

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450222

研究課題名(和文)シカの採食が森林植生に及ぼす不可逆的变化のプロセスの解明

研究課題名(英文)The process of catastrophic forest degradation caused by deer browsing

研究代表者

明石 信廣 (Akashi, Nobuhiro)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・森林研究本部林業試験場・研究主幹

研究者番号：40414239

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：シカによる森林への影響の初期段階では、胸高直径3cmの稚樹や小径木のみに影響が現れ、その影響レベルは食痕率によって推定できると考えられた。食痕は高さ50-150cmから上下の階層へ、嗜好性の高い樹種から他の樹種へと拡大し、採食ラインが形成されるプロセスが記録された。スズタケや稚樹が消失した後は、柵によってシカを排除することによって低木種は短期間で増加したが、高木、亜高木はすぐには回復できず、柵外の林内の前生稚樹の回復には非常に低いシカ密度にする必要があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In the early stage, deer impact appeared trees < 3 cm in DBH, and the impact level could be evaluated by percentage of browsed seedlings. Deer browsed twigs at 50-150 cm in height in the early stage, and expanded the range to both upper and lower layers. Preferred species were browsed at first, and the other species were browsed after twigs of preferred species decreased. As a result, browsing line was formed. Shrubs recovered within 10 years following the establishment of deer enclosure after the disappearance of dwarf bamboo and tree seedlings, but seedlings of tree species recovered slowly. Deer population density should be kept in very low level for tree seedlings to grow up outside the deer enclosure.

研究分野：森林管理、野生動物管理、生物多様性保全、持続的林業

キーワード：シカ 不可逆性 森林動態

1. 研究開始当初の背景

近年、世界各地の森林において、シカ類をはじめとする有蹄類の生息密度が高まり、森林の更新動態にも大きな影響を及ぼしていることが指摘されている。森林のあらゆる生物の多様性を維持するには、森林という環境を保全する必要があり、シカが森林に及ぼす影響を科学的に理解し、シカや森林の保護管理に生かしていく必要がある。

シカによる過度の採食は、森林の構造やフロラ自体を改変することにより、不可逆的な変化を引き起こすと考えられる。近年、下層植生が消失した森林が日本各地に出現しているが、そのような状態になれば、もとの植生を復元するのが困難になる。森林植生の保全には、大きな変化が生じる前にシカの個体数管理をすすめる必要がある。そのためには、シカの採食が森林植生に影響を及ぼすプロセスを理解し、変化を早期に検出するシステムを構築しなければならない。

2. 研究の目的

シカなどの植食者は植生の動態に大きな影響を及ぼす一方、植食者の動態も餌資源である植生の状態に左右される。有蹄類が新たな環境に導入されるとしばしば爆発的に増加するが、Caughley (1977) や McCullough (1997) ら植食者の動態に関心を持つ研究者は、その後の有蹄類の動態を「環境収容力」という言葉を用いて検討した。しかし、餌資源として重要であるはずの植生の動態は十分に考慮されておらず、餌資源の減少とともに有蹄類個体群の増加が抑制されるというモデルが示されることが多かった。

一方、Noy-Meir (1975)の植食者 - 植生モデルは、植物の現存量に対する成長量と植食者の採食量をそれぞれグラフ化し、植物の現存量の変化を成長量と採食量の差で示した。May(1977)はこれをさらに一般化して解説した(図1,2)。

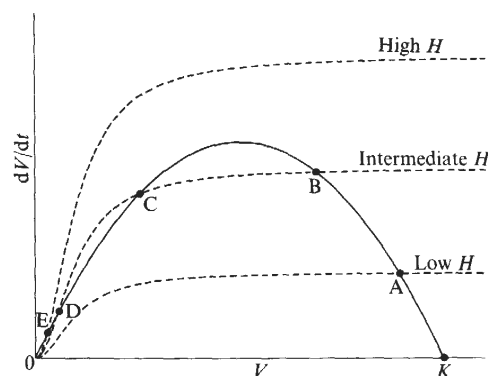


図1 植生の現存量 V と成長量(実線)、採食量(点線)

H は植食者密度、採食量は Type III の functional response を仮定。 H が中程度のとき、二つの安定平衡点(B, D)が存在する(May 1977)。

