

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292088

研究課題名(和文) 森林植生に対するシカ食害の影響評価と森林管理

研究課題名(英文) Evaluation of the effect of grazing by Sika deer on forest vegetation and forest management

研究代表者

吉岡 崇仁 (Yoshioka, Takahito)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：50202396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：植生が異なる生態系で、植生に及ぼすシカ食害の実態を調査するとともに、その土壌物質循環への影響を明らかにし、シカ食害が森林の多面的機能に及ぼす影響を評価した。その結果、シカ排除柵の効果は草地、間伐後の人工林、未間伐の人工林の順で小さい(遅れて現れてくる)ものと考えられた。また、シカ食害は、シカの嗜好性によって下層植生の生物多様性に影響するが、それぞれの植物種がもつ生理学的な特徴(硝酸塩還元酵素活性)を通して、土壌中の物質循環に影響を間接的に及ぼしていることが示唆された。シカ食性、植生、土壌物質循環の連環を解明することがシカ食害が森林生態系にもたらす影響を把握する上で重要であることが示された。

研究成果の概要(英文)：The Japanese sika-deer overgrazing have been surveyed in the different ecosystems, such as natural and artificial forests, and grassland, for evaluating their effects on the forest floor vegetation, on the material cycling in the forest soil and on the multifunction of forest ecosystem. It was suggested that the effect of the deer exclusion fence for the vegetation growth and biodiversity was smaller (or, slower) in the non-thinning artificial forest of *Cryptomeria japonica* than in the thinning forest. It seemed to be the highest (fastest) in the grassland. It was suggested that the overgrazing indirectly affected to the material cycling in the soil by the physiological feature of plant (nitrate reducing enzyme activity), while it directly affected to the plant biodiversity. It indicated that the linkage among the dietary habit of the deer, vegetation and the soil material cycling was important for understanding and evaluating effects of the overgrazing on the forest ecosystem.

研究分野：森林科学

キーワード：シカ食害 餌選択 天然生林 草本群落 人工林 生物多様性 窒素循環

1. 研究開始当初の背景

近年、シカの摂食による植生への影響（シカ食害）が日本各地で見られるようになってきた。シカ食害は、下層植生の種組成改変・地域絶滅、樹皮食いや角研ぎによる樹木の枯死のほか、皆伐後の放置林（再造林放棄地）においては、土砂流出につながるなど、森林の多面的機能を損なうものと危惧されている。京都大学フィールド科学教育研究センター（以下、フィールド研）の芦生研究林（京都府南丹市）でも、2000年代に入ってからニホンジカによる食害のため広範囲にわたり下層植生が消失し、土壌有機物層がほとんど流亡して粘土層が露出しているところもある。このような森林下層植生と土壌層の崩壊状況が、皆伐後の放置林ではなく、天然性林でも見られていることは芦生の森の特徴である。このような芦生研究林におけるシカ食害と植生の関係については、フィールド研と京大農学研究科の研究者を中心とする研究グループによって精力的に研究が推進されてきた（森林研究 No.78、2008）。また、シカ食害によって壊滅的被害を受けたススキ草地での実験では、シカ排除によって多様な草本植生が回復してきており（石原ほか 2012）、これに伴って渡り鳥による利用も回復することを明らかとしてきた。人工林の間伐施業区でもシカ排除実験も開始し、間伐による下層植生の育成ならびに土壌保全の効果とシカ食害の影響の交互作用に関する調査を開始したところである。また、芦生研究林では、シカ食害が始まる以前の植物-土壌相互作用系に関する研究について、分担者らを中心に様々な研究蓄積がある（Tateno et al. 2003、2004、2005、2010 など）。このように、フィールド研芦生研究林では、シカ食害の総合的影響評価が可能となる条件が整っており、申請課題を着実に実行できるものと判断した。

