

【原著論文(一般論文)】

銃捕獲した野生エゾシカの肉質に及ぼす被弾部位と口径の影響

栗子 和洋¹・近藤 誠司¹・木富 正裕¹・亀井 利活²・稲富 佳洋²・河合 正人³・
日置 昭二⁴・鳥羽 悠⁴・早川 徹¹・玖村 朗人¹・若松 純一¹

¹北海道大学大学院農学研究科, 北海道札幌市 060-8589,

²北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所, 北海道札幌市 060-0819,

³北海道大学北方生物圏フィールド科学センター静内研究牧場, 北海道新ひだか町 056-0141,

⁴北海道大学北方生物圏フィールド科学センター生物生産研究農場, 北海道札幌市 060-0811

(2023.2.28 受付, 2023.5.10 受理)

要 約

エゾシカの銃捕獲において、被弾部位の違いおよび使用するライフル銃の口径の違いが、捕獲時のストレスや肉質に与える影響を検討した。被弾部位および銃の口径の違いによる4群比較では、捕獲時のストレスや肉質に影響を与えないことが示され、いずれの捕獲方法においても異常肉の発生はみられなかった。これは被弾部位および銃の口径に関わらず、捕獲後の速やかな放血による絶命および、と体の解体・枝肉の冷却などの処理を迅速に行ったことが原因である可能性がある。胸部への狙撃は鹿を即倒させづらい捕獲方法である可能性も示されたが、捕獲時のストレスや捕獲直後の枝肉温度・pHには被弾部位の影響はみられなかった。しかし、胸部では、被弾部位が逸れてしまった場合、付近の筋肉や血管を損傷し、残存血液量が多い食肉の発生リスクを伴うことが明らかとなった。

食肉の科学 64(1), 29-38, 2023

キーワード：野生エゾシカ, 銃狩猟, 鹿肉, 肉質, ストレス

緒 言

北海道ではエゾシカ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が増大し、大きな社会問題となっている¹⁾。このため、国の特別措置法による支援や北海道(以下、道と略す)のエゾシカ対策として、個体数調整を目的とした捕獲が実施され、2011年から2018年にかけて毎年約14万頭が捕獲された。その結果、推定生息数も2011年度の77万頭程度から2018年度には65万頭に減少したが、2018年11月の狩猟者の誤射による死亡事故の影響を受け、国有林・道有林における銃猟目的の入林を規制された結果、狩猟による捕獲数が減少し、その後増加に転じて2021年度には69万頭程度となった^{2,3)}。エゾシカによる農林業被害額も2011年度の62億円から2019年度の被害額は38億円と漸減したが、2020年度からは増加に転じ、2021年度は45億円近くになった⁴⁾。しかし、捕獲した個体の処理も大きな問題となっており、焼却や埋

没、もしくはペットフードとして処理されるため、有効利用の面から食用として活用されるシカ個体も増加してきている。

こうした背景を受けて、一般社団法人エゾシカ協会は、道の協力を得ながら「エゾシカ肉認定制度」を策定し、肉自体と施設について基準を設けた。また、2016年からは道がこれを引き継ぐ形で「エゾシカ肉処理施設認証制度」を発足させた⁵⁾。現在、道の認証制度を受けた処理場から年間2万頭分のエゾシカ肉の一部がスーパーマーケットでも販売されている。ただし、スーパーマーケットでエゾシカ肉を扱う場合は、囲い罠で捕獲したエゾシカを一時的に飼養施設に搬送して半年程度飼育(一時養鹿という)した後、一般のと畜処理とほぼ同様に食肉処理することとなっている。また、銃などで捕獲した個体では銃弾等の混入の可能性があることから、囲い罠捕獲個体に限定している業者が多い。

連絡者：若松純一 (fax:011-706-2547, e-mail: jwaka@agr.hokudai.ac.jp)

道の認証を受けた処理場は、2022年度現在で17施設あり⁵⁾、施設の衛生管理のみならず HACCP に準拠した厳しい定期的審査を受けている。認証を受けた処理場では、どのハンターが持ち込んだ個体でも引き受けるわけではなく、概ねその地域の複数のハンターと契約して捕獲個体を買っている。銃捕獲の場合、狙撃部位は頭頸部と胸部に大きく分けられるが、胸部を狙撃した場合、肩肉を損傷することが多く、時として利用価値の高い最長筋を傷つけてしまうことがある。また、頭頸部を狙撃し、その場で即倒させた個体の方が、肉質が良くなると考えられており、流通される鹿の買い取り個体に対しては、狙撃部位を頭部もしくは頸部に指定している処理場が多い。

狙撃部位が肉質に及ぼす影響については様々な意見がある。胸部は肺および心臓の他、重要な血管が集中しており、ハンティング用語でバイタルゾーンと呼ばれる。バイタルゾーンは面積も大きく、命中すれば個体を捕獲できる可能性が高いため、米国では胸部への狙撃が強く推奨されている⁶⁾。ただし、たとえ心臓に命中したとしても、鹿は数メートルから場合によっては数百メートル走ることがあるため、個体の回収に時間がかかることが多い。さらに、被弾から絶命までの時間が長いほど鹿に与えるストレスは大きくなり、逃走時間および距離が延びるほど、鹿の疲労度は増す。家畜においてストレスや疲労は、DFD肉やPSE肉などの異常肉の発生の原因となること^{7,8)}から、被弾した鹿が即倒せず走り回るとは、肉質を悪化させる原因となり得る。一方、頭頸部を被弾した場合、その場で倒れる可能性が非常に高く、ストレスや疲労による肉質への悪影響も考えにくい。ただし、頭頸部狙撃は胸部狙撃に比べて狙うべき面積が小さく、撃ち損じる確率が高い。撃ち損じた場合、当該個体は警戒心が強い、いわゆる慣れ鹿(スマートディア)になり⁹⁾、個体数調整を目的とした捕獲を考えると好ましくない。このように、狙いややすさや捕獲個体の回収の容易さ、食用に供する量、個体に与えるストレスや疲労度などの観点から、銃による鹿の捕獲時の狙撃部位において様々な議論があるが、被弾部位の違いが肉質に与える影響については現在まで科学的な知見はない。