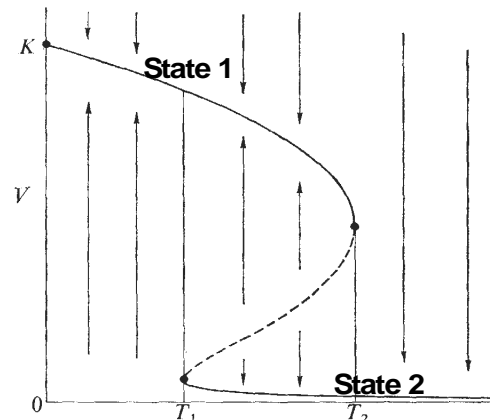


図2 植食者密度 H と植生現存量の安定平衡点の変化

K は植生現存量の環境収容力、植食者密度 H が閾値 T_2 まで増加すると、安定平衡点となる植生現存量は次第に減少するが、 T_2 を超えると植生現存量が急激に低下する(State 1 State 2)。 H が減少しても、 T_1 を下回るまでは State 1には回復しない。 T_1 と T_2 の間では H に対して2つの安定状態が存在する(May 1977 に加筆)。

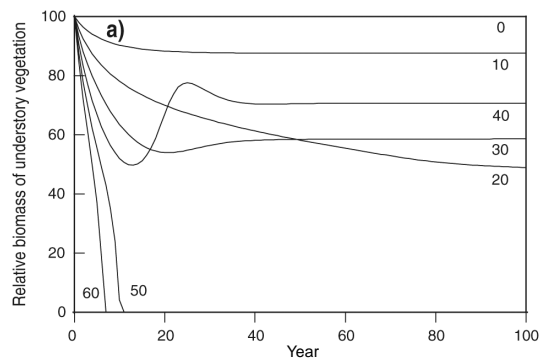


図3 シカ密度の違いによる植生現存量の変化
図中の数字は相対的なシカ密度を示す (Akashi 2009)。

Akashi (2009) は、Noy-Meir (1975)、May (1977)の植食者 - 植生モデルに、北海道で実施された野外調査のデータに基づく森林動態を組み込むことにより、シカが森林の更新動態に及ぼすプロセスを記述するシミュレーションモデルを構築し、階層的な森林構造が植食者 - 植生システムに及ぼす影響、植生の回復力と安定状態、シカ個体群と植生の相互作用について検討した(Akashi 2009, 図3)。ここでは、シカが森林の更新を阻害することにより、林冠ギャップが拡大し、シカの餌資源を増加させることにより、シカ密度とシカが利用可能な植生の現存量が複雑に変化し、多様な平衡状態が出現しうることが示された。また、植食者個体群が閾値を超えると、植生に不連続・急激な変化(レジームシフト)が生じる(図2の T_2 , 図3)。シカ密度がこの閾値を超えないよう維持されれば、森林植生はそのシカ密度のもとで平衡状態に戻る回

復力をもつ。植物種や光などの環境条件による成長量の変化（図1の実線）やシカの嗜好性による採食量の違い（点線）が植生変化に及ぼす影響も、この考え方を拡張することにより理解できる。

高密度のシカによってすでに植生が衰退した森林は、図2のState 2の状態であると考えられる。シカの増加過程ではシカ密度 T_2 において State2 に移行するが、その後シカ密度を T_2 以下にしても植生の状態は State1 に回復しないと予想される（シカ密度と植生の関係の不可逆性）。森林の保全には、State 1 を維持することが重要であり、そのためにはシカの密度が T_2 よりも低い森林で生じている現象を解明する必要がある。また、State 2 への以降によって一部の種が失われるなど、State 1 に回復しても元の状態にならないことも考えられる（種組成の不可逆性）。

本研究では、State 1 での植生の変化の調査、植生の減少過程とそこに防鹿柵を設置した場合の回復過程の連続調査を通じて、シカの採食によって森林植生に不可逆的な変化が生じるプロセスを明らかにすることを目的とした。

<引用文献>

- Akashi, N. (2009) Simulation of the effects of deer browsing on forest dynamics. *Ecol.Res.* 24: 247-255.
- Caughley, G. (1977) Analysis of vertebrate populations. Wiley, New York, USA.
- May, R. M. (1977) Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature* 269: 471-477.
- McCullough, D. R. (1997) Irruptive behavior in ungulates. In: McShea, W. J., Underwood, H. B. & Rappole, J. H. (eds) *The science of overabundance: deer ecology and population management.* 69-98. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Noy-Meir, I. (1975) Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs. *J. Ecol.* 63: 459-481.

