

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06151

研究課題名(和文)ニホンジカの高密度から低密度への過程におけるレガシー効果をもたらす要因の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the factor to bring the Legacy effect in processes from high density of the sika deer to low density

研究代表者

日野 輝明(Hino, Teruaki)

名城大学・農学部・教授

研究者番号：80212166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、個体数調整にともなうニホンジカ密度が低下した状態での植生、土壌、動物相を調べることで高密度状態からの変化を明らかにすることである。シカの推定平均密度は4分の1程度に減少したが、ササ現存量との関係は正の直線的関係から10頭/km²の密度前後で最大となる山型の曲線的関係に変化した。その結果、シカ密度が高くササ現存量の低い場所での樹木実生の生存率が増加した。その一方で、ササ現存量の減少は土壌栄養分供給低下によって実生生存率を減少させた。したがって、シカ密度とササ現存量と樹木実生との間のこれらの複雑な関係によって、シカ減少による森林再生は時間がかかることが予想される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、シカの高密度状態から低密度状態への変化にともなう林床植生、樹木実生、土壌、動物群集の変化の調査によって、シカ密度とササ現存量との間の平衡関係の崩壊とそれにともなう実生生存率の変化、ササが実生におよぼす被圧による負の影響とリター供給による正の効果などの複雑な相互関係を明らかにした。また、シカ密度とササ現存量の間には、遅れをともなう周期的な変動があることを、植食者と植物との間で初めて明らかにした。これらの研究成果は申請者が現地で25年間にわたって行ってきた長期的なデータの蓄積によって初めて可能になったものであり、学術的および保全生物学的な意義は高い。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to determine changes from high density conditions by examining vegetation, soil, and fauna under conditions of reduced densities of Japanese sika deer as a result of population adjustments. The estimated average density of deer decreased by one-fourth, but the relationship with sasa abundance changed from a positive linear relationship to a bell-shaped curvilinear relationship with a maximum around a density of 10 deer/km². As a result, the survival rate of tree seedlings increased at sites with high deer density and low sasa abundance, whereas the decrease in sasa abundance decreased seedling survival due to a decrease in soil nutrient supply. Therefore, due to these complex relationships between deer density, sasa abundance, and seedling survival, reforestation through deer reduction is expected to be a slow process.

研究分野：生態学

キーワード：ニホンジカ ミヤコザサ ジブシー効果 森林再生 森林生態系 土壌動物相 オサムシ群集 周期的変動

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

1970年代から国内外各地でシカの個体数増加や生息分布の拡大が顕著になり、採食によってもたらされる林床植物の喪失、更新阻害、樹木剥皮などによる森林衰退が問題となってきた。その一方で、捕獲による個体数調整が進められてきた結果、シカの個体数を大幅に低下させることのできた地域も出てきている。このような低密度化に成功した地域において、森林植生や生態系がどのように回復するかを明らかにすることは、シカの個体数管理や生態系の保全・復元を進めていく上できわめて重要である。なぜならば、生態系が本来持つレジリエンス(回復力)を超えるオーバーユースが過去になされた地域では、レジームシフト(生態系の構造転換)やレガシー効果(過去の要因の持続効果)のために、単に原因となる要因を排除するだけでは回復は見込めない可能性があるからである。そのため、生態系回復の可否やその速度は、植生タイプ、地形・二ホンジカの元来の密度、高密度であった期間等によって変わってくると予想されるが、そのような観点からの研究は、国内外においてほとんど行われてきていない。

申請者は、奈良県大台ヶ原の原生林において二ホンジカ(以下シカ)と森林生態系との関係についての調査を1996年より22年間継続して行っている。この調査地においては、2010年までシカは全体平均で50頭/km²を超える高密度状態にあったが、環境省の自然再生事業による個体数調整によって、この8年間は保護管理計画の目標頭数である全体平均10頭/km²前後にまで低下してきている。しかしながら、森林植生等の回復がみられるには至っていない。申請課題の核心をなす学術的な「問い」は、植生やシカ密度などの要因によってレガシー効果の程度やレジームシフトの有無に違いがあるのか、あるとすれば、シカの低密度を達成した後に、森林の植生や生態系を回復させるためにどのような方策が考えられるのかを明らかにすることである。

