

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2012

課題番号：21248019

研究課題名（和文） 長期的餌資源制限がニホンジカの生活史特性に及ぼすフィードバック効果の解明

研究課題名（英文） Feedback effects of long term resource limitation on life history trait of sika deer

研究代表者

梶 光一（KAJI KOICHI）

研究者番号：70436674

研究成果の概要（和文）：洞爺湖中島のエゾシカ個体群は、2度の爆発的増加と崩壊を繰り返して、植生に不可逆的な変化をもたらせた。その後落葉に周年依存するようになり、2008-2012年の間、高い生息密度（45～59頭/km²）を維持していた。落葉はかつての主要な餌であったササよりも栄養価は低いが、生命・体重の維持を可能とする代替餌として重要であり、栄養学的環境収容力の観点から高密度を維持することが可能な餌資源であることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Sika deer on Nakanoshima Island showed repeated the irruption which imposed irreversible change on the vegetation. Thereafter high deer density (45-59 deer/km²) was maintained by fallen leaves, which was an important food in all seasons, during 2008-2012. The nutrient value of fallen leaves was lower than dwarf bamboos, however, was important alternative resources which enable to maintain life and body mass.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
2010年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2011年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2012年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
年度			
総計	28,500,000	8,550,000	37,050,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：生態学、動物、林学、野生動物管理、レジームシフト

1. 研究開始当初の背景

(1) 大型草食獣の爆発的増加モデルは、低密度から出発した個体群が高密度に達して群れの崩壊が生じ、その後平衡状態に達することを予測するが、実証例は乏しい。

(2) ニホンジカの大発生によって、林床の嗜好植物は食い尽くされているにも関わらず、高

密度状態が維持されている。

(3) 積雪がなければ、落葉によって高密度が維持されている可能性が示唆されたため、本課題を設定した。

2. 研究の目的

餌がないにも関わらず高密度が維持される

メカニズムを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

爆発的増加と崩壊が生じた洞爺湖中島（面積5平方キロ）の個体群を対象に、以下の項目を明らかにする。

(1) 餌の利用可能量とシカの利用の年代的变化：長期継続した採食圧が餌利用可能量とシカによる餌利用に与えた影響を定量的に明らかにする。

(2) 高密度を維持する代替餌資源としての落葉の評価：落葉の栄養学的な特性を明らかにする。

(3) 長期の餌不足（餌の質量低下）がシカの生活史特性（体サイズ・成長・繁殖・寿命・生存率）に与える影響を明らかにする。

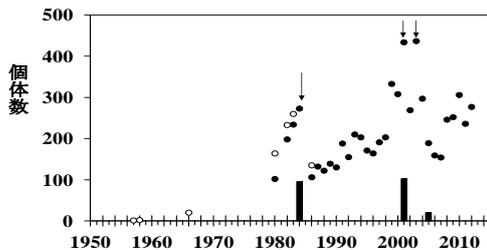
(4) 抗体疫学検査：個体群動態に影響する可能性のある感染性疾患や栄養障害などの非感染性疾患に注目して、それらのリスク評価を行う。

(5) (1)～(4)から得られた餌とシカ個体群の相互関係をもとに、長期に継続している極度な餌資源制限下において高密度個体群が存続してきたメカニズムを論証する。

4. 研究成果

(1) 個体数変動

2008-2012年の間、周年落葉に依存しながら、高い生息密度（45-59頭/km²）を維持していた（図1）。餌種の変化とともに、増加率の低下が見られ、2005年以降は落ち葉に依存し、ほぼ平衡状態に達した（図2）。



縦棒は間引き、○推定値、●観察値、↓群の崩壊を伴うピーク

図1 洞爺湖中島のエゾシカの個体数変動

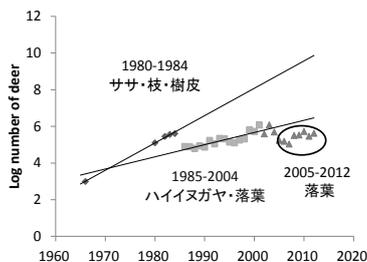


図2 観察数を対数にとった回帰直線。

2) 餌の利用可能量とシカ利用の年代的变化：草本種と不嗜好植物の変化を草原において調べたところ、イネ科草本は1984年以後に減少し1990年以後は非常に少量となり、ハイスガヤは1990年代に消失した一方、フッキソウはなお増加傾向にある。