2. 研究の目的

森林の多面的機能の中でも、生物多様性保全、土壌保全、水源涵養の各機能は、シカ食害によって影響を受けることが知られているがこれらの総合評価はほとんどなされていない。本研究では、ニホンジカによる植生被害が拡大している京都大学フィールド科学教育研究センターの芦生研究林と北海道研究林標茶区において、植生が異なる生態系（天然生林、人工林、草地）で、林冠構成木や草本等の植生に及ぼすシカ食害の実態を調査するとともに、土壌における物質循環への影響を明らかとし、シカ食害が森林の多面的機能に及ぼす影響を評価し、森林生態系保全のためのシカ排除の効果の評価することを目的とした。

3. 研究の方法

芦生研究林内の草地（長治谷、野田畑湿原）、天然生林（野田畑谷）、人工林（宮ノ森）を対象として、すでに設置されているシカ防除

柵を活用し、下層植生の回復状況のモニタリング、土壌カラム培養実験などによる窒素循環過程の解析を行った。また、対照地域での新たなシカ防除柵の設置や一時的な防除の解除（シカ柵の開放）を行い、シカ食害の強度把握も行った。また、北海道研究林標茶区においても、ミズナラの天然生林に調査区を設けて、シカ排除およびササの刈り取りが樹木の生育に及ぼす影響を評価した。

4. 研究成果

（1）草地生態系における生物多様性に及ぼすシカ食害の影響

長治谷の草地群落では、2008年にシカ排除柵が設置されたプロットを用いて、種組成・バイオマスの変化などを測定した。また、2014年には、シカ排除柵の一部を開放し、シカの摂食にさらす実験を行った。シカ排除柵内での植生分布の不均一性が大きい一方、シカによる摂食量が大きくなかったことから、全バイオマス量や草本種ごとのバイオマス量には明瞭な現象は見られなかった。しかし、草本種によっては、主に葉の部分が摂食されており、葉と茎に分取して乾燥重量を測定したところ、アザミやオカトラノオなどいくつかの草本種では、シカ柵開放の前後で葉が選択的に摂食されていることが示された。葉と茎の重量比を指標とすることで、葉部分の選択的摂食の様子を把握することができた。シカ排除柵設置後の経年変化を見ると、柵内ではススキ、柵外ではイグサの被度が1年目から最も高く、5年目でもそれぞれススキ、イグサが優占する草本群落が成立している。柵外の多様度は徐々に低下していたのに対し、柵内の多様度は1年目で高くなっていったものの、5年目では柵外と同程度まで低下していた。柵内では1、3年目に多かった草本種に代わり、5年目ではタニウツギやツル植物の被度が高くなってきたのに対し、柵外ではイワヒメワラビやコバノイシカグマといったシダ植物の被度が高くなってきた。これらことから、草本群落では、シカ排除柵設置がなければ下層植生の多様度の低下が徐々に進行する一方、長期にわたるシカ排除柵設置は大型草本の優占ののち灌木性の森林への遷移が進行するものと考えられる。

（2）天然生林における樹木の生育とシカ食害の影響

芦生研究林内の野田畑谷天然生林では、シカ食害が顕著になる以前の1999年に設けられた30m×200mの調査区において、胸高直径5cm以上の個体について毎木調査を行った。調査区では同様の毎木調査が1999年、2000年、2001年、2002年、2010年に行われており、そのデータの比較によって、シカ食害の影響を推定した。

調査区の樹木個体の密度は、シカ食害が顕著になる前の1999年、2000年、2001年、2002年は、1583、1552、1542、1540本/haと密度

にわずかな減少が見られる程度であったが、2010年の調査では1305本/ha、2014年の調査では1160本/haと大きく減少した。また、胸高断面積合計は、密度の変動が小さかった1999年、2000年、2001年、2002年は、31.8、32.1、32.4、32.9m²/haであったが、密度の減少した2010年は34.3m²/haと2002年に比べてやや増加し、2014年は27.2m²/haと再び減少した。