また、同様の観点から使用するライフル銃の口径についても様々な議論がなされている。大口徑のライフル銃(30口径(7.62 mm)以上)もしくは、銃の口径より小さい直径の弾頭を発射するためにアダプターをつけたサボット弾を使用したハーフライフルで狙撃した場合、概ね被弾部位にかかわらず生体に致命的な損傷を与えることができるため、捕獲成功率は大きく向上する。しかし、

大口徑銃弾が生体に与える物理的衝撃は非常に大きいと予想される。口径6 mm程度の小口径ライフル銃と比較して、大口徑ライフルを使用して捕獲した場合は、この物理的衝撃により、羊や豚の電撃失神法で報告されているような毛細血管の破裂に伴う筋肉内出血が生じる^{10,11)}可能性がある。しかしながら、使用するライフル銃の口径の違いが肉質に与える影響に関しても、科学的に検証された例はない。

以上より本研究では、エゾシカの銃捕獲において、被弾部位の違いおよび使用するライフル銃の口径の違いが、捕獲時のストレスや肉質に与える影響を明らかにすることを目的とし、狙撃部位は、頭頸部と胸部の2処理、ライフル銃の口径は小口径と大口徑の2処理に分け、それぞれの組み合わせからなる4つの試験群で比較、検討を行った。

材料および方法

エゾシカの捕獲とサンプリング

エゾシカの捕獲・解体は北海道大学北方生物圏フィールド科学センター静内研究牧場にて行った。捕獲は平成28年10月から平成29年2月、平成29年10月の期間で計11回行った。なお、捕獲は道知事による学術捕獲の許可を得て行った。

射撃は捕獲場所に設置した射撃サイト(テントもしくはハイシート)にて行われ、小口径ライフルもしくは大口徑ライフルにより、頭頸部もしくは胸部を狙って狙撃した。小口径ライフルとしてレミントン社(Madison, North Carolina, USA)製の24.3口径(6.17 mm)、大口徑ライフルとしてサコー社(Riihimäki, Finland)製の30口径(7.62 mm)を使用した。小口径ライフルは85 gの弾頭を使用し、火薬は#4350を42.5 g装薬した。大口徑ライフルは180 gの弾頭を使用し、火薬は同じく#4350を65.0 g装薬した。被弾部位が頭頸部の個体をH処理、胸部の個体をB処理とし、捕獲の際の使用ライフルが小口径の個体をS処理、大口徑の個体をL処理として、これらの組み合わせから、捕獲個体をHS群、HL群、BS群、BL群に分けた。

エゾシカの誘引物質には圧ペンコーン、小麦、ビートパルプおよびロールパックサイレージを使用し、供試期間は朝夕点検して、随時適量を補充した。捕獲時は熟練したハンターが射撃サイトに待機し、誘引された鹿を射撃するシャープシューティングを行った。

血液の採取は、EDTA入り真空採血管(VP-NA 050K, テルモ, 東京)もしくは真空採血管(VP-P100K, テルモ)を用いて捕獲後直ちに頸静脈から行った。採血後直ちに、前胸部からナイフを刺して放血した。ただ

し、被弾の衝撃で頸静脈が圧着してうまく採血できなかった場合、動脈弓もしくは胸腔に溜まった血液から採血した。EDTA入りの真空採血管で採取した血液はゆっくり転倒混和させた後、遠心分離 (1,500 × g, 15 分間, 4°C) に供して血漿を得た。真空採血管で採取した血液は、30 分間室温で静置して血液を凝固させた後、遠心分離 (1,500 × g, 15 分間, 4°C) に供して血清を得た。得られた血漿および血清は、測定に用いるまで -25°C で冷凍保存した。

捕獲個体を同牧場内の特設解体処理場に運搬し、と体重を測定後、剥皮を行った。続いて、アキレス腱にてと体を懸吊して、内臓摘出、枝肉の洗浄をし、概ね射撃後 45 分以内に冷蔵庫内 (設定 4°C) に入れて 24 時間懸吊した。枝肉から除骨・解体後に、最長筋、大腿四頭筋、半膜様筋の 3 種類の骨格筋を採取し、真空包装をして各種測定まで -25°C で冷凍保存した。なお、最長筋は 3 等分にし、ミオグロビン (Mb) ・ヘモグロビン (Hb) 濃度および色調測定には肩側部位を、ドリップロス・クッキングロスおよび剪断力価の測定は中間部位を用いた。

枝肉温度および pH の測定

最長筋、大腿四頭筋および半膜様筋において、枝肉温度と pH の経時的な変化を調べた。射撃時刻を 0 分とし、45 分、1, 2, 3, 4, 8, 12, および 24 時間後の枝肉温度と pH を測定した。温度測定には、防水温度計 (CT-500WP, CUSTOM, 東京) を用いた。pH 測定には、突刺し型ガラス電極 (6252, 堀場製作所, 京都) を装着したポータブル pH メーター (D-21, 堀場製作所, 京都) を用いた。各骨格筋の中心部分に温度計ならびに pH メーターを突き刺し、それぞれ左右両方の筋肉で測定した。

