

論文

高密度のエゾシカがネズミ類の生息に及ぼす影響 — 長期間高密度状態の洞爺湖中島の事例 —

日野貴文¹・榊葵²・宮木雅美³・吉田剛司⁴

1. はじめに

近年、日本全国でニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下 シカ) の個体数増加と分布拡大により、自然植生への影響が報告されている (Takatsuki 2009)。支笏洞爺国立公園に指定される洞爺湖中島 (以下 中島) では、1957年～1965年にかけて、観光目的でシカの一亜種であるエゾシカ (*C. n. yesoensis*) が3頭導入されて以来、捕食者がいないことや鳥獣保護区のため一般狩猟が禁止されていることにより、爆発的に個体数が増加し、最も多い年には434頭 (83.5頭/km²) のシカが生息していたと推定されている (梶・高橋 2006)。このようにシカが高密度になることで、1982年にはススキ (*Miscanthus sinensis*)、エゾニュウ (*Angelica ursina*)、オオイタドリ (*Fallopia sachalinensis*)、ヨブスマソウ (*Parasenecio hastatus*) などの高茎草本の消失とササ群落の衰退が起き、シカが採食可能な高さ2m以下の下枝が消失する採食ライン (browsing line) が形成された (梶・高橋 2006)。そして、ハンゴンソウ (*Senecio cannabifolius*) やフッキソウ (*Pachysandra terminalis*) などのシカの嗜好性植物が優占する植生へと変化した (梶・高橋 2006)。その後もシカの高密度状態が続いたため、植物種の大規模な減少が生じた (助野・宮木 2007)。シカが長期間高密度状態であるこのような場所は全国的に少なく、さらに、中島は湖の中央に位置しほぼ完全な閉鎖的環境にあり、高密度のシカが生態系に与える影響を検証する上で理想的である。

高密度のシカの採食圧により下層植生が衰退すると、下層植生を餌や隠れ家として利用する動物は、強く影響を受けると予想される。しかし、高密度のシカによる植生への影響を調べた研究は数多くあるのに比べて、植生変化に伴う間接的な動物群集への

影響を調べた研究は少ない (Takatsuki 2009)。中島では前述の植生構造への影響を調べた研究に加えて、高密度のシカによる動物群集への間接的な影響について、昆虫類 (赤羽ら 2014, 2016a, b) や鳥類 (上原ら 2016) を対象として、中島と対岸の湖畔を比較することで検証されている。例えば、上原ら (2016) は中島では湖畔に比べ藪を好んで利用する鳥類が少ないことを報告している。

ネズミ類は木材生産林においては害獣として扱われる。しかし、生物多様性の保全が森林管理目標となる国立公園や鳥獣保護区の自然林においては、種子散布 (例えば、Wada 1993) や鳥類や哺乳類などの高次捕食者への餌資源 (Sibbald *et al.* 2006) としてネズミ類は重要な役割を持つ。ネズミ類は、捕食回避のためカバーとなる下層植生の量が多い生息地を選択する (Wada 1993; Brown and Kotler 2004; Arthur *et al.* 2005)。さらに、下層植生はカバーだけでなく、植食性もしくは雑食性のネズミ類に採食物を提供する。そのため、下層植生の衰退はネズミ類の生息に負の影響を与えることが予想され、実際に海外の先行研究において、シカ類が高密度になると下層植生の衰退を介してネズミ類の個体数が減少することが報告されている (Flowerdew and Ellwood 2001; Buesching *et al.* 2011)。一方、日本においては、高密度のシカがネズミ類に与える影響については検証例が少ない。田中ら (2006) は奈良県大台ヶ原において、高密度のシカによるササの衰退を介したネズミ類への影響を明らかにするために、植生保護柵の内外でネズミの個体数を比較し、柵内外での個体数に差がある調査区と差がない調査区があったと報告している。中島におけるネズミ類の生息については、ヒメネズミ (*Apodemus argenteus*)、エゾヤチ