樹種別にみると、個体数の特に多かったリョウブは、1999年の231本から2010年の187本、2014年の131本と大きく本数が減少した一方で、ネジキは1999年の103本から2010年の111本、2014年の113本とやや増加した。その他、出現個体数は少ないが大幅な個体数の減少が見られた樹種は、ナナカマド、コミネカエデ、タムシバ、ノリウツギ、マルバマンサク、ヤマウルシ、マルバアオダモ、ミズナラ、コシアブラ、クロソヨゴなどであった。一方で、アセビ、アオハダ、イヌシデ、アカシデ、ブナ、ソヨゴなどは、個体数がほぼ変わらないか、やや減少する程度であった。1999年の調査区設置以来、芦生研究林ではシカ食害の顕在化が進むと同時にナラ枯れによるミズナラの大量枯死が起こっており、特に大径木の枯死については、シカの食害の直接的な影響は小さいと考えられるが、小径木については、2010年、2014年の調査時にシカの食痕が見受けられたものも多く、シカ食害の影響をある程度反映していると考えられる。また樹種別にみた個体数の変化は、シカの嗜好性とも関連すると考えられるため、今後も調査を継続する予定である。

北海道研究林標茶区では、下層植生（ササ）による地表の被覆とシカ食害が高木（優占種：ミズナラ）、下層植生、土壤に及ぼす影響を調べるための野外操作実験区を設置した。シカ排除柵の有無とササの刈り取りの有無で4種類の処理区の各プロット内に1×1mのコドラートを4つずつ設けて、下層植生の種数、被度、群落高を調査した。また、土壤のCN、土壤細菌についても調査した。結果はまだ十分出ていないが、北海道地方の森林更新に対して、ササとシカ食害がどのような影響を及ぼしているのかを明らかとするための調査を継続し、北海道地方における森林更新の問題解決の糸口につなげたい。

（3）人工林間伐施業による下層植生の発達とシカ食害の関係

芦生研究林宮ノ森の人工林（40年生、スギを主体とし、一部ヒノキを含む）において、2012年に林内に間伐区と未間伐区を設け、間伐区では列状間伐（本数40%超の強度間伐）を行うと共に一部にはシカ排除柵が設けられた。本研究では、間伐による植栽木の成長促進および下層植生の回復に、シカ食害がどのような影響を及ぼすのかを明らかとすることを目的に解析を行った。その結果、スギ

の直径成長率は間伐区で有意に大きく、壮齢のスギ人工林でも列状間伐は成長促進効果があることが確かめられた。直径年成長率は局所的な立木密度と負の相関があったことから、列状間伐でも成長促進効果は得られるものの、局所密度に配慮した間伐方法を選択する方が成長促進効果は高いと考えられた。一方、下層植生については、間伐から一年では間伐による種多様度や特性群多様度の増加は認められなかったが、種構成には変化が認められた。また、間伐・シカ排除柵区では群落高と植被率は1年目から増加し、種構成に変化が認められた。他の地域での研究事例では、間伐によって下層植生の多様性増加が明瞭になるには2~5年を要していることから、今後、本調査地でも間伐による多様性の増加がおこるのかもしれない。これらの結果は、下層植生の衰退した壮齢スギ人工林では間伐による成長促進効果はあるものの、成長促進効果の増大や早期の生物多様性回復効果を得るためにはさらなる工夫が必要であることを示唆している。

（4）シカ食害が土壤—植生の相互作用系に与える影響評価

野田畑湿原には、シカ柵が設置され、シカによる摂食圧の異なる調査区が設定されている。各調査区に成立している草本植生群落を対象として、植物種構成とバイオマス（地上部乾燥重量）の両方の観点から植物が土壤中の硝酸態窒素濃度に与える影響を考察した。ここでは、植物種ごとの窒素利用の指標として葉の硝酸還元酵素活性（葉NRA）を用いた。その結果、ミソハギやヌマトラノオについては、バイオマス値、葉NRA×バイオマス値ともに土壤中硝酸態窒素濃度に対して負の相関が、アシボソとダンドボロギクでは正の相関が見られ、これらの植物種の影響度が大きいことが示唆された。ダンドボロギクを除く3種は、シカの嗜好種であることから、野田畑湿原の草原植生に対するシカの摂食圧が間接的に土壤中の硝酸態窒素濃度に対して大きな影響を与えることが示唆された。