夏期の森林における利用可能量（シカの採食高内の嗜好植物のバイオマス）は島内平均12.9 kg/haで、不嗜好植物を含む生物体量の1.3%のみであった。夏の落葉量91.2 kg/ha/月や年間落葉量2,260 kg/haと比較しても極めて少なく、1994年の前回調査時から強い採食圧が継続している。GPS装着個体は周年落葉広葉樹を利用しており、落葉への依存が高いことが示唆された。

(3) 落葉の栄養学的特性：主な餌が落葉となった第2回目の群れの崩壊後（2008-2012年）の環境収容力は263±28頭（50.6±5.4頭/km²）であり、初回の増加期の273頭（52.5頭/km²）に匹敵する。落葉の粗蛋白質は夏季には高く、秋季に低下するが維持要求量は上回っている。

(4) 長期の餌不足がシカの生活史特性に与えるフィードバック効果

① 体重変動：成獣メスの体重は大きく年次変動し、それは密度依存的な餌資源制限によることが明らかになった（図3～4）。

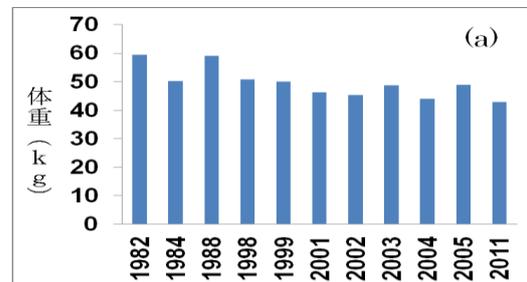


図3. 成獣メスの春先の体重の年次変化

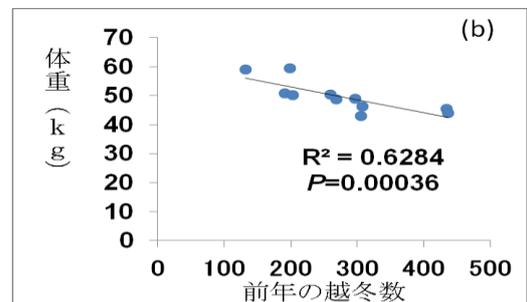


図4 前年の越冬数と成獣メスの体重の関係

② 体重と繁殖力：妊娠率は、成獣メスの体重が増加するにつれて高くなり50%の確率で妊娠可能となる閾値は42kg程度であること

が明らかになった (図 5)。

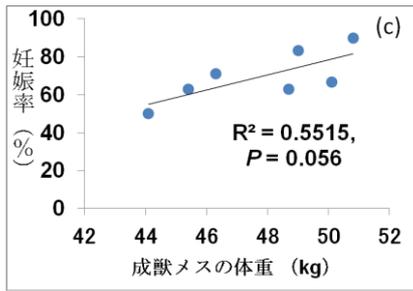


図 5 体重と妊娠率の関係。

③加入率と個体群成長：ひと冬を越した春先の 100 メス当たりの数と個体群成長率は直線的な関係が見られ、100 メス当たり 20 頭の子がいると増加することが明らかになった (図 6)。

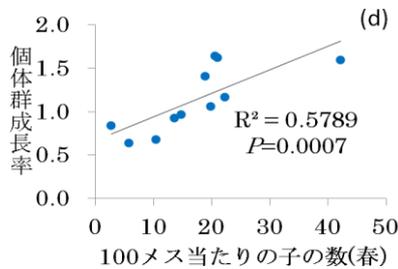


図 6. 100 メス当たりの子の数と個体群成長率の関係。

④出産日と新生子体重：膈挿入型電波発信器によって5頭の出産日が6月16日～7月4日と高質個体群に比べて2～4週間程度遅く、新生子体重も高質個体群に比べても軽いことが明らかになった。

⑤爆発的増加と崩壊に与える個体群パラメータの検討：年齢と死亡日が既知の標本から雌雄別にコホートを復元し、増加率の変動に寄与するパラメータの定量化を行ったところ、増加にはメスが崩壊にはオスと子の生存が関与していた(図7a, 図7b)。

