

原 著

世界文化遺産春日山原始林におけるニホンジカの森林利用

大阪産業大学大学院人間環境学研究科
大阪府立環境農林水産総合研究所
大阪産業大学人間環境学部生態学研究室
大阪産業大学人間環境学部生態学研究室
大阪産業大学人間環境学部生態学研究室

前 迫 ゆ り
幸 田 良 介
佐々木 奨
杉 浦 聖 斗
花 谷 祐 哉

Forest use of Sika deer (*Cervus nippon*) in Kasugayama Forest Reserve, a warm temperate evergreen forest in Nara, western Japan. Yuri Maesako* (*Graduate school of Human environment, Osaka Sangyo University*), Ryosuke Koda (*Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture*), Sho Sasaki, Seito Sugiura, and Yuya Hanatani (*Faculty of Human Environment, Osaka Sangyo University*)

To evaluate the distribution pattern of sika deer in the warm temperate evergreen forest of Kasugayama Forest Reserve, a World Heritage Site, camera trap surveys were conducted at 12 study sites between February 2013 and December 2014 (3101 camera days). The relative abundance of deer varied from 2.2 to 108.6 heads/100 days depending on vegetation and location. The averages were 35.3 ± 22.2 (SD) heads/100 days and 38.4 ± 29.8 heads/100 days in 2013 and 2014, respectively. According to the data gathered by the fecal accumulation rate technique, deer densities at the study sites ranged from 10.6 to 84.9 heads/km², and the averages were 37.5 ± 35.7 heads/km² in early summer and 38.6 ± 14.2 heads/km² in autumn, 2015. There was a significant positive correlation between the estimated density by the fecal accumulation rate technique and the abundance observed by camera traps. The abundance of deer was highest in warm temperate evergreen forests that were not invaded by either alien species (*Triadica sebifera* and *Nageia nagi*) among three vegetation types in 2013 and 2014. The abundance of deer in 2013 was significantly larger in the vegetation invaded by *T. sebifera*, an unpalatable and light-required alien species, than in areas invaded by *N. nagi* which was also unpalatable but shade tolerant. However, the former vegetation had significantly smaller deer abundance than the latter vegetation in 2014. These data suggest that the distribution pattern of deer in Kasugayama Forest Reserve may differ according to the composition of forest vegetation and canopy types, and may change yearly. Because the Kasugayama forests may change gradually in the future, it is important to conduct long-term monitoring of deer population density for better conservation and management of both forest vegetation and the deer population.

Keywords: fecal accumulation rate technique, camera traps, warm temperate evergreen forest, *Cervus nippon*, vegetation types

要旨:世界文化遺産春日山原始林において、ニホンジカ（以降、シカ）の森林利用と森林保全を検討する基礎資料として、カメラトラップ法によるニホンジカの出現頻度（12 調査区）およびシカの個体密度（5 調査区）を調査した。その結果、シカの出現頻度は 2.2 頭/100 日から 108.6 頭/100 日まで、調査地によって大きな差異を示し、2013 年が 35.3 ± 22.2 (SD) 頭/100 日、2014 年が 38.4 ± 29.8 頭/100 日であった。林冠タイプとシカの出現頻度との関係において、ギャップ林冠は閉鎖林冠に比べてシカの出現頻度が有意に高い値を示した。高木層のシイ・カシ類が欠如した照葉樹林崩壊型植生においてシカの出現頻度はもっとも高かった。植生タイプとシカ出現頻度の関係をみると、シカの出現頻度は 2013 年調査では外来種が侵入していないシイ・カシ型と外来種侵入^T型（ナンキンハゼが侵入）が外来種侵入^N型（ナギが侵入）よりも有意に高く、2014 年調査ではシイ・カシ型、外来種侵入^N型、外来種侵入^T型の順で有意に高かった ($p < 0.005$)。シカの個体密度を糞塊除去法によって調査した結果、シカ個体密度は春－夏期調査（5－7 月）において 10.6 から 84.9 頭/km²、秋期調査（10－11 月）において 0 から 148.6 頭/km²であった。シカの森林利用は植生タイプや立地によって異なることから、照葉樹林の保全を考えるうえにおいて春日山原始林全域のシカ個体密度のモニタリング調査およびシカと植生両方の視点にもとづく統合的管理が必要不可欠と考えられた。