3. 研究の方法

2009年から2011年までの2年間に北海道胆振、日高、空知地方の19地点において取得した稚樹数や稚樹の樹高成長に関する野外調査データと、2012年に集計された調査期間中のシカ生息状況に関する指標を用いて、シカの生息状況と稚樹の動態との関係を解析した。

シカの影響が顕著にはみられなかった北海道新得町（2009年設定）及び由仁町（2007年設定）の広葉樹二次林に設定された20×20mの調査区において、幹長50cm以上かつ胸高直径1cm未満の稚樹（萌芽を含む）の幹長及び胸高直径1cm以上の樹木の胸高直径を毎年

5～6月と10月に調査した。またシカが採食可能な地表からの高さ0～200cmの空間を高さ0.5mごとに分け、個体ごとに採食の対象となる枝葉の有無とシカの食痕の有無を記録した。この結果から、森林にシカの影響が現れる初期段階におけるプロセスを検討した。

1993年に奈良県大台ヶ原に設定した100×100mの調査区において、2013年に胸高直径2cm以上の樹木を調査した。この調査区の一部にはスズタケが消失した後の2003年に防鹿柵が設置された。調査結果から、植生が衰退した後の防鹿柵設置の効果等を検証した。

4. 研究成果

胆振、日高、空知地方の調査地における稚樹の樹高成長と小径木・稚樹の本数の増加率は、ライトセンサスによるシカ目撃数が多いほど低下し、積雪の多い空知地方よりも積雪の少ない胆振・日高地方で減少傾向が顕著であった。稚樹の樹高成長と小径木・稚樹の本数の増加率は稚樹の食痕率（シカが採食できる高さに枝葉のある小径木・稚樹のうち、シカの食痕がある本数の割合）と相関があり、食痕率がシカの影響の指標となると考えられた。

新得町及び由仁町の調査地では、当初は稚樹や小径木の本数が多かったが、2015年までにこれらの多くが枯死し、特に胸高直径3cm未満の本数が激減した。3～10cmは微減、10cm以上ではほとんど変化がなかった（図4）。

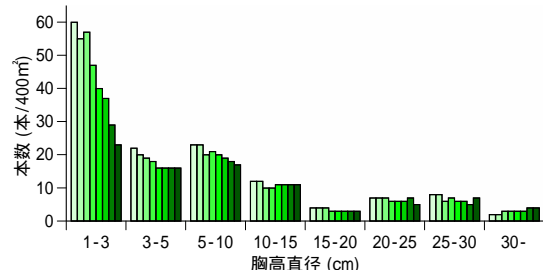


図4 由仁町の調査区における樹木の直径階分布の変化(明石 2015)

棒グラフは直径階ごとに、左から順に2007年から2014年までに毎年の本数を示す。

新得町の調査地では、胸高直径1-5cmの枯死木の65%が樹皮剥ぎ、角擦り、幹折りの被害を受けたが、そのほとんどが2012年秋～2013年春に発生したものであった。枝葉の食痕率も年によって異なっていたが、樹皮剥ぎや幹折りよりも変動は小さかった。この調査地では夏季よりも冬季の採食が多く、夏季には新たに50cm以上に成長する稚樹もあったが、その多くは冬季に採食を受けて小さくなった。当初は50-150cmの高さの食痕が多かったが、この層の枝葉の減少に伴って上下の枝葉の採食も多くなった（図5）。当初の食痕はアオダモなど一部の樹種に多く、これらの樹種に対する嗜好性が高いと考えられたが、これらの樹種の減少に伴い、他の樹種にも食

痕が増加した。この結果、エゾシカが届く高さ 200cm 以下に枝葉を付ける稚樹・樹木が減少し、採食ラインが形成されつつある。

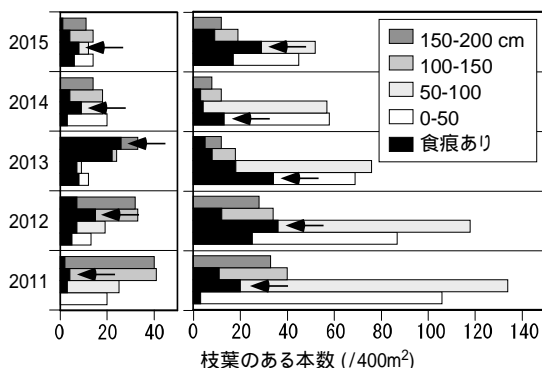


図5 枝葉の高さ別の食痕の有無
毎年春の調査で確認された枝葉と食痕の有無。矢印は食痕の最も多かった階層を示す。

大台ヶ原では、設定時には高密度にスズタケが生育していたが、すでに胸高直径 5cm 以下の樹木が少なく、すでにシカの影響を強く受けていたことが示唆された。1990 年代後半にスズタケが枯死し、林床植生の状態が大きく変化するとともに、シカによる剥皮等によって胸高直径 10cm 以下の樹木が大きく減少した。