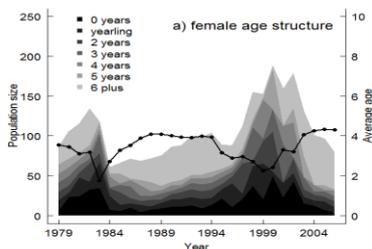


図7a コホートによるメスジカの復元。

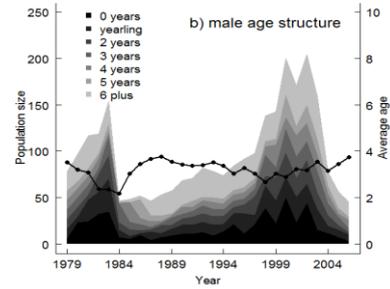


図7b.コホートによるオスジカの復元。

群れの崩壊後に初回よりも高いピークに達した過去に例をみない中島のシカの個体群動態は、崩壊後に高齢メスが多く、生存率が高く維持されたこと、暖冬が続いたために死亡が生じなかったことがあげられる。

(5) 抗体疫学的調査：紅斑熱群リケッチの検出をこころみたが全てが陰性であったため、リケッチアを用いることの不適切性が確認された。

(6) まとめ：ニホンジカは代替餌を利用する能力によって長期の餌資源制限に耐え、体重と繁殖の生活史特性を変えることができる。この表現的可塑性が厳しい餌資源制限下で高密度個体群が維持できる主要な要因である。

(7) 国内外における位置づけとインパクト：有蹄類の爆発的増加現象について、代替餌をシフトさせ、体を小型化しながら高密度個体群が維持できるプロセスとメカニズムを世界で初めて明らかにした。そこで、シンポジウムを第60回日本生態学会静岡大会(2013年3月)で開催し、海外から当該分野の専門家のCote教授を招へいして、日本各地と世界におけるシカの過増加がもたらす生態系とシカ個体群への影響を報告し、議論を行ったところ大勢の参加者を集めることができた。

(8) 今後の展望：ニホンジカは餌不足になると不嗜好植物を新たな餌として利用するため、過採食は生態系に不可逆的な影響を与えレジームシフトを引き起こす可能性が高いことが明らかとなった。そこで、エゾシカの過採食が森林生態系とシカの個体数変動へ与える影響を定量的に評価し落葉食へ移行するプロセスとメカニズムを解明するために、「夏期と冬期の環境収容力の差がシカの植食から落葉食への移行を許容し、森林生態系ごとのシカ個体数変動の違いをもたらす」という仮説を設定し、この仮説を検証するために、いくつかの調査サイトを設定して、シカの個体数変動

プロセス、森林生態系へ影響を与える生態的特質を明らかにしたうえで、過採食の広義の生態学的意義を検討する研究を組み立て開始した（基盤研究B 2013～2015として採択済み）。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 20 件）

- ① Ozaki-Kubo, M., Minami M., Higuchi, N., Ohnishi N., Okada, A., Kaji, K. 10名のうち6番目 Female sika deer evolved larger incisors than males under relaxed selection against rapid tooth wear. Biological Journal of the Linnean Society (in press). 査読有
- ② Ikeda T., Takahashi H., Yoshida T., Igota H. and Kaji, K. Evaluation of camera trap surveys for estimation of sika deer herd composition. Mammal Study 38:29-33. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3106/041.038.0103> (2013) 査読有
- ③ 宮木雅美 エゾシカの増加と被害実態、森林植生への影響. ヒトと動物の関係学会誌 33:8-12. (2013) 査読無
- ④ Kobayashi K., Sato Y. and Kaji, K. Increased brown bear predation on sika deer fawns following a deer population irruption in eastern Hokkaido, Japan. Ecological Research, 27: 849-855. DOI:10.1007/s11284-012-0962-4. (2012) 査読有
- ⑤ Ozaki-Kubo, M., Kaji, K., Ohba T., Hosoi, E., Koizumi, T. and Takatsuki, S. Compensatory response of molar eruption for environment-mediated tooth wear in the sika deer. Journal of Mammalogy. 92:1407-1417. <http://dx.doi.org/10.1644/10-MAMM-A-338.1> (2011) 査読有
- ⑥ Oikawa, M., Kurokawa, Y., Furubayashi, K., Takii, A., Yoshida, Y., and Kaji, K. 2011. How low quality foods in heavy grazed habitat maintain high density sika deer (*Cervus nippon*) population in heavily grazed habitat? ;Comparison of intake, digestibility and feeding activities in deer fed high and low quality food. Mammal Study, 36:23-31. <http://dx.doi.org/10.3106/041.036.0103> 査読有
- ⑦ Kaji K., Saitoh T., Uno H., Matsuda H., and Yamamura, K. Adaptive management of sika deer populations in Hokkaido, Japan: theory and practice Population Ecology, 52:373-387 DOI 10.1007/s10144-010-0219-4. (2010) 査読有
- ⑧ Hayakawa, D., Sasaki, M., Suzuki, M., Tsubota, T., Igota, H., Kaji, K. and Kitamura, N. Immunohistochemical localization of

steroidogenic enzymes in the testis of the sika deer (*Cervus nippon*) during developmental and seasonal changes. Journal of Reproduction and Development 56, 117-123.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/56/1/56_09-102T/article (2010) 査読有