ネズミ (*Myodes rufocanus bedfordiae*) および、ドブネズミ (*Rattus norvegicus*) が生息することが明らかになっている (上田ら 1970; 上田 1972; 中津・前田 1979 (表中に小林・藤倉 未発表資料も引用); 伊東・高橋 2006)。しかし、これらの捕獲調査はエゾヤチネズミの種内変異やネズミに寄生するダニ相を明らかにすることを目的として実施されており、高密度のシカがネズミ類の個体数や種構成に与える影響を検証した研究はない。中島で捕獲記録のあるネズミ類のうち、移入種のドブネズミを除いた2種の生態は、ヒメネズミが主に種子・果実類・節足動物を採食し、半樹上性で落葉・落枝層が厚い生息地を選択するのに対し、エゾヤチネズミは、少量の動物質を食べる草食性で草原的環境を好み、植生の被度、密度が高く、落葉層の厚いところを好む (阿部ら 1994)。これらの2種は、高密度のシカによって下層植生が衰退すると負の影響を受けると予想される。

本研究は、中島に設置されている植生保護柵 (以下 柵) を用いて、柵の内外でネズミ類の個体数、下層植生の被度、森林構造を比較することで、高密度のシカがネズミ類の生息に与える影響を調べることを目的とした。なお、中島では2013年に個体数調整が行われ、200頭超から50頭以下まで個体数が減

少したが (環境省 2014)、本研究を実施した2015年時点では植生への影響は依然残っている (宮木 未発表)。そのため、本研究の調査時のネズミ類の生息状況は、長期に渡る高密度のシカによる影響を反映していると考えられる。

2. 材料と方法

(1) 調査地

北海道南西部の支笏洞爺国立公園内に指定されている洞爺湖の中央に位置する中島 (大島) (北緯42° 36', 東経140° 50') にて調査を行った (図-1)。中島は面積が約4.9km²で対岸からは2.6km以上離れ、湖畔からは隔離されており、鳥獣保護区に指定されている。中島の植生は、大部分を落葉広葉樹林が占め (91.8%), 次いで針葉樹の人工林が6.3%, 草地が1.6%を占めている (Miyaki and Kaji 2004)。シカの高密度状態が長期間続いたことにより、高茎草本・ササ・稚樹が消失するなど下層植生は減少し、シカにとって不嗜好性植物であるハンゴンソウやフッキソウが優占している (梶・高橋 2006)。