2. 研究の目的

申請課題の目的は、シカが高密度状態にあった大台ヶ原において、2006-2008年(文科省科学研究費No.18380097)に調査を行ったのと同じ場所8地点(図1)で同じ内容の調査(下層植生現存量・樹木実生・動物群集)を2019-2022年に行い、現在の低密度状態の結果と比較を行うことである。さらに地点5では1997-2002年、地点7では2012-2019年に調査を行っており、シカ密度変化にともなう連続的な変化のプロセスについても明らかにする。調査地点8ヶ所においてシカ密度はそれぞれ異なり、植生は林冠(トウヒ・ウラジロモミ・ブナ)と林床(ミヤコザサ・スズタケ・ヤマシキミ)の組み合わせのほとんどが網羅されている。シカによる剥皮はトウヒ・ウラジロモミで起こるがブナでは起こらず、シカによる採食耐性はミヤマシキミ、ミヤコザサ、スズタケの順に弱くなるなどの違いがある。また同じスズタケでも地形(斜度)によって、完全消失している地点や密生している地点があり、植生タイプ間で回復の違いを調べるには格好の調査地である。

先行研究では、高密度状態でのシカ密度と下層植生の年間消失量は直線的な正の関係があることが示されており、両者は食う-食われる関係において平衡状態であったことが明らかにされている(図2)。また、樹木実生の生存率とシカ密度と林床現存量との関係から実生生存率が最大になる状態がシミュレーション・モデルで明らかにされている。これらの結果について、現在の低密度状態での調査結果との比較検討を行う必要がある。またシカの低密度化による林床植生変化にともなう土壌構造や下層を利用する動物の群集構造の変化を明らかにすることは、生態系の動態を理解するために欠かすことができない。本研究目的は、植生タイプやシカ密度の

異なる地点において、シカの高密度状態から低密度状態への変化にともなう林床植生の現存量、樹木実生の生存率、土壌構造、動物群集の変化を調べることで、レガシー効果の程度やレジームシフトの有無に違いをもたらしている要因を明らかにすることである。

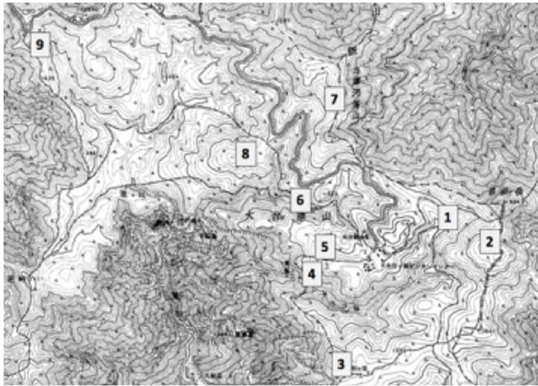


図1, 2006-2008年調査と同じ調査地点

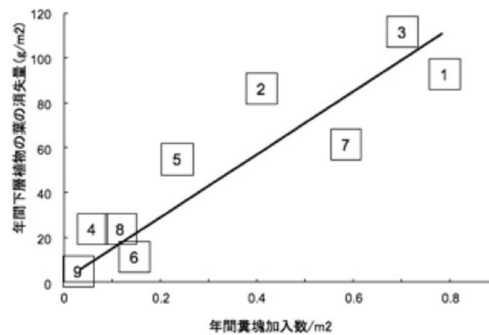


図2. 2006-2008年におけるシカ密度とササ現存量との関係

3. 研究の方法

調査地は、申請者が25年間にわたって調査を行ってきている奈良県の大台ヶ原全域であり、調査区はシカ高密度状態の2006-2008年に実施した調査地点のうち地点4を除く8地点に設置した(図1)。各地点において20m×20mの「固定調査区」を設置し、各区4隅に1m×1mの「シカ採食量調査区」と「樹木実生調査区」を設置した(合計32ヶ所)。シカ採食量調査区のうち半分の区画においてシカ採食排除のために高さ0.5mの柵を作って網で覆った。2011年から2019年まで継続して調査を行ってきた地点7では、環境省によって設置された植生保護用の防鹿柵の内部(南東斜面)と外部(南西斜面)にそれぞれ70 m x 70 m の調査区を設けてある。

各年度の調査開始時の5月に「シカ採食量調査区」内の半分の林床植生を刈り取り、調査終了時の11月に残り半分の林床植生を刈り取った。刈り取った植生は葉・茎に分けて乾燥重量を測定し、その変化量からシカによる年間採食量を調べた。「実生調査区」では、2ヶ月ごとに区画内の樹木実生にマーキングして生死を追跡することで実生の生存率を調べた。また「固定調査区」周辺においてシカによる剥皮や後継樹の密度調査を行った。地点7においては、毎年9月に防鹿柵内外でミヤコザサを採取した。「実生調査区」周辺の土壌の硬度と水分量、落葉落枝量を調査した。土壌硬度は硬度計を用いて測定し、土壌水分量はコアサンプラーを用いて100mlの表層コアを採取して湿重と乾重の差で計算し、落葉落枝量は50m 枠で採取して林床植物と樹木に分けて乾燥重量を測定した。また採取した土壌を用いて、土壌中の化学組成(窒素・炭素・リン・電気伝導率・pH)の分析を行った。