キーワード: 糞塊除去法, カメラトラップ法, 照葉樹林, ニホンジカ, 植生タイプ

はじめに

環境省によると、1978 年度（シカ分布メッシュ数 4,220 メッシュ）から 2014 年度（同、10,393 メッシュ）までの 36 年間で、ニホンジカ（*Cervus nippon*，以下、シカ）の生息分布は約 2.5 倍に拡大しており（環境省，<https://www.env.go.jp/press/files/jp/26915.pdf> 2017.12.1 閲覧），生態系への影響は依然として続いている。特別天然記念物および世界文化遺産に指定されている春日山原始林においても、天然記念物「奈良のシカ」が長年にわたって高密度で生息しており、周辺地域の農林業被害だけでなく、森林生態系への影響は著しい。奈良県は春日山原始林検討委員会を立ち上げ、自然と人の共生をめざした試みが模索されているが（前迫，2015），春日山原始林における外来樹木の拡散，生物多様性の劣化，更新阻害は顕在化している（例えば Shimoda et al., 1994；山倉ほか，2001；前迫，2002，2006，2010a，2013；Maesako et al., 2007 など）。

奈良公園平坦部一帯に生息しているシカは、夏期に $961.1 \text{ 頭}/\text{km}^2$ ，秋期に $907.7 \text{ 頭}/\text{km}^2$ （立澤ほか，2002）という高密度で生息し，春日山原始林では $15.3 - 22.8 \text{ 頭}/\text{km}^2$ （鳥居ほか，2007）とされる。これらのシカ個体密度（本稿ではシカの生息密度と同義語として個体密度を用いる）は、広域的な数値であり、植生や立地を反映した密度調査はまだ実施されていない。春日山原始林域にはシイ，カシ類に代表されるブナ科常緑広葉樹の照葉樹林が広がっている（小清水・菅，1971；前迫，2006）が，シカの個体密度と植生の関係に関する基礎情報はきわめて少ない（前迫，2010b，2013）。Campbell et al. (2004) が述べている通り，森林タイプはシカの行動や密度に影響している可能性があり，各植生タイプを利用するシカの個体密度の違いを明らかにすることは，春日山原始林

の植生管理を考えるうえにおいて重要である。

野生動物の生息状況を知る手法として，自動撮影装置を使用したカメラトラップ法（Yasuda, 2004）は，比較的少ない労力で連続的にデータをとることができる。2007 年から 2008 年に春日山原始林で行ったカメラトラップ法による調査では，ナギ侵入群落でシカの出現頻度がもっとも低く（ $4.9 \pm 3.9 \text{ 頭}/100 \text{ 日}$ ），ナンキンハゼ侵入群落（ $19.9 \pm 12.3 \text{ 頭}/100 \text{ 日}$ ），外来種が侵入していないシイ・カシ群落（ $25.8 \pm 10.1 \text{ 頭}/100 \text{ 日}$ ）の順にシカの出現頻度は高くなる傾向が得られた（前迫，2010b）。このことから植生あるいは立地環境によって，シカの森林利用が異なると考えられる。

シカ個体密度推定において，見通しの利かない照葉樹林では糞を用いた手法（糞粒法や糞塊法）が適しているとされている（岩本ほか，2000）。しかし推定に必要なパラメータである糞の分解率が季節や地域によって大きく変動するため正確な推定が難しく（岩本ほか，2000；池田ほか，2002），春日山原始林における糞粒法や糞塊法による密度推定調査の情報はきわめて少ない。一方，Fecal accumulation rate technique（以下，糞塊除去法と呼ぶ）は糞の分解率を用いずに推定密度の算出が可能のため推定精度が高く（Campbell et al., 2004；Koda et al., 2011），近年，奈良県内の森林でも適用されつつある手法である（松井ほか，2011；Tsujino et al., 2013）。糞塊除去法では植生や立地環境ごとの利用密度を推定することも行いやすいため，春日山原始林でも適用することによって広域的にきめ細かなシカ密度を推定することが可能と考えられる。