血中コルチゾールの測定

血中コルチゾール量は血漿または血清を用いて測定した。血漿コルチゾールの測定には ELISA キット (Cortisol ELASA Kit, Cayman Chemical Co., Ann Arbor, Michigan, USA) を用いた。血漿 250 μl に 3 M 塩酸を加えて、pH を 1.5 ~ 2.0 に調整し、約 4 倍量のジクロロメタンで 3 回抽出して、ジクロロメタン層を回収した。窒素ガスを吹き付けながら 30°C で乾固した後、添付の ELISA バッファー 0.5 ml に溶解し、マニュアルに従って測定した。

血清コルチゾールは、スナップショット Dx (IDEXX, Laboratories, Inc., Westbrook, Maine, USA) を用いて測定した。専用ピペッターで血清とコンジュゲートをチュー

ブに移し、チューブを 4, 5 回転倒混和させ試料とした。試料をキット (スナップコルチゾール) に注入し、キットをスナップショット Dx にセットして血清コルチゾール濃度を測定した。

筋肉中のミオグロビン (Mb) およびヘモグロビン (Hb) 含量の測定

Mb と Hb の含量は、一酸化炭素処理吸光スペクトル法¹²⁾を一部改変して測定した。一酸化炭素は、濃硫酸にギ酸を滴下して発生させ、ガス収集袋に捕集した。フードプロセッサーで細切した各骨格筋を 5 g 量り取り、0.85 M 硫酸アンモニウム、0.1 M リン酸緩衝液 (pH 7.0) 30 ml を加えて、8,000 rpm で 1 分間ホモジナイズした。ホモジネートを遠心分離 (21,500 × g, 30 分間, 2°C) した後、上清を超遠心分離 (120,000 × g, 15 分間, 4°C) した。あらかじめ亜ジチオン酸ナトリウム 0.05 g を入れたマイクロチューブに、超遠心分離後の上清 1 ml を加えてよく攪拌し、すべてのヘム色素を還元した。この抽出液 1 ml に対し、シリンジを用いて一酸化炭素ガス 1 ml を通気し、転倒混和してすべてのヘム色素を一酸化炭素と反応させた。一酸化炭素処理した抽出液は直ちに、分光光度計 (UV-1800, 島津製作所, 京都) を用いて 538, 568 ならびに 578 nm の波長における吸光度を測定して計算式¹²⁾より Mb ・ Hb 濃度を算出した。

色調の測定

冷蔵庫で解凍した最長筋を筋線維方向に対してできるだけ垂直になるように、ミートスライサーで 7 mm 厚にスライスし、アルミトレイに並べた。乾燥しないように袋に入れて、4°C で 8 日間保存し、経時的に分光測色計 (CM-700d, コニカミノルタ, 東京) を用いて色調 ($L^*a^*b^*$ 値) を測定し、色相角 ($h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$) を算出した。主光源は D65, 視野角 10°, 3 mm 径のターゲットマスク, 正反射光処理 (SCI) で測定した。それぞれのスライスの中心部 4 ~ 6 カ所ずつ測定した値の平均値を各スライスの測定値とし、同一筋肉 2 枚のスライスの平均値をサンプルの測定値とした。スライス後 1 時間以上経過して、十分にブルーミングしたものを 0 日目とした。

ドリップロス (DL) の測定

解凍した各骨格筋を筋線維方向に対してできるだけ垂直になるように、ミートスライサーで 7 mm 厚に、各サンプルにつき 3 枚スライスした後、それぞれ重量を測定した。試料を金網の上に載せ、乾燥しないように、袋に入れて密封した。4°C で 2 日間保存した後、表面の水分を拭き取り、再度重量を測定して、重量の損失分の

割合をDL (%)として算出した。3枚のスライスのDLの平均値を各サンプルのDLの測定値とした。

クッキングロス (CL) の測定

解凍した各骨格筋 (大腿四頭筋からは外側広筋を使用) を筋線維方向に対してできるだけ垂直になるように3 cm厚に切り出して試料とし、重量を測定した。試料をゆるめに真空包装した後、80°Cに温めたウォーターバスで90分間加熱した。その後、流水で30分間冷却し、試料を袋から取り出して表面の水分を拭き取った。直ちに重量を測定し、重量の損失分の割合をCL (%)として算出した。

剪断力価の測定

CL測定に用いた加熱後の試料から、筋線維方向と平行になるように、10 mm角の試料を切り出して試料とした。剃刀の刃 (シグ・インジェクター替刃, シグ・ジャパン, 東京) を装着したNo. 31のプランジャーとFUDOHレオメーター (レオテック, 東京) を用いて、試料を筋線維に対して垂直に切断し、その時にかかった力の最大値を剪断力価 (gf) とした。試料台の移動速度は1 mm/sとした。サンプルあたり4~6本の試料の剪断力価の平均値を各サンプルの測定値とした。

統計処理

測定値は平均値±標準誤差で示した。エクセル (マイクロソフト Redmond, Washington, USA) ならびにエク

セル用統計アドインソフト (エクセル統計 2006 for Windows, 社会情報サービス, 東京) により、各測定値から得られたデータの一元配置分散分析を行い、Tukeyの多重比較検定によって有意差検定を行った。また、銃口径と被弾部位について二元配置分散分析を行った。危険率は1%および5%水準で有意とした。

結果および考察

捕獲個体と捕獲状況

本試験で捕獲したエゾシカの性別、と体重量、被弾部位および被弾後の行動について表1に示す。野生エゾシカ13頭を供試し、雄個体 (HL-1) が1頭混在しているが、体重および角の状況から性成熟個体ではないと判断し、本試験に使用した。体重は58 kgから114 kgと幅があったが、群間の平均は80 kg前後であり、有意差は見られなかった (表2)。一方、頭頸部に被弾した個体は全て即倒したが、胸部に被弾した個体は7頭のうち4頭が即倒せず、逃走もしくはもがき続けた (表1)。