各固定調査区の周囲に長さ80m×幅1mの「シカ糞調査区」を設置した。調査区内の糞塊(糞粒10個以上)を2ヶ月ごとに計数し、換算式によりシカ密度を推定した。「固定調査区」4隅において、オサムシについては捕獲用の8個のピットフォール・トラップを用いて捕獲を行い、土壌動物については捕獲調査を行い、土壌動物については、コアサンプラーを用いて100mlの表層コアを採取して、実験室において種同定と計数を行った。地点7においては、2012年-2019年の8年間毎年9月に防鹿柵内外でそれぞれ64個のシャーマントラップを用いて連続3日間ネズミの捕獲を行った。

4. 研究成果

1) ニホンジカ密度とササ現存量と樹木実生生存率との関係

シカ糞塊数によるシカの推定平均密度は 2006-2008 年の調査時に比べて 4 分の 1 程度に減少したのに対して、ササの平均現存量に大きな変化はなかった。しかしながら、両者間の関係は 2006-2008 年の高密度状態では正の直線関係が示されたが（図 2）、現在の低密度状態では推定密度が 10 頭/km² 前後でササ現存量が最大となる山型の曲線関係が示された（図 3）。この変化は、高密度ではシカ個体数とササ現存量との間に平衡状態にあったのに対して、低密度ではシカ密度減少によって平衡関係が崩れた結果、シカ密度が 10 頭/km² の場所でササ現存量が最大となっていることが示された。そのため、高密度では樹木実生の生存率が高い場所が忌避植物であるミヤマシキミ群落のようにシカとササの両方の影響の小さな場所に限定されていたが、低密度ではシカの採食によってササ現存量の減少した場所において樹木実生の生存率の増加が示された。また地点 7 において、ササ現存量が増えるとシカ個体数が増え、その翌年にはミヤコザサ現存量が減少するという遅れをとともなう周期的変動の関係が示された（図 4）。この結果は、シカの個体数とササ現存量の双方が、食う-食われる相互関係によって一定の幅で増減を繰り返しながら変化することを意味している。この関係は、シカの個体数減少に伴うササ現存量の増加が急激に起こらないことの一理由の一つであると考えられる。

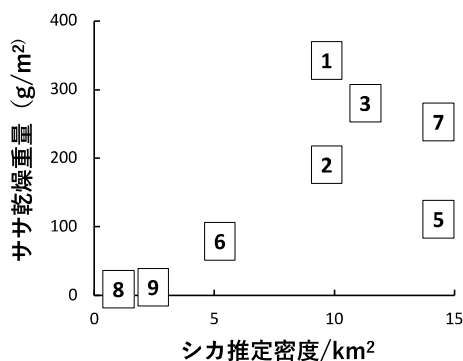


図 3. 2019-2022 年におけるシカ密度とササ現存量との関係

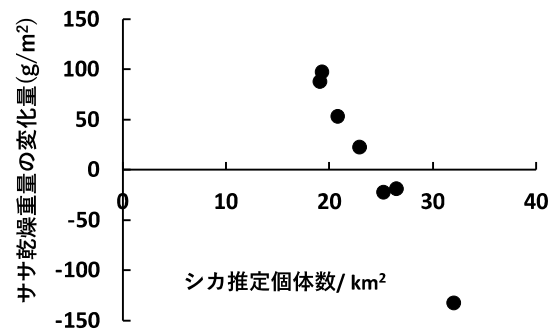


図 4. 2012 年から 2019 年までのシカ密度とササ現存量の年変化量との関係

2) 土壌特性と環境要因との関係

ササ現存量は窒素・リンと正の関係、シキミ現存量は炭素と正の関係、シカ糞塊数はリンと負の関係があった。また、リンは 4 齢以上の実生数と正の関係があった。これらの結果から、シカによる土壌環境への影響は糞尿や踏圧などの直接的なものではなく、採食によってササ現存量を減らすことで、間接的に土壌中の窒素やリンの栄養分や生産力（炭素）を低下させることが明らかになった。また、ササ現存量の減少に伴う土壌栄養分の減少が実生の生存率を低下させたことから、ササの実生に対する影響は負の影響だけではなく正の影響があることが分かった。さらに、シカの忌避植物（シキミ）の存在は土壌中の栄養分と生産力を維持することも明らかになった。