本研究では，春日山原始林（天然記念物エリア約 300ha）におけるシカの個体密度と植生との関係性を把握するために，カメラトラップ法と併用した糞塊除去法による密度推定を実施した。カメ

ラトラップ法は、シカの個体密度は得られないが、相対的な出現頻度の比較に有効と考えられる。そこでシカの個体密度とカメラトラップ法によるシカの出現頻度の関係を探り、植生とシカの個体密度との関係性を把握することを目的とした。照葉樹林全域のシカの密度分布の解明には至っていないが、春日山原始林と「奈良のシカ」の統合的管理に向けた生態情報として報告する。

調査地および調査方法

調査地の植生

奈良市東部に位置する特別天然記念物春日山原始林域（34°41'N, 135°51'E；指定面積 298.63ha）にはブナ科常緑広葉樹からなる照葉樹林が成立しているが（小清水・菅沼, 1971）、シカが食べない常緑針葉樹ナギや落葉広葉樹ナンキンハゼが春日山原始林や隣接する御蓋山の照葉樹林に拡散している（Maesako et al., 2007；前迫, 2010a, 2013；前迫・稲田, 2013）。本研究では照葉樹林域のシカの森林利用を把握するために、春日山原始林内の標高 200 m から 360 m の範囲に計 12 カ所の調査地を選定した。

各調査地の林冠タイプは閉鎖林冠、疎開林冠、ギャップ辺縁およびギャップの 4 タイプに大別した。シカの出現頻度を調査した 12 プロットの植生は、主要構成種によって大別した（表 1）。調査地の植生はコジイ *Castanopsis cuspidata*, ツクバネガシ *Quercus sessilifolia*, イチイガシ *Quercus gilva* といったブナ科常緑広葉樹が優占し、外来種が侵入していない照葉樹林を「シイ・カシ型」とした。照葉樹林になんらかの攪乱が働いた後、外来種が侵入した植生タイプを外来種侵入型植生とし、照葉樹林にナギ *Nageia nagi*（常緑針葉樹、国内外来種）が侵入している場合には「外来種侵入^N型」、ナンキンハゼ *Triadica sebifera*（落葉広葉

樹、国外外来種）が侵入している場合には「外来種侵入^T型」とした。ナギとナンキンハゼの両種が混在している場合には優占程度（植被率）によっていずれかに区分した。

照葉樹林が大きく崩壊して高木のシイ・カシ類を欠く植生は「照葉樹林崩壊型」と位置づけた。水系の氾濫が頻繁な谷部のギャップに成立するクリンソウ群落は「谷部クリンソウ型」植生とし、本調査では 5 つの植生タイプに区分した。

カメラトラップ法とその解析

各調査地において、2013 年 2 月から 12 月末まで、2014 年 2 月から 12 月末までの期間に自動撮影装置（赤外線センサーカメラ、以下、カメラ）を設置し、カメラトラップ法によりシカの出現頻度を調査した。連続的に撮影できなかったポイントも含まれるが、2013 年にのべ 1443 日、2014 年にのべ 1849 日間、カメラを設置した。なお、糞塊除去法によるシカ個体密度とカメラトラップ法によるシカの出現頻度との関係性をみるために、2015 年 3 月から 12 月末までの期間に調査地のうち 5 カ所（表 1 のプロット No. 1, 2, 6, 10, 11）において、のべ日数 841 日間、カメラを設置した。カメラ設置した各地点において、森林の優占種、林冠状態、シカ高密度エリア（奈良公園平坦部および若草山）からの距離などを記録した。