血中コルチゾール濃度

捕獲時のストレス評価として、血中コルチゾール濃度を測定した。血中コルチゾール濃度は群間においてバラツキが大きく、有意差がみられなかった (表2)。また、二元配置分散分析において被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。しかし、射撃後逃走した個体や放血時までもがき続けていた4頭の個体

表1 供試動物の性別、と体重量、被弾部位および被弾後の行動

個体番号	性別	と体重量 (kg)	被弾部位	被弾後の行動
HS-1	雌	114	頭部	即倒
HS-2	雌	60	頭部	即倒
HS-3	雌	68	頸部	即倒
HL-1	雄	96	頭部	即倒
HL-2	雌	78	頭部	即倒
HL-3	雌	74	頭部	即倒
BS-1	雌	82	胸部	10 m 程度逃走
BS-2	雌	92	胸部	15 m 程度逃走
BS-3	雌	66	胸部	即倒
BS-4	雌	82	胸部	5 m 程度逃走
BL-1	雌	58	胸部	即倒
BL-2	雌	104	胸部	即倒
BL-3	雌	68	胸部と脊椎の間	放血するまでもがき続けた (5~10分程度)

表2 各種理化学分析結果

	HS	HL	BS	BL	狙撃部位	銃口径	狙撃部位×銃口径
体重 (kg)	80.7 ± 13.7	82.7 ± 5.5	80.5 ± 4.7	76.7 ± 11.4	N.S.	N.S.	N.S.
血中コルチゾール濃度 (µg/dL)	1.59 ± 1.10	0.34 ± 0.18	0.95 ± 0.45	3.00 ± 2.81	N.S.	N.S.	N.S.
pH _{45min}							
最長筋	6.75 ± 0.15	6.73 ± 0.12	6.73 ± 0.16	6.67 ± 0.18	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	6.83 ± 0.23	6.84 ± 0.23	6.89 ± 0.11	6.91 ± 0.25	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	6.82 ± 0.15	6.76 ± 0.24	6.84 ± 0.15	6.79 ± 0.37	N.S.	N.S.	N.S.
pH _{24h}							
最長筋	5.56 ± 0.06	5.57 ± 0.09	5.61 ± 0.04	5.65 ± 0.05	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	5.67 ± 0.06	5.76 ± 0.08	5.74 ± 0.04	5.88 ± 0.04	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	5.56 ± 0.10	5.60 ± 0.08	5.57 ± 0.03	5.68 ± 0.06	N.S.	N.S.	N.S.
Mb (mg/g 肉)							
最長筋	14.8 ± 1.1	14.7 ± 1.2	17.8 ± 0.9	14.5 ± 3.2	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	16.4 ± 1.9	12.5 ± 1.2	13.7 ± 1.4	13.1 ± 2.3	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	13.8 ± 1.1	11.6 ± 0.5	12.4 ± 0.7	11.8 ± 2.4	N.S.	N.S.	N.S.
Hb (mg/g 肉)							
最長筋	2.3 ± 0.1	2.5 ± 0.3	2.0 ± 0.3	11.1 ± 8.7	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	2.1 ± 0.4	2.2 ± 0.2	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	2.0 ± 0.3	2.0 ± 0.3	1.6 ± 0.1	1.8 ± 0.2	N.S.	N.S.	N.S.
DL (%)							
最長筋	2.0 ± 0.6	2.8 ± 0.9	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.5	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	2.5 ± 0.2	3.1 ± 0.5	2.5 ± 0.2	3.3 ± 0.5	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	3.0 ± 0.6	3.9 ± 0.8	2.8 ± 0.8	2.8 ± 0.7	N.S.	N.S.	N.S.
CL (%)							
最長筋	33.3 ± 1.5	33.5 ± 2.8	39.3 ± 1.9	35.8 ± 0.9	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	33.9 ± 0.9	34.3 ± 1.1	35.5 ± 0.4	35.2 ± 0.9	N.S.	N.S.	N.S.
半膜様筋	34.5 ± 1.7	36.2 ± 0.6	36.7 ± 0.9	35.3 ± 0.5	N.S.	N.S.	N.S.
剪断力価 (gf)							
最長筋	749.5 ± 49.5	720.5 ± 56.5	774.9 ± 81.7	554.3 ± 43.8	N.S.	N.S.	N.S.
大腿四頭筋	775.3 ± 25.6	1021.2 ± 120.5	840.8 ± 53.0	729.7 ± 41.0	N.S.	N.S.	N.S.

値は平均値±標準誤差で示す (HS, HL, BL : n=3, BS : n=4)。
N.S. は有意差がないことを示す。

の平均は 2.11±1.14 µg/dL, 残りの即倒した個体の平均は 0.92±0.40 µg/dL となり, 2 倍程度高い値を示したが, ばらつきが大きく有意差はみられなかった。

枝肉温度の推移

枝肉の冷蔵保存中における温度推移について, 射撃時間を 0 分として最長筋, 大腿四頭筋および半膜様筋の内部温度を経時的に測定した。各群における枝肉の温度推移を図 1 に示す。枝肉温度は筋肉の部位に関わらず, いずれも射撃後時間に伴い低下し, 射撃後 45 分の 40°C 程度から 24 時間後には 10°C 以下となった。全ての筋肉において時間の経過とともに群間の差は大きくなったが, いずれの筋肉および測定時間において群

間で有意差はみられなかった。また, 二元配置分散分析においても各時間で枝肉温度に対する被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。