- ⑨ 宮木雅美 高密度エゾシカ個体群が植生に与える影響と植生回復の目標 —洞爺湖中島の植生モニタリングからわかったこと— 森林科学 61:11-16. (2011) 査読無
- ⑩ Ueno, M., Kaji, K. and Saitoh, T. Culling versus density effects in the management of a deer population. Journal of Wildlife Management. 74:1472-1483. <http://dx.doi.org/10.2193/2009-339> (2010) 査読有
- ⑪ Ozaki, M., Kaji, K.他9名 The relationship between food habits, molar wear and life expectancy in wild sika deer populations. Journal of Zoology. 280:202-212. 10.1111/j.1469-7998.2009.00653.x (2010) 査読有
その他9件

〔学会発表〕（計 43 件）

- ① Kaji, K. Impact of population irruption of sika deer on vegetation and feedback effects on their life history on Nakanoshima Island, Hokkaido. 第60回日本生態学会大会. 2013年3月7日. 静岡県コンベンションアーツセンター
- ② Seto, T. Effects of food quality and availability on food habits, body size and pregnancy rate of sika deer: comparison of the two contrasting habitats, Nikko and Ashio areas 第60回日本生態学会大会. 2013年3月7日. 静岡県コンベンションアーツセンター
- ③ 吉澤遼 餌資源制限下における落葉が代替餌としてエゾシカ個体群に与える影響. 第60回日本生態学会大会. 2013年3月6日. 静岡県コンベンションアーツセンター
- ④ 竹下和貴 エゾシカの個体群動態に影響を与える年齢構造と動態パラメータ. 第28回個体群生態学会 2012年10月20～月21日 東邦大学
- ⑤ Kaji, K. Repeated irruption of a sika deer population with changing main winter food resources. The Wildlife Society's 19th Annual Conference. 2012年10月15日 Portland, Oregon USA
- ⑥ 池田敬 シカの密度推定のためのカメラトラップ法の有効な設置密度と設置日数 日本哺乳類学会2012年度大会 2012年09月22日 麻布大学
- ⑦ 東谷宗光 エゾシカの出産場所および子シカの隠れ場所選択 日本哺乳類学会2012年度大会 2012年09月21日 麻布大学

- ⑧ Matsuda, H. Effects of diet change on the irruptive population dynamics of sika deer on Nakanoshima Island, Hokkaido, Japan. Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ & The 5th EAFES International Congress 2012年3月21日 龍谷大学 (大津)
- ⑨ 三ツ矢綾子 餌資源制限がニホンジカの歯の摩滅と体サイズに与える影響 第59回 日本生態学会大津大会 2012年3月19日 龍谷大学 (大津)
- ⑩ Ikeda, T. Herd composition counts and density estimates for deer population by camera trapping method. Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ & The 5th EAFES International Congress 2012年3月18日 龍谷大学 (大津)
- ⑪ 池田敬 エゾシカ個体群におけるカメラトラップ法を利用した密度推定 日本哺乳類学会2011年度大会 2011年9月8日 宮崎市民プラザ
- ⑫ 高橋裕史 林床の目立たない餌、落葉を利用するニホンジカ 日本哺乳類学会2011年度大会 2011年9月9日 宮崎市民プラザ
- ⑬ 今野建志郎 洞爺湖中島におけるエゾシカ個体群の植生変化に伴う爆発的増加と崩壊の要因解析 第58回日本生態学会 2011年3月10日 札幌コンベンションセンター
- ⑭ 竹田千尋 代替餌としての落葉の評価—エゾシカの行動追跡から 第58回日本生態学会 2011年3月11日 札幌コンベンションセンター
- ⑮ 高橋裕史 餌制限下におけるエゾシカの餌転換 第20回数理生物学会大会 2010年9月14日 北海道大学
- ⑯ Kaji, K. Irruptive behavior of sika deer: comparison of two contrasting Populations. 7th International Deer Biology Congress. 2010年8月3日. Huilo Huilo, Chile
- ⑰ 梶光一 エゾシカの順応的管理を通してみた生態系管理の原則 第57回日本生態学会大会 2010年3月20日 東京大学本郷 (東京都)
- ⑱ 竹田千尋 GPS首輪を用いたニホンジカの行動解析 第57回日本生態学会大会 2010年3月17日 東京大学駒場 (東京都)
- ⑲ 及川真里亜 東京都奥多摩において下層植生がなくなった森林にシカの食物資源は存在するか 第57回日本生態学会大会 2010年3月17日 東京大学駒場 (東京都)
- ⑳ 梶光一 対照的な二つのエゾシカ個体群の崩壊後の挙動：個体数の制限と調節 日本哺乳類学会2009年度大会 2009年11月22日 国立台湾大学 (台北市)
- その他23件