カメラデータ回収後、撮影されたシカ個体数を集計した。本研究では個体識別が困難なシカが 30 分以内に連続して撮影されていた場合には、一連の行動による撮影と判断して同一個体とみなした。なお、撮影画像 1 枚あたりの撮影個体数が複数のものが含まれる場合には、撮影個体数が最大のものを採用した。その後、設置地点ごとに撮影されたシカの個体数を合計し、100 日あたりに換算した。

シカの森林利用を考える際、光条件によって植

生が異なることから、林冠タイプごとのシカの出現頻度を一般化線形モデルで調査年ごとに比較した。シカ撮影個体数を目的変数、林冠タイプ（解析においてギャップ辺縁とギャップはまとめてギャップとし、ギャップ、疎開および閉鎖の3タイプに分類）を説明変数、カメラ稼働日数をオフセット項とし、ポアソン分布を誤差構造に用いた。その後、Rのmultcompパッケージ（Hothorn et al., 2008）を用いてTukeyHSD法による多重比較を行った。

植生タイプ別シカ出現頻度

植生タイプ別にシカの森林利用を調べるために、12プロットを先の5植生タイプに区分し、シカの出現頻度を調査年別に算出した。その後、2カ所以上のプロットを有する植生タイプ（シ・カシ型、外来種侵入^N型および外来種侵入^T型の3植生）を対象に、シカの出現頻度を一般化線形モデルで調査年別に比較した。シカ撮影個体数を目的変数、植生タイプを説明変数、カメラ稼働日数をオフセット項とし、ポアソン分布を誤差構造に用いた。その後、Rのmultcompパッケージ（Hothorn et al., 2008）を用いてTukeyHSD法による多重比較を行った。

糞塊除去法

各調査地におけるシカの個体密度を明らかにするために、糞塊除去法（Koda et al., 2011）による密度推定を行った。2015年にカメラを設置した5地点の森林内に、50m × 4mのベルトランセクトを東西方向もしくは南北方向が長辺となるように1本ずつ設置した。2015年5－6月にトランセクト内に存在するシカの糞塊を全て除去した。その後、21－26日が経過した6－7月に再調査を行いトランセクト内に再加入した糞塊数を

計数した。本研究ではKoda et al.（2011）に従い、新鮮度やサイズが同等と思われる糞粒が、1m以上の間隔を隔てずに10粒以上存在するものを1糞塊と定義した。また、同じトランセクトを用いて2015年10月に糞塊の除去、15日が経過した11月に再加入糞塊数の計数を同様に実施した。

糞塊除去法において、除去後再調査までの期間が十分に短く糞塊の分解が起こらないものと仮定すると、シカの推定生息密度 D は再加入糞塊数 P 、調査面積 A 、再調査までの間隔 T 、及びシカの排糞頻度（シカが一日あたりに排糞する回数） r によって、 $D = P / rAT$ となる（Campbell et al., 2004 ; Koda et al., 2011）。排糞頻度 r には、Horino & Nomiya（2008）によるホンシュウジカの値23.3（回／日）を、糞塊の定義に従い10粒以上の頻度に補正した値を用いた。すなわち、全349回の排糞のうち10粒以上であったのは336回であることから、その割合を乗じて得られた22.4（回／日）を採用した。

結果

シカの出現頻度と植生

自動撮影装置には林床で採食行動をとっていると思われるシカが多数撮影された（図1）。各調査地のシカの出現頻度がもっとも高かったのは、シカの餌場でもあるシバ草地の若草山から近い、ナンキンハゼが優占する群落（照葉樹林崩壊型植生）で108.6頭／100日（2014年調査）であった。一方、もっとも低いのは、外来種侵入^N型植生の2.2頭／100日であった（表1）。2013年と2014年の出現頻度の傾向は必ずしも一致していないが、出現頻度の平均は、2013年が 35.3 ± 22.2 頭／100日、2014年が 38.4 ± 29.8 頭／100日ではほぼ同様の値を示した。