死後 pH の推移

冷蔵保存中における枝肉の pH 推移として最長筋, 大腿四頭筋および半膜様筋の中心部分の pH を経時的に測定した。各群における枝肉の pH 推移を図 1 に示す。いずれの筋肉においても pH は射撃後 4 時間まで急速に低下し, 8 時間以後は概ね一定となった。ブタにおいて PSE 肉の指標としてよく用いられる死後 45 分の pH (pH_{45min}) は, 最長筋では 6.7 程度, 大腿四頭筋では 6.9 程度, 半膜様筋では 6.8 程度であり (表 2), 6.0 を下回

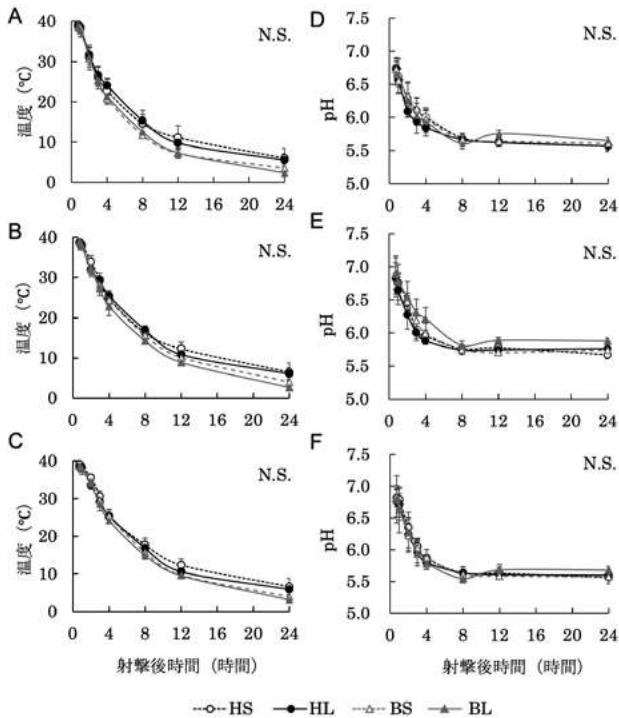


図1 各骨格筋における群毎の温度とpHの推移
 最長筋 (A, D), 大腿四頭筋 (B, E), 半膜様筋 (C, F) における射撃後の温度推移 (A, B, C) と pH 推移 (D, E, F) を試験群毎に示す。値は平均値±標準誤差で示す (HS, HL, BL: n=3, BS: n=4)。N.S. はいずれの測定時間においても群間に有意差がないことを示す。

る個体はみられなかった (データ示さず)。射撃後 24 時間の pH (pH_{24h}) は、最長筋では 5.6 程度、大腿四頭筋では 5.7-5.9 程度、半膜様筋では 5.6-5.7 程度となり、大腿四頭筋でやや高く推移したが (表 2), 6.0 を上回る個体はみられなかった (データ示さず)。全ての筋肉において pH_{24h} では BL 群が他の群と比べて最も高くみえたが、いずれの筋肉、いずれの測定時間においても群間に有意差はみられなかった。また、二元配置分散分析において、 pH_{45min} , pH_{24h} に対する被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。

筋肉中の Mb および Hb 含量

各骨格筋中における試験群毎の Mb, Hb 濃度を表 2 に示す。いずれの筋肉においても、群間で有意差はみられなかった。しかし、BL 群の最長筋における Hb 濃度は、胸部と脊椎の間に被弾した個体で著しく高くなった。一方、大腿四頭筋と半膜様筋における Hb 濃度では、最長筋のような大きな個体差はみられなかった。また、二元配置分散分析においても被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。

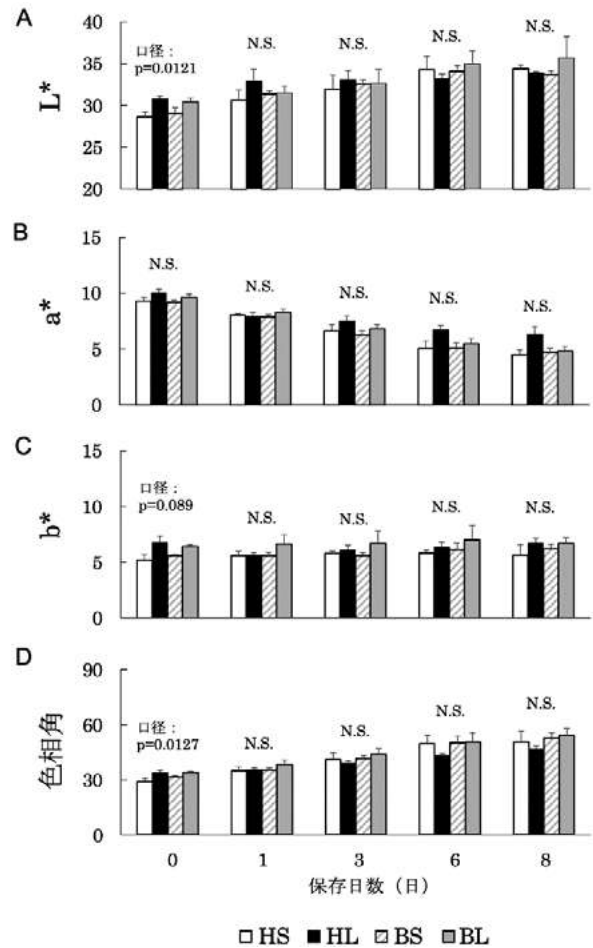


図2 最長筋における色調の経時的変化

最長筋を 7 mm 厚にスライスしてアルミトレイに並べ、8 日間暗所で冷蔵保存した。分光測色計を用いて、 L^* 値 (A), a^* 値 (B), b^* 値 (C) を経時的に測定し、色相角 (D) を算出した。エラーバーは標準誤差を示す (n=3-4)。p 値は二元配置分散分析の結果を示し、N.S. は群間に有意差がないことを示す。