(2) 調査プロットの設定とネズミ類の個体数調査

植生保護のために2004年に設置された柵 (30m × 33m) 5カ所と、さらに柵外に隣接して設定された

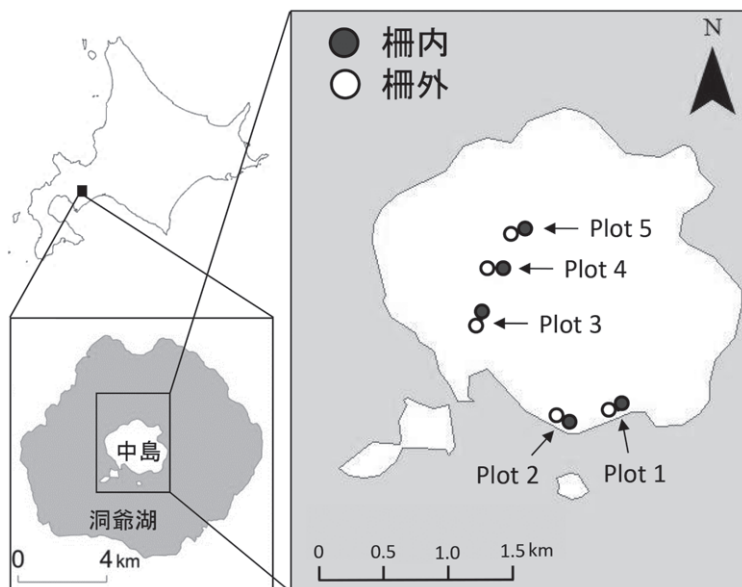


図-1 研究対象地および調査プロットの位置

対照区 (30m×33m) 5カ所, 計10カ所を調査プロットとして設定した (図-1)。

柵内外でのネズミ類の個体数を調べるため, ネズミ類の捕獲調査を, 2015年7月から11月まで, 毎月1回, 3晩4日間の計5回の調査期間を設定し実施した。各調査プロット (30m×33m) を9つに区切り, トラップの配置間隔が10mとなるように計9個のトラップを設置した。調査期間の初日午後1時にトラップを仕掛け, 1日1回午前6時~11時の間にトラップにネズミ類が捕獲されているかを確認した。トラップは, 生体捕獲が可能なシャーマントラップを用いた。ベイトとしてピーナッツを約10粒トラップの中に入れた。捕獲した個体は, 種を同定し, 後足長・尾長・頭胴長を記録して標識のためのマーキングをした後, 捕獲地点で放逐した。マーキングには油性ペンを使用し, 日ごと, 柵内ごとに色を変えることで各調査期間内におけるネズミ類の再捕獲個体を識別し, かつ各調査期間内における柵内外間のネズミ類の移動を調べた。なお, 油性ペンはネズミの体毛上に1カ月以上は残らないと考えられたので, 調査期間をまたいだ柵内外間の移動は検討していない。調査手法に関しては中田 (1998) を, 種同定方法に関しては阿部ら (1994), 中田 (1998) を参考にした。捕獲された個体数をもとに, 再捕獲個体数を除いて100ワナ日あたりの捕獲個体数を算出した。

柵内外で捕獲された個体数を統計学的に比較するために, 応答変数を捕獲個体数 (再捕獲個体数を除く), 説明変数を柵の有無と調査月, ランダム要因をプロットIDとして一般化線形混合モデル (GLMM) (負の二項分布) を用いて解析した。説明変数の有意性は尤度比検定により検討した。

(3) 植生調査

ネズミ類の個体数と植生との関係を検討するために, ネズミ類の捕獲調査と同じプロットで地上高1.5m以下の下層植生と森林構造 (立木密度, 胸高断面積合計) を2014年の7~9月に調べた。下層植生の調査は, 各プロットの柵内外に2m×2mのコドラートを2~4カ所設定し, 全体被度を目視により推定した。柵内外の下層植物の全体被度を統計学

的に比較するために, 応答変数を全体被度, 説明変数を柵の有無, ランダム要因をプロットIDとしてGLMM (正規分布) を用いて解析した。説明変数の有意性は尤度比検定により検討した。森林構造の調査は, プロット内の胸高直径1cm以上の樹木を全てナンバリングし, 胸高直径 (地上1.3mでの直径) を計測した。プロット2については立木密度が高いため2m×33mのベルトを計2本設定して調査した。統計解析はすべてR (version 3.2.4, R Development Core Team 2016) を用いた。

3. 結果

ヒメネズミとエゾヤチネズミの2種のネズミ類が合計106個体捕獲された。内訳は, ヒメネズミが103個体 (総捕獲個体数の97%), エゾヤチネズミが3個体 (総捕獲個体数の3%) であった。ヒメネズミは, プロット5の柵外を除く全ての調査プロットで捕獲され, ヤチネズミはプロット1およびプロット2の柵内でのみ捕獲された。植生保護柵内外におけるヒメネズミの平均捕獲個体数 (再捕獲個体を除く) は, いずれの月も柵内が柵外に比べて有意に多かった ($P < 0.05$) (図-2)。各月の捕獲個体数は変動したが, 統計学的には有意ではなかった ($P = 0.36$)。調査期間を通じた100ワナ日当たりの捕獲個体数は, 柵内9.78, 柵外4.15であった。また, 総捕獲個体数のうち再捕獲個体数は, 12個体 (柵内で10個体, 柵外で2個体) であり, 全てヒメネズミであった。ネズミ類の調査期間内の柵内外間の移動は, ヒメネズミ1個体のみ確認され, プロット4にて柵外で捕獲された個体が翌日柵内にて再度捕獲された。

下層植生の被度は, 柵内が 69.0 ± 8.1 (SE) %, 柵外が 46.9 ± 9.2 (SE) %で, 柵内の被度が有意に高かった ($P < 0.05$) (図-3)。立木密度は柵内が柵外よりも高い傾向があり, 胸高断面積合計は大きな差はなかった (表-1)。