土壤アンモニア酸化微生物群集に影響を及ぼす要因の推定

芦生研究林宮ノ森の間伐実験区において、土壤アンモニア酸化微生物（Ammonia Oxidizing Microbe, AOM）の分布および環境応答を明らかにするために、土壤を3年間採取し、アンモニア酸化バクテリア（Ammonia Oxidizing Bacteria, AOB）とアンモニア酸化古細菌（Ammonia Oxidizing Archea）の量、全窒素濃度、アンモニア態窒素濃度、硝酸態窒素濃度、pH、含水率を測定し、AOM量との対応を分析した。

主成分分析で土壤窒素分布特性の類別化を行ったところ、第一主成分(PC1)と第二主成分(PC2)で約8割の窒素分布特性が説明され

た。AOA は PC1、PC2 と有意な正の相関があった。即ち、AOA は土壤 pH、硝酸態窒素濃度と共に高い傾向があり、ついで土壤含水率、アンモニア態窒素濃度、全窒素濃度に対しても正の相関が認められた。AOB では、土壤 pH、硝酸態窒素濃度と正の相関が認められた。また PC1、PC2 スコアは採取年、斜面位置によって異なる傾向を示した。これらの結果は、AOA、AOB は斜面下部に多く、また、年によって変化することが示唆された。ただし、年による変化は試料採取の数日間～数週間の温度を反映している可能性がある。シカ食害の影響については、今後、調査と解析を継続する予定である。

(5) まとめと今後の課題

本研究の結果から、シカ排除柵の効果は草地群落、間伐後の人工林、未間伐の人工林の順で小さくなるか、あるいは遅れて現れてくるものと考えられた。天然生林でのシカ排除柵の効果については、今後データが蓄積するにしたがって明らかにされるものと期待できる。

草地群落においては、空間的不均一性が高いため、刈り取り法でバイオマスを精度よく測定することが困難であり、シカ排除柵によるシカ食害の効果を評価することもむずかしいことが分かった。しかしながら、高柳ら(私信)によって開発され、実施されてきたシカ柵の一部開放実験は、ニホンジカの食性選択を調査する上で有効な手法であることから、今後は草本種ごとの被覆度と草丈をバイオマスの指標として、調査を継続することが必要と考えられた。

森林の水源涵養機能(水質浄化、水質形成)に及ぼすシカ食害の影響については、集水域レベルでシカ排除柵を設置した調査区での観測を継続してきた。新たな解析はまだであるが、シカ食害が森林生態系における物質循環を通して、水質に大きな影響を及ぼしていることは明白である(福島ほか 2015)。今後は、シカ食害 植生変化 土壤物質循環変化の連環について詳細な研究が必要である。本研究で取り組んだ、植物の硝酸塩還元酵素活性や機能微生物群集の DNA 分析などを活用して明らかにしていく必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

(1) 福島慶太郎・立岩沙知子・高柳敦・吉岡崇仁、京都府芦生研究林におけるニホンジカによる植生被害と森林生態系への影響、水利科学、査読有、59、2015、65-83

(2) 松山周平・福島慶太郎・白澤紘明・向昌宏・平井岳志・境慎二郎・石原正恵・岩井有加・八木弥生・谷鑫・立岩沙知子・長谷川尚史・吉岡崇仁、(2016) 間伐とシカ排除柵設置がスギの幹成長に及ぼす直接的・間接的影響 - 芦生の未間伐スギ人工林における事例、森林研究、査読有、79、2016、1-9