色調変化

スライス肉を 8 日間暗所で冷蔵保存し、色調として、CIE $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて、最長筋の色調 ($L^*a^*b^*$ 値) と色相角を経時的に測定した (図 2)。明度 (L^* 値) は経時的に増加し (図 2A), 赤色度 (a^* 値) は経時的に減少した (図 2B)。黄色度 (b^* 値) は経時的な変化がみられなかったが (図 2C), 色相角は a^* の減少に伴い増加した (図 2D)。これは、冷蔵保存に伴い鹿肉の色調は明るくなったが、赤みが低下して色味 (色相) が変化したことが示された。二元配置分散分析では、冷蔵保存 0 日目の L^* 値, b^* 値および色相角において、口径による有意差が認められたが、他の保存日数内では、いずれの項目においても群間に有意差はみられなかった。

肉の保水性

肉の保水性を評価するため、保存時の DL と加熱時の CL を測定した (表 2)。DL はいずれの筋肉においても群間で有意差はみられず、CL は全ての筋肉において BS 群が最も高い値を示したが、群間で有意差はみられなかった。また、個体間でも、各骨格筋の DL および CL は顕著な差もみられなかった (データ示さず)。二元配置分散分析においても被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。

剪断力価

肉の柔らかさを評価するため、最長筋と外側広筋において剪断力価を測定した。両筋肉とも個体間で顕著な差はみられず、群間で有意差はみられなかった (表 2)。二元配置分散分析においても被弾部位および銃の口径による有意な影響はみられなかった。

考 察

DFD 肉・PSE 肉の発生リスクについて

家畜においてストレスや疲労は、DFD 肉や PSE 肉などの異常肉の発生の原因となる⁷⁾。DFD 肉は牛肉でしばしばみられる異常肉であり、トナカイでも研究がなされている¹³⁾。と畜前のストレスや疲労により、筋肉中のグリコーゲンが極端に低下し、極限 pH が 6.0 ~ 6.5 以上に高止まりすることが原因で起こる異常肉である。本試験における pH_{24h} の最高値は BL-3 の大腿四頭筋で 5.95 であり、極限 pH が 6.0 以上を DFD 肉の指標^{14,15)} すると、捕獲した全個体で DFD 肉の発生はみられなかった。実際に解体・サンプリング時に筋肉の外観を観察したときも DFD 肉の様相を示すものは認められなかった。しかし、BL-3 は、放血時まで 5 ~ 10 分程度もがき続けた個体であり、指標とした極限 pH 6.0 に限りなく近い値を示し、ストレスの指標である血中コルチゾール濃度も全個体の中で最も高い値を示した。もがく際に大腿四頭筋中のグリコーゲンが消費され、pH は低下しなかった可能性が考えられる。しかし、DFD 肉の指標となる明度 (L*) や保水性の指標である DL と CL において、BL-3 と他の個体に顕著な差はなかったことから (データ示さず)、BL-3 における DFD 肉の発生はなかったといえる。ニホンシカのわな捕獲の研究では、止め刺し後 7 日目の pH の単純平均値が 6.09 と高く、調査した 25 頭のおよそ半分が pH 6.0 を超えていた¹⁶⁾。わな捕獲では捕獲後の発見まで時間を要し、止め刺しまでの時間がかかることが多く、その間の逃避行動による疲労により、グリコーゲンの消費に伴う極限 pH の上昇を引き起こしたと考察されている。本試験で行った餌で

誘引したシャープシューティング捕獲した個体では、射撃後の行動や血中コルチゾール濃度に個体間でばらつきはみられたものの、高い極限 pH とはならず DFD 肉の発生には至らなかったが、即倒しないで射撃後にもがき続けるなどの過度の運動をした場合には、DFD 肉の発生リスクがある。

PSE 肉は豚肉で発生しやすい異常肉であり、正常肉と比べてと畜直後に急速な pH 低下が起こることが特徴である^{7,8)}。この pH 低下には遺伝的資質やと畜時のストレスが関与していると考えられる。本試験では、ストレスの指標である血中コルチゾール濃度と各骨格筋における pH_{45min} に有意な相関はみられず ($r = -0.350 \sim 0.136$)、ストレスによる pH 低下は確認できなかった (データ示さず)。全筋肉における pH_{45min} の最低値は、BL-1 の半膜様筋で 6.05 であり、PSE 肉の指標として pH_{45min} が 5.9 以下¹⁷⁾ を用いると、本試験で捕獲した全個体で PSE 肉の発生は認められず、PSE 肉の様相を示すものはなかった。最も pH_{45min} の低かった BL-1 は、DL と CL においても他の個体と顕著な差はなかった (データ示さず)。一方、ニホンシカのわな捕獲の研究では、PSE と疑われる鹿肉は 16 頭中 5 検体 (31%) が観測された¹⁶⁾。PSE 肉は死後の体温が高い状態での急速な pH 低下による筋肉タンパク質の変性が主原因であり、ストレスは重要なトリガーの一つに過ぎない^{7,8)}。さらに、死後の速やかな解体と冷却が、PSE の発生を抑制することに効果的である。本試験では、銃捕獲後速やかに同じ敷地内で解体処理が行うことができ、概ね捕獲後 45 分以内に解体して枝肉を冷蔵庫内に入れた。このような迅速な解体処理が PSE 肉発生の低減につながっていると考えられる。