3) 動物群集と環境要因との関係

8 地点の調査地全体で 14 種のオサムシが捕獲された。オオクロナガオサムシが全捕獲個体数の半分を占め、フジタナガゴミムシ、アカガネオオゴミムシ、ヒメクロツヤヒラタゴミムシ、オオダイナガゴミムシ、マルガタナガゴミムシがそれぞれ全体の 7-12%を占めた。この種構成は 1997-2002 年に行った結果と比較して大きな違いはなかった。オオクロナガオ

サムシはササの現存量が高い地点、アカガネオオゴミムシは落葉落枝量が多い地点、オオダイナゴミムシは土壌硬度が高い地点に強い選好性が見られた。大型土壌動物では、18グループが採取され、アリ、ミミズ、クモの種類の採取数が多かった。ミミズ、クモ、チョウの幼虫は土壌水分の多い地点、甲虫の幼虫は落葉落枝量の大きい地点、ワラジムシは土壌硬度の高い地点、ムカデは土壌硬度の低い地点に強い選好性がみられた。中型土壌動物では、8グループが採取され、ダニ(トゲダニ・ササラダニ・コナダニ・ケダニ)とトビムシの種類の採取数が多かった。トゲダニ類とコナダニ類は土壌水分量の多い地点、ササラダニとケダニは落葉落枝量の多い地点に強い選好性がみられたが、最も個体数の多かったトビムシでは特別な環境選好性は見いだすことができなかった。したがって、オサムシと土壌動物の群集構造は、ササ現存量の変化に伴って変化する土壌硬度、土壌水分量、落葉落枝量によって決まることが明らかになった。地点7で捕獲されたネズミは、スミスネズミ、アカネズミ、ヒメネズミの3種であった。8年間の柵外での100トラップ・ナイトあたりの捕獲個体数は、スミスネズミで5個体以下、アカネズミで2個体から14個体、ヒメネズミで8個体から13個体であった。3種のうちスミスネズミ個体数はササ現存量と強い正の関係、アカネズミ個体数は弱い正の関係があったが、ヒメネズミ個体数はササ現存量の影響を受けていなかった。

高密度のシカによって失われた森林生態系の再生

調査を開始する前には、シカ密度を減少させるとササ現存量の急激な回復によって樹木の更新は進まず、森林生態系の回復は容易ではないと予想したが、ササ現存量の変化は小さかった。この結果は、防鹿柵のようにシカの採食圧をゼロにする場合と違って、野外の状態ではシカの植物に対する採食圧は低密度状態であっても一定割合で継続されるためだと考えられる。それに加えて、シカ密度の減少によりササ現存量との平衡関係が崩れた結果、シカの採食によってササ現存量の減少した場所が生じ、そのような場所での樹木実生の生存率の増加が示された。また、シカ個体数とササ現存量との関係は、食う-食われる相互関係によって一定の幅での増減を繰り返しながら変化すること、シカの採食によるササ現存量の減少が土壌の特性を変える大きな要因であること、ササの存在は樹木実生の生存率を下げる負の影響だけではなく、土壌栄養分を供給することによる正の効果もあること等が示された。したがって、シカの個体数とササ現存量と実生生存率と3者間には複雑な相互関係があることから、高密度のシカによって失われた森林生態系は、単にシカの個体数を減らすだけでは回復することは難しい。しかしながら、シカの個体数調整を止めてしまえば短期間で個体数増加によって元の状態に戻ってしまうことは明らかなので、シカの低密度状態を維持しながら長い時間をかけて森林生態系の再生に取り組んでいく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 立石涼帆 竹島由夏・瀧本愛華 日野輝明	4. 巻 26
2. 論文標題 ニホンジカの個体数減少にともなう森林環境と土壌動物相の変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 名城大学総合研究所紀要	6. 最初と最後の頁 87-90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 日野輝明	4. 巻 59
2. 論文標題 ニホンジカによるミヤコザサの採食がネズミとオサムシ群集に及ぼす影響 - 奈良県大台ヶ原での8年間の野外実習の結果分析 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 名城大学農学部学術報告	6. 最初と最後の頁 25-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa S, Kohno H, Mizuno Y, Masuyama R, Kitayama K and Hino T	4. 巻 48
2. 論文標題 Influences of weather conditions, natural food abundance, and the spacing of feeders on the feeding-table use by Japanese squirrels <i>Sciurus lis</i> in a suburban forest.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Mammal Study	6. 最初と最後の頁 28-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------