(3) 松山周平・谷鑫・立岩沙知子・白澤紘明・吉岡崇仁、長治谷草地のシカ排除柵内外の植生変遷と柵の開放試験、森林研究、査読有、79、2016、11-20

[学会発表](計 10 件)

(1) K. Fukushima, M. Sakai, S. Sakaguchi, Y. Iwai, M. Sakai, A. Hasegawa, Y. Nishioka, H. Fujii, N. Tokuchi, T. Yoshioka and A. Takayanagi. Deer-induced degradation of understory vegetation affects N retention and loss in forested watershed. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会、May 19-24, 2013, 幕張メッセ、幕張

(2) 福島慶太郎・橋本智之・境優・西岡裕平・長谷川敦史・徳地直子・吉岡崇仁、シカによる森林下層植生の衰退が降雨出水時の窒素流出に与える影響。日本生態学会第 61 回全国大会、March 14-18, 2014, 広島国際会議場、広島市

(3) 立岩沙知子・福島慶太郎・高柳 敦・吉岡崇仁、異なるシカの採食圧下における植物の季節性・種多様性が土壤溶液中の硝酸態窒素濃度に及ぼす影響。日本森林学会第 125 回大会、March 28-29, 2014, 大宮ソニックシティ、さいたま市

(4) 福島慶太郎・福澤加里部・向昌宏・鈴木伸弥・日高渉・松山周平・八木弥生・西岡裕平・長谷川敦史・林大輔・長谷川尚史・徳地直子・吉岡崇仁、森林施業における種々の作業過程が渓流水質に与える影響。日本森林学会第 125 回大会、March 28-29, 2014, 大宮ソニックシティ、さいたま市

(5) 松山周平・河村耕史・鈴木伸弥・福島慶太郎・館野隆之輔・境慎二郎・平井岳志・向昌宏・吉岡崇仁、間伐が土壤中のアンモニア酸化細菌に及ぼす影響。日本森林学会第 125 回大会、March 28-29, 2014, 大宮ソニックシティ、さいたま市

(6) 福島慶太郎・福崎康司・日高渉・鈴木伸弥・大槻あずさ・池山祐司・白澤紘明・河本晴恵・西岡裕平・長谷川敦史・向昌宏・徳地直子・吉岡崇仁、森林攪乱・土地利用変化が河口域の栄養塩濃度に与える影響。生物地球化学研究会 2014 年度京都セッション、October 24-26, 2014, 京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所、舞鶴市

(7) 松山周平・白澤紘明・館野隆之輔・今田省吾・吉岡崇仁、植生の系統多様性はシカ排除柵により回復するか? 日本生態学会第 62 回大会、March 18-22, 2015, 鹿児島大学、鹿児島

(8) 福島慶太郎・徳地直子・吉岡崇仁、人工林における伐採残渣の取り扱いが生態系外への養分流出に与える影響。日本森林学会第 126 回大会、March 26-29, 2015, 北海道大学農学部、札幌

(9) 松山周平・館野隆之輔・今田省吾・吉岡崇仁、釧路地方中央部においてエゾシカの採食が森林植生に及ぼす影響。第 63 回日本生態学会、March 21-24, 2016, 仙台国際センタ

一、仙台

(10) 立岩沙知子・高柳敦・吉岡崇仁. 防鹿柵内外にみられる草本植生の窒素利用に関する考察, 第63回日本生態学会, March 21-24, 2016, 仙台国際センター、仙台

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉岡 崇仁 (YOSHIOKA Takahito)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授
研究者番号：5 0 2 0 2 3 9 6

(2) 研究分担者

舘野 隆之輔 (TATENO Ryunosuke)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授
研究者番号：6 0 3 9 0 7 1 2

(3) 連携研究者

松山 周平 (MATUSYAMA Shuhei)
酪農学園大学・農食環境学群・講師
研究者番号：3 0 5 7 0 0 4 8

福島 慶太郎 (FUKUSIMA Keitaro)
首都大学東京・都市環境科学研究科・特任助教
研究者番号：6 0 5 4 9 4 2 6