残存血液の影響について

残存血液の指標となる Hb 濃度はいずれの筋肉においても群間で有意差はみられなかったが、個体別の Hb 濃度では、胸部と脊椎の間に被弾して肩ロースの一部を損傷した個体 (BL-3) では、他の個体と比べて最長筋における Hb 濃度がおよそ 10 倍高かった。これは、被弾時の物理的衝撃による最長筋の毛細血管の破裂や、最長筋に行き来する肋間動脈・静脈の損傷による放血の悪化が原因であると考えられる。しかし、大腿四頭筋や半膜様筋では、他の個体と Hb 濃度に差がなかったことから、被弾部位周辺の筋肉においてのみ、残存血液量の多い食肉が発生することが示された。また、個体別の Hb 含量は極端に高い値を示した BL-3 を除いても、肉 1 g あたり 1.2 ~ 3.1 mg (表 2) であり、ラム肉での 0.54 ~ 0.60 mg/g meat¹⁸⁾、牛肉での 0.39

～0.61 mg/g meat¹⁹⁾と比較すると、およそ3～5倍高い結果となった。Hb濃度は群間において有意差がないことを踏まえると、この結果は被弾部位や銃の口径の違いが関与している訳ではなく、測定方法の違いなどが影響しているのかもしれない。ただし、家畜では、放血時、もしくは放血直後に懸吊を行うことができるが、今回の試験では、食肉処理に準じて捕獲後の迅速な放血、ならびに24時間の懸吊を行ったが、転倒してから捕獲現場で放血を行った後に、と体を解体処理場まで運搬する必要があったため、その時間経過が残存血液量に影響した可能性も考えられる。以上より、被弾部位や銃の口径の違いは筋肉中の残存血液量に影響を及ぼさないが、BL-3のように被弾部位が逸れてしまった場合、付近の筋肉や血管を損傷し、残存血液量が多い食肉の発生リスクを伴うことが示された。

被弾部位の影響について

被弾部位の違いにより被弾後の行動は異なり、頭頸部被弾(6頭)の個体は全て即倒したのに対し、胸部被弾(7頭)の個体では3頭が逃走、1頭が放血までもがき続け、即倒率が低い結果となった。運動およびストレスは血流へのアドレナリンの放出を誘発し、体温の上昇を引き起こすという報告^{20,21)}や、家畜においてストレスや疲労は、DFD肉やPSE肉などの異常肉の発生の原因となるという報告⁷⁾から、即倒率の低い胸部被弾は頭頸部被弾に比べ、ストレスの増加やそれに伴う体温上昇、異常なpH変化が予想された。しかし、二元配置分散分析では、血中コルチゾール濃度と射撃後45分の枝肉温度およびpH_{45min}において、被弾部位による有意な差はみられなかった。胸部被弾は頭頸部被弾と比較して鹿を即倒させづらい捕獲方法である可能性が示されたが、被弾部位の違いは捕獲時のストレスや捕獲直後の枝肉温度やpHに影響を及ぼさないのかもしれない。さらに、各骨格筋のpH_{24h}を被弾部位毎の平均値と比較すると、有意差はないものの胸部被弾の方が頭頸部被弾に比べて高い値を示した(データ示さず)。これらのことから、胸部被弾では頭頸部被弾に比べて極限pHが高くなる傾向にあり、被弾部位の違いにより、射撃後の即倒率の違いが原因である可能性が示された。

銃の口径について

大口径の銃で捕獲した個体は、小口径の銃で捕獲した個体に比べ、銃弾の圧力により被弾部位および内部が大きく抉れていたものが多かった(データ示さず)。これらのことから、被弾の衝撃が大きい大口径銃では、

筋肉内出血の発生が考えられ、残存血液の指標となるHb濃度が小口径銃よりも高い値となることが予想された。しかし、二元配置分散分析において、いずれの筋肉でもHb濃度に対する銃の口径の有意な影響はみられなかった。BL-3のように被弾部位が逸れない限り、本試験で用いた銃の口径では、最長筋、大腿四頭筋および半膜様筋における残存血液量に影響を及ぼさないことが示唆された。一方、銃の口径の違いにより、スライス直後の肉の色調に影響を及ぼし、大口径銃を被弾した鹿肉は、小口径銃のもの比べてL*値、b*値および色相角が高いという結果が得られたが、保存1日以降ではその差が認められなくなった。しかし、この原因については明らかにすることはできなかった。

結 論

本研究により、野生エゾシカの銃捕獲において、被弾部位および銃の口径の違いによる比較では、捕獲時のストレスや肉質に影響を与えないことが示され、いずれの捕獲方法においても異常肉の発生はみられなかった。また、胸部被弾は鹿を即倒させづらい捕獲方法である可能性も示されたが、捕獲時のストレスや捕獲直後の枝肉温度やpHには被弾部位の影響はみられなかった。被弾部位が逸れてしまった場合、付近の筋肉や血管を損傷し、残存血液量が多い食肉の発生リスクを伴う可能性が示された。また、銃の口径については、スライス直後の色調に影響を及ぼしたが、保存中にその差はみられなくなり、筋肉の残存血液量にも影響を与えないことが示された。本試験では捕獲後の速やかな放血による絶命および、と体の解体から枝肉の冷却までの迅速な処理を行ったことにより、被弾部位および銃の口径に関わらず、異常肉の発生を抑制した可能性がある。

謝 辞

本研究は平成28年度日本中央競馬会事業畜産振興事業「銃による野生シカ捕獲における肉質改善事業」で行いました。エゾシカの捕獲にご協力いただいた北海道大学北方生物圏フィールド科学センター静内研究牧場の技術・事務職員の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 宇野裕之, 梶光一, 車田利夫, 玉田克巳, 哺乳類科学, 47, 133-138 (2007)
- 2) 北海道環境生活部自然環境局野生動物対策課, [online] https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/6/4/5/2/0/1/_/R3%E3%82%A8%E3%82%BE%E3%82%B7%E3%82%AB%E6%8E%A8%E5%AE