4. 考察

本研究の結果, ヒメネズミの捕獲個体数は, いずれの月も柵内の捕獲個体数が柵外の捕獲個体数を上

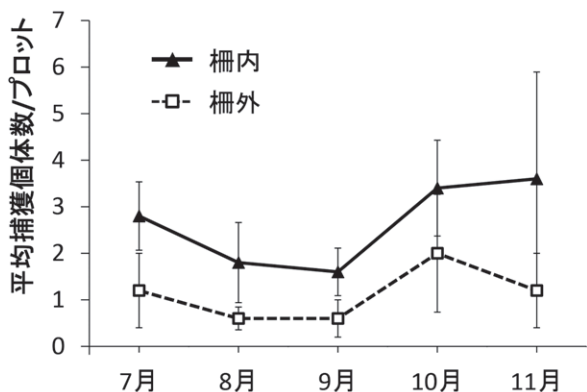


図-2 植生保護柵内外における月毎のヒメネズミの平均捕獲個体数（再捕獲個体を除く）

柵内外の各調査プロットに対して、1調査プロットあたりシャーメントラップを9トラップ、ひと月に3晩設置して7月から11月まで捕獲した。エラーバーは標準誤差を表す。

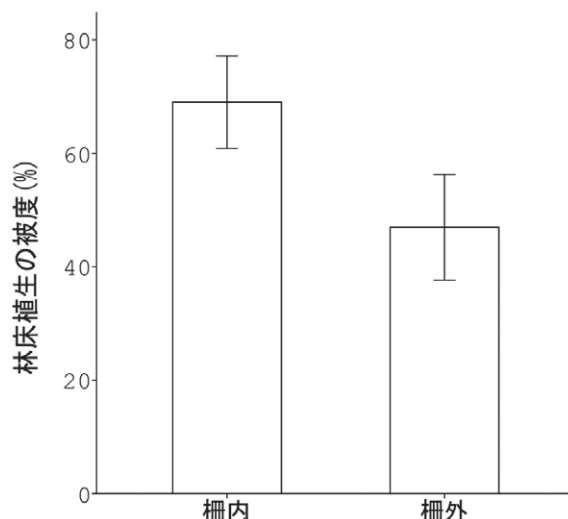


図-3 植生保護柵内外における下層植生の被度 (%)

エラーバーは標準誤差を表す。

回った。シカが高密度に生息する大台ヶ原において、ヒメネズミの個体数をシカ排除柵の内外で比較した田中ら (2006) は、調査区によって傾向が異なり、柵内の方が柵外よりも個体数が多い調査区と柵内外で違いが見られない調査区があることを報告し、その理由として調査区によるシカ密度の違いを指摘している。この先行研究では、シカの個体数密度に勾配が生じやすい開放系であるため、このような結果になったと推測できる。一方で、本研究では鳥という閉鎖系であるためシカの密度勾配が生じにくく、かつ柵で囲われた面積は鳥の面積に対して小さいため、ネズミ類の柵内から柵外へ移出が少ない。そのため、より柵内外の違いが顕著であったと推測される。本研究では、ヒメネズミとエゾヤチネズミが捕獲された。シカが導入される前のネズミ類の捕獲情報は定量的なデータは乏しくかつ種数が限られているため、ネズミ相の直接的な比較は困難であるが、中島では過去に捕獲記録のあるヒメネズミ、エゾヤチネズミ、及びドブネズミ (上田ら 1970; 上田 1972; 中津・前田 1979; 伊東・高橋 2006) と比較して今回捕獲されたネズミ類 (ヒメネズミ、エゾヤチネズミ) は、移入種であるドブネズミを除いて同じであった。本研究では高密度のシカによるヒメネズミの個体数への負の効果が検出されたものの、短期間のうちに種を局所絶滅させるほどではないと考

表-1 各プロットにおける植生保護柵内外の立木密度 (本/ha) および胸高断面積合計 (m²/ha) 胸高直径 1 cm以上の幹を調査対象とした。

Plot	立木密度 (本/ha)		胸高断面積合計 (m ² /ha)	
	柵内	柵外	柵内	柵外
1	202.0	70.7	13.3	8.1
2	11590.9	202.0	4.5	23.0
3	2454.5	616.2	32.1	34.4
4	2707.1	454.5	19.1	35.4
5	6292.9	0.0*	68.2	0.0*