2003 年以降に柵が設置された部分でも、その後の 10 年間で本数が回復したのはタラノキ、カマツカ、リョウブなど一部の低木種に限られた。1993 年には記録されなかったタラノキやキハダが新たに出現した。スズタケの回復はほとんどみられず、高木、亜高木の樹種は本数の減少が続いていた。

柵外での 2004~2013 年のシカ密度の平均は 3.5 頭/km²であったが、小径木本数の回復はみられなかった。

以上の結果から、シカによる森林への影響の初期段階では、胸高直径 3cm の稚樹や小径木だけに影響が現れ、その影響レベルは食痕率によって推定できると考えられた。食痕は高さ 50-150cm から上下の階層へ、嗜好性の高い樹種から他の樹種へと拡大し、採食ラインが形成されるプロセスが記録された。スズタケや稚樹が消失した後は、柵によってシカを排除することによって低木種は短期間で増加したが、高木、亜高木はすぐには回復できず、柵外の林内の前生稚樹の回復には非常に低いシカ密度にする必要があることが示唆された。

<引用文献>

明石信廣 (2015) 北海道の森林におけるシカの影響 シカの生息密度の変化と森林の反応. 前迫ゆり・高槻成紀 (編) シカの脅威と森の未来 - シカ柵による植生保全の有効性と限界. 59-66. 文一総合出版, 東京.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

Akashi, N., Unno, A., Terazawa, K. (2015) Significance of woody browse preferences in evaluating the impact of sika deer browsing on tree seedlings. *Journal of Forest Research* 20: 396-402. 査読有

DOI: 10.1007/s10310-015-0492-3

安藤正規・飯島勇人・明石信廣 (2015) ニホンジカの採食圧に関する植生への影響とその評価. *哺乳類科学* 55: 70-72. 査読無

https://www.jstage.jst.go.jp/article/mammalianscience/55/1/55_70/_pdf

安藤正規・飯島勇人・明石信廣 (2014) シカの採食に関する植生への影響評価と植生の保全・回復に関する管理目標. *哺乳類科学* 54: 117-120. 査読無

https://www.jstage.jst.go.jp/article/mammalianscience/54/1/54_117/_pdf

明石信廣・藤田真人・渡辺修・宇野裕之・荻原裕 (2013) 簡易なチェックシートによるエゾシカの天然林への影響評価. *日本森林学会誌* 95:259-266. 査読有

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfs/95/5/95_259/_pdf

[学会発表] (計 7 件)

明石信廣 (2016) 広葉樹二次林においてエゾシカの影響が顕在化する初期過程. 第 127 回日本森林学会大会. 2016 年 3 月 28 日, 日本大学生物資源科学部(神奈川県藤沢市)

Akashi, N. (2015) Sika deer damage to *Abies sachalinensis* plantations in Hokkaido, Japan. IUFRO International Conference "Effects of Ungulate Browsing on Forest Regeneration and Silviculture: Special implications for palatable tree species such as *Abies alba*" 2015 年 10 月 16 日, Birmensdorf (スイス)

Akashi, N. (2015) Sika deer impacts on forests and forestry in Japan. Vth International Wildlife Management Congress. 2015 年 7 月 27 日, 札幌コンベンションセンター(北海道札幌市)

明石信廣 (2015) 森林におけるシカ問題: 被害把握と対策の現状と今後の方向性. 第 126 回日本森林学会大会. 2015 年 3 月 28 日, 北海道大学(北海道札幌市)

渡辺修・明石信廣・宇野裕之・荻原裕 (2015) 北海道の広葉樹天然林における樹木・林床植生へのエゾシカの採食圧の影響の指標化. 第 126 回日本森林学会大会. 2015 年 3 月 27 日, 北海道大学(北海道札幌市)

Akashi, N., Unno, A. & Uno, H. (2014)

An evaluation of the effects of sika deer on forest regeneration based on observation of browsed shoots. XXIII IUFRO World Congress. 2014年10月6日, Salt Lake City (アメリカ)

明石信廣 (2014) 北海道の森林におけるエゾシカの影響評価の現状と課題. 日本哺乳類学会 2014 年度大会. 2014 年 9 月 5 日, 京都大学 (京都府京都市)

[図書](計1件)

明石信廣 (2015) 北海道の森林におけるシカの影響 シカの生息密度の変化と森林の反応. 前迫ゆり・高槻成紀(編) シカの脅威と森の未来 - シカ柵による植生保全の有効性と限界. 59-66. 文一総合出版, 東京.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

明石 信廣 (AKASHI, Nobuhiro)
地方独立行政法人北海道立林業試験場
森林研究本部林業試験場
研究主幹
研究者番号: 40414239