- %9A%E7%94%9F%E6%81%AF%E6%95%B0%E7%AD%89_HP%E7%94%A8(R3%E6%8D%95%E7%8D%B2%E6%95%B0)221226%E7%A2%BA%E5%A0%B1.pdf (2022)
- 3) 北海道環境生活部自然環境局野生動物対策課エゾシカ対策係, [online] <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/est/ezosikakannrikeikaku.html> (2022)
- 4) 北海道環境生活部自然環境局, [online] [https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/2/5/3/0/1/5/_/R3%E7%99%BE%E4%B8%87%E5%86%86%E5%8D%98%E4%BD%8D\(%E5%85%AC%E8%A1%A8%E7%94%A8\).pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/2/5/3/0/1/5/_/R3%E7%99%BE%E4%B8%87%E5%86%86%E5%8D%98%E4%BD%8D(%E5%85%AC%E8%A1%A8%E7%94%A8).pdf) (2022)
- 5) 北海道環境生活部自然環境局野生動物対策課エゾシカ対策係, [online] <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/est/yk/ninnsyouseido.html> (2023)
- 6) Gresham, T., *Whitetail techniques & Tactics* (Oster, D., and Maas, D. R. eds), pp. 82-85, Creative Publishing international (2001)
- 7) Adzitey, F., and Hurul, N., *Int. Food Res. J.*, **18**, 11-20 (2011)
- 8) Monin, G., *Encyclopedia of Meat Sciences* (Jensen, W. K., Devine, C., and Dikeman, M. eds), Elsevier Ltd, Oxford, UK, **1**, 323-330 (2004)
- 9) 環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護管理室, [online] <https://www.env.go.jp/nature/choju/capture/pdf/b1.pdf> (2011)
- 10) Kirton, A. H., Frazerhurst, L. F., Bishop, W. H., and Winn, G. W., *Meat Sci.*, **5**, 407-411 (1981)
- 11) Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Alonso, P., Manteca, X., and Diestre, A., *Meat Sci.*, **58**, 313-319 (2001)
- 12) 和賀正洋, 押田敏郎, 坂田亮一, 日本養豚学会誌, **53**, 10-16 (2016)
- 13) Wiklund, E., Andersson, A., Malmfors, G., Lundström, K., and Danell, Ö., *Rangifer*, **15**, 47-54 (1995)
- 14) Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S., and Veissier, I., *J. Anim. Sci.*, **84**, 1567-1576 (2006)
- 15) Tarrant, P. V., and Sherington, J., *Meat Sci.*, **4**, 287-297 (1980)
- 16) 渡邊 彰, 木下一成, 村元隆行, 中井瑞歩, 鈴木結子, 井上朔実, 平田滋樹, 日畜会報. **91**, 395-401 (2020)
- 17) Jerez-Timaure, N., de Moreno, L. A., Sulbarán, M., and Uzcátegui, S., *Cuban J. Agr. Sci.*, **47**, 55-60 (2013)
- 18) Chrystall, B. B., Devine, C. E., and Newton, K. G., *Meat Sci.*, **5**, 339-345 (1981)
- 19) Gregory, N. G., *Encyclopedia of Meat Science* (Jensen, W. K., Devine, C., and Dikeman, M. eds), Elsevier Ltd, Oxford, UK, **1**, 458-460 (2004)
- 20) Christensen, N. J., and Galbo, H., *Annu. Rev. Physiol.*, **45**, 139-153 (1983)
- 21) Terlouw, C., *Livestock Prod. Sci.*, **94**, 125-135 (2005)

Effects of shot placement and rifle caliber on meat qualities of gun-captured wild Hokkaido sika deer

Kazuhiro KUWAKO¹, Seiji KONDO¹, Masahiro KITOMI¹, Toshikatsu KAMEI², Yoshihiro INATOMI², Masahito KAWAI³, Shoji HIOKI⁴, Yu TOBA⁴, Toru HAYAKAWA¹, Haruto KUMURA¹, Jun-Ichi WAKAMATSU¹

¹ Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, SAPPORO 060-8589, Japan,

² Research Institute of Energy, Environment and Geology, Hokkaido Research Organization, SAPPORO 060-0819, Japan,

³ Field Science Center for Northern Biosphere, Shizunai Livestock Farm, Hokkaido University, SHIN-HIDAKA 056-0141, Japan,

⁴ Field Science Center for Northern Biosphere, Experimental Farm, Hokkaido University, SAPPORO 060-0811, Japan

Abstract

The effects of different shot placements and rifle calibers on stress and meat quality in the gun-captured wild Hokkaido sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) were examined. Among four groups combined shot placements and rifle calibers, neither stress during capture nor meat quality was affected, and no abnormal meat was observed in any groups. This might be attributed to the quick bleeding of the deer after capture and the rapid procedure of the carcass, including dressing and cooling of the carcass, regardless of the shot placement or rifle caliber. Thoracic gunshot was suggested to be a capture method that may make it more difficult to immediately kill a deer, but there was no effect of shot placements on stress during capture or carcass temperature and pH after capture. However, it was indicated that thoracic gunshot involves the risk of damage to nearby muscles and blood vessels, and the occurrence of meat with high residual blood if the shot placement is deflected.

Japanese Journal of Meat Science and Technology, **64**(1), 29-38, 2023

Key words: wild Hokkaido deer, gun hunting, venison, meat quality, stress