*: 調査対象となる樹木が存在しなかった

えられる。

下層植生の被度は柵内で有意に高く、シカの採食圧から解放されていることにより、柵外に比べて柵内では下層植生の被度が高かったと考えられる。森林構造について、サンプルサイズが小さいため統計学的な検討はできないものの、柵内外で胸高断面積合計に大きな違いがない一方で、立木密度は柵内の方が高かった。この結果は、柵内では稚樹が更新しているが、柵外ではシカの採食により稚樹密度が低くなっているためと考えられる。

ネズミ類は、捕食回避のためカバーとなる下層植生の量が多い生息地を好む (Wada 1993; Brown

and Kotler 2004; Arthur *et al.* 2005)。さらに、ヒメネズミは初夏から秋にかけて活発に樹上ハビタットを利用し (関島 1997)、半樹上性で落葉・落枝層が厚い生息地を選択する (阿部ら 1994)。本研究において、ヒメネズミの個体数が柵外より柵内で多かったのは、柵内では柵外に比べて、下層植生の被度が高く、かつ立木密度が高いため、ヒメネズミの生息にとって好適な環境だったためと考えられる。また、中島ではシカによる長期間・強度の採食圧にさらされたため植生が大きく改変され、シカが採食可能な高さの植物は不嗜好種が殆どを占め、落ち葉が一年を通じてのシカの主要な採食物となっている (Takahashi and Kaji 2001; Miyaki and Kaji 2004)。そのため、柵外は柵内よりもリター層が薄くなっている (日野ら 未発表)。下層植生が少ないことに加えてこのリター層が薄いことも、柵外の環境がヒメネズミの生息に不適な理由であると推測される。

エゾヤチネズミについては、総捕獲個体数が3個体と少ないもののいずれの個体も柵内で捕獲されていることから、植生の被度が低い柵外を避けて生息している可能性がある。これらの結果は、シカ類が高密度になって下層植生が減少することによりネズミ類の個体数が減少する (Flowerdew and Ellwood 2001; 田中ら 2006; Buesching *et al.* 2011) という先行研究と一致する。

5. まとめ

本研究の結果から、高密度のシカが植生改変を介して、ネズミ類の生息に負の影響を与えていることが示唆された。そして、シカによる生態系への影響評価の指標として、植生構造だけでなくネズミ類の生息状況を調べることは、有用であることが再確認された。また、本研究の調査地である中島では、2013年から実施されたシカの個体数削減の結果、200頭超から50頭以下まで個体数が減少したが (環境省 2014)、まだ柵内外の植生の違いは顕著であり、高密度のシカによる影響が植生やネズミ類にもまだ残っていると考えられる。イギリスのオックスフォードシャー州の森林において、Bush *et al.* (2012)

はシカ類の個体数削減の前後でシカ排除柵の内外のネズミ類の個体数を調べることにより個体数削減の効果を検証した。その結果、シカが高密度時にはネズミ類の個体数は排除柵内が排除柵外よりも多かったが、シカ個体数削減後は植生の回復が見られ、削減後約10年経つと排除柵内外でのネズミ類の個体数に違いがなくなったと報告している。同様にシカの個体数削減が近年行われた中島においても、今後植生の回復及びネズミ類の生息に正の効果が期待できる。そして、中島において植生の回復程度と合わせてネズミ類の個体数を柵内外で比較することで、このシカ個体数削減がシカによる生態系影響をどの程度緩和できるのかを検証できるだろう。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、多くの方々にご協力頂いた。ここに深い謝意を示したい。UWクリーンレイク洞爺湖の室田欣弘氏には現地調査に際し様々な便宜を図って頂いた。佐藤温貴氏をはじめとした酪農学園大学野生動物保護管理科学研究室及び地球環境保全学研究室の学生諸氏には、野外調査等にご協力頂いた。本研究は日本学術振興会科学研究費 (25292085 過採食のもたらす植生とシカへのフィードバック効果：過採食の生態学的意義) の一部として実施した。

引用文献

- 阿部 永・石井信夫・伊藤徹魯・金子之史・前田喜四雄・三浦慎悟・米田政明 (1994) 日本の哺乳類 [改訂2版]. 東海大学出版会, 神奈川
- 赤羽俊亮・日野貴文・吉田剛司 (2014) エゾシカの高密度化が食糞性コガネムシ群集に与える影響. 応動昆 58: 269 ~ 274
- 赤羽俊亮・日野貴文・吉田剛司 (2016a) エゾシカの高密度化に対するマルハナバチ群集の応答. 森林野生動物研究会誌 41: 1~9
- 赤羽俊亮・日野貴文・吉田剛司 (2016b) エゾシカの高密度化がマルハナバチおよび糞虫群集におよぼす影響. 森林防疫 65: 9 ~ 16