〔図書〕 (計7件)

- ① 梶光一・伊吾田宏正・鈴木正嗣編 (2013) 『野生動物管理のための狩猟学』、朝倉書店 154pp. 査読無
- ② 梶光一 (2012) 野生動物管理のシステム. 『野生動物管理—理論と技術—』羽山伸一・三浦慎悟・梶光一・鈴木正嗣編 文永堂出版 43-53. 査読無
- ③ 梶光一 (2012) 野生動物との共生と獣害対策. 『農村計画学』千賀裕太郎編集 朝倉書店 158-160. 査読無
- ④ 梶光一 (2010) 野生動物の保護管理と狩猟の現状と課題. 『改定生態学からみた野生生物の保護と法律 生物多様性保全のために』 (財)日本自然保護協会編集 講談社 147-152. 査読無
- ⑤ 梶光一 (2010) ニホンジカの保護管理：エゾシカを中心として 『野生動物保護の事典』朝倉書店 399-402. 査読無
- ⑥ 梶光一 (2010) 野生動物とのきずなを取り戻す 「為すことによって学ぶ」エゾシカ管理からわかったこと 『エコロジー講座 3 なぜ地球の生きものを守るのか』日本生態学会編 宮下直・矢原徹一 責任編集 文一総合出版 48-59. 査読無
- ⑦ Kaji, K. (2009) Conservation and management of large mammals focusing on sika deer and bears in Japan. pp238-239 in Ohdachi et al.eds, The Wild Mammals of Japan. Shoukadoh, Kyoto. 査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶光一 (KAJI KOICHI)
東京農工大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号：70436674

(2) 研究分担者

高橋裕史 (TAKAHASHI HIROSHI)
独立行政法人森林総合研究所・関西支所・
生物多様性グループ・主任研究員
研究者番号：60399780

吉田剛司 (YOSIDA TSUYOSHI)
酪農学園大学・農学生命科学部・准教授
研究者番号：00458134

宮木雅美 (MIYAKI MASAMI)
酪農学園大学・農学生命科学部・教授
研究者番号：60442604

鈴木正嗣 (SUZUKI MASATSUGU)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号：90216440

(3) 連携研究者

齊藤 隆 (SAITOH TAKASHI)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学研究センター・教授
研究者番号：00183814

松田 裕之 (MATSUDA HIROYUKI)
横浜国立大学 環境情報研究院・教授
研究者番号：70190478

伊吾田 宏正 (IGOTA HIROMASA)
酪農学園大学・農学生命科学部・准教授
研究者番号：70190478

松浦由紀子 (MATSUURA YUKIKO)
独立行政法人森林総合研究所・その他部局等・研究員
研究者番号：60374245

上野真由美 (UENO MAYUMI)
地方独立行政法人北海道立総合研究機構・その他部局等・研究員
研究者番号：00543753

(4) 研究協力者

及川真里亜 (東京農工大学博士課程)
竹田千尋 (東京農工大学修士課程)
池田敬 (東京農工大学博士課程)
三ツ矢綾子 (東京農工大学修士課程)
竹下和貴 (東京農工大学修士課程)
吉澤遼 (東京農工大学修士課程)
石崎真理 (東京農工大学修士課程)
上原裕世 (酪農学園大学修士課程)
東谷宗光 (酪農学園大学修士課程)
今野建志郎 (横浜国立大学修士課程)