- Arthur AD, Pech RP, Dickman CR (2005) Effects of predation and habitat structure on the population dynamics of house mice in large outdoor enclosures. *Oikos* 108: 562 ~ 572
- Brown JS, Kotler BP (2004) Hazardous duty pay and the foraging cost of predation. *Ecol Lett* 7: 999 ~ 1014
- Buesching CD, Newman C, Jones JT, Macdonald DW (2011) Testing the effects of deer grazing on two woodland rodents, bankvoles and woodmice. *Basic Appl Ecol* 12: 207 ~ 214
- Bush ER, Buesching CD, Slade EM, Macdonald DW (2012) Woodland recovery after suppression of deer: cascade effects for small mammals, wood mice (*Apodemus sylvaticus*) and bank voles (*Myodes glareolus*). *PLoS One* 7: e31404
- Flowerdew J, Ellwood S (2001) Impacts of woodland deer on small mammal ecology. *Forestry* 74: 277 ~ 287
- 伊東拓也・高橋健一 (2006) エゾシカ寄生マダニ類の生態. (エゾシカの保全と管理. 梶 光一・宮木雅美・宇野裕之編, 北海道大学出版会). 165 ~ 181
- 梶 光一・高橋裕史 (2006) 高密度化がエゾシカに及ぼす影響. (エゾシカの保全と管理. 梶 光一・宮木雅美・宇野裕之編, 北海道大学出版会). 43 ~ 48
- 環境省 (2014) 環境研究総合推進費終了成果報告書「4D-1103支笏洞爺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」. 環境省, 東京
- 中田圭介 (1998) 野ネズミの予察調査と防除の手引き. 北海道森林保全協会, 札幌
- 中津 篤・前田 満 (1979) 洞爺湖・中島におけるエゾヤチネズミ黒変種の捕獲. *野ねずみ* 154: 30 ~ 31
- Miyaki M, Kaji K (2004) Summer forage biomass and the importance of litterfall for a high-density sika deer population. *Ecol Res* 19: 405 ~ 409
- 関島恒夫 (1997) 足跡法によるヒメネズミとアカネズミの垂直的ハビタット利用の評価. *日本生態学会誌* 47: 151 ~ 158
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>, 2016, 3, 19参照
- Sibbald S, Carter P, Poulton S (2006) Proposal for a national monitoring scheme for small mammals in the United Kingdom and the Republic of Eire. Mammal Society Research Report. London
- 助野実樹郎・宮木雅美 (2007) エゾシカの増加が洞爺湖中島の維管束植物相に与えた影響. *野生生物保護* 11: 43 ~ 66
- Takahashi H, Kaji K (2001) Fallen leaves and unpalatable plants as alternative foods for sika deer under food limitation. *Ecol Res* 16: 257~262
- Takatsuki S (2009) Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biol Conserv* 142: 1922 ~ 1929
- 田中美江・斉藤麻衣子・大井圭志・福田秀志・柴田 叡弼 (2006) 大台ヶ原におけるササの繁殖とネズミ類の生息状況. *日林誌* 88: 348~353
- 上田明一 (1972) エゾヤチネズミの黒変種をめぐる問題点. *森林防疫* 21: 10 ~ 12
- 上田明一・五十嵐文吉・前田 満・桑畑 勤 (1970) 洞爺湖にエゾヤチネズミの黒変種生息. *北方林業* 22: 309 ~ 310
- 上原裕世・梶 光一・吉田剛司 (2016) エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) の高密度化により林床植生の改変した森林景観におけるヤブサメ (*Urosphena squameiceps*) の繁殖適応. *景観生態学* 20: 129 ~ 140
- Wada, N (1993) Dwarf bamboos affect the regeneration of zoochorous trees by providing habitats to acorn-feeding rodents. *Oecologia* 94: 403 ~ 407

(2016.3.31受付, 2016.4.22掲載決定)