林冠タイプごとのシカの出現頻度（頭数／100

日)を比較した結果(表2),2013年,2014年ともに「ギャップおよびギャップ辺縁」が「閉鎖林冠」よりもシカの出現頻度は有意に高い値を示した($p<0.001$)。疎開林冠については,年度によってギャップあるいは閉鎖林冠と有意な差異が認め

られた。

シカの出現頻度と植生タイプの関係を図2に示した。2013年,2014年調査ともに,照葉樹林崩壊型植生において最も高い値を示した。一般化線形モデルによる解析の結果,シカの出現頻度は,



図1. 自動撮影装置で撮影されたシカ個体群。(左)照葉樹林崩壊型(調査区1,2015年2月6日18時), (右)シイ・カシ型植生(調査区4,2014年10月19日0時)。

表1. 調査地の概要。12プロットの植生,立地,撮影日数およびシカの頭数/100日など。

No	優占種	主要種	植生タイプ ¹⁾	林冠	立地	標高 (m)	距離 ²⁾	2013		2014	
								撮影 日数	頭数/100日	撮影 日数	頭数/100日
1*	ナンキンハゼ	スギ(植栽),コジイ, イワヒメワラビ	照葉樹林崩壊型	ギャップ	斜面上部	280	近	77	94.8	81	108.6
2*	ツクバネガシ	コジイ, ムクロジ, イヌガシ	シイ・カシ型	疎開	斜面上部	350	遠	96	27.1	144	67.4
3	ツクバネガシ	コジイ, イチイガシ, イヌガシ	シイ・カシ型	閉鎖	斜面上部	340	遠	147	41.4	141	56.0
4	ツクバネガシ	コジイ, イヌガシ, アセビ	シイ・カシ型	ギャップ 辺縁	斜面上部	360	遠	96	33.3	181	48.6
5	イチイガシ	ナギ, ナンキンハゼ, アサダ	外来種侵入*型	疎開	斜面中部	200	近	131	24.4	181	47.0
6*	クリンソウ	ウリハダカエデ, イ ワヒメワラビ	谷部攪乱型	ギャップ	谷底	240	遠	141	47.5	191	35.6
7	コジイ	イヌガシ, ナギ, ア セビ	外来種侵入*型	閉鎖	斜面下部	300	遠	154	36.5	195	34.4
8	コジイ	イヌガシ, ナギ, ア セビ	外来種侵入*型	閉鎖	斜面下部	300	遠	161	16.3	58	19.0
9	コジイ	ナンキンハゼ, ナギ, カナメモチ	外来種侵入†型	疎開	斜面中部	320	遠	52	41.9	159	18.9
10*	イチイガシ	ナギ, イヌガシ, シ キミ	外来種侵入*型	閉鎖	斜面中部	210	近	153	16.3	266	12.0
11*	ツクバネガシ	ナギ, ナンキンハゼ, カラスザンショウ	外来種侵入†型	ギャップ 辺縁	斜面中部	240	近	168	36.3	161	11.2
12	コジイ	ナギ, イヌガシ	外来種侵入*型	閉鎖	斜面中部	240	遠	67	8.6	91	2.2
のべ日数(平均±SD)								1443	35.3 ± 22.2	1658	38.4 ± 29.8

1) 各植生タイプの詳細は本文参照。図2の植生タイプと一致する。

2) シカ高密度エリア(奈良公園平坦部または若草山)から調査地までの距離をつぎの2段階で評価した。近:<500m, 遠:>500m

* シカ個体密度算出のための糞塊調査を行ったプロット

表2. 調査プロットにおける林冠タイプ別のシカ出現頻度. 一般化線型モデルにより有意検定を行った. アルファベットの違いは有意差 ($p<0.01$) があったことを示している. なお, ギャップ辺縁はギャップに含めて解析した.

林冠タイプ	プロット数	出現頻度 (頭数/100 日)	
		2013	2014
ギャップ・ギャップ辺縁	4	53.0 ± 28.5^a	51.0 ± 41.4^a
疎開	3	31.3 ± 9.6^b	44.4 ± 24.3^a
閉鎖	5	23.9 ± 14.2^b	24.7 ± 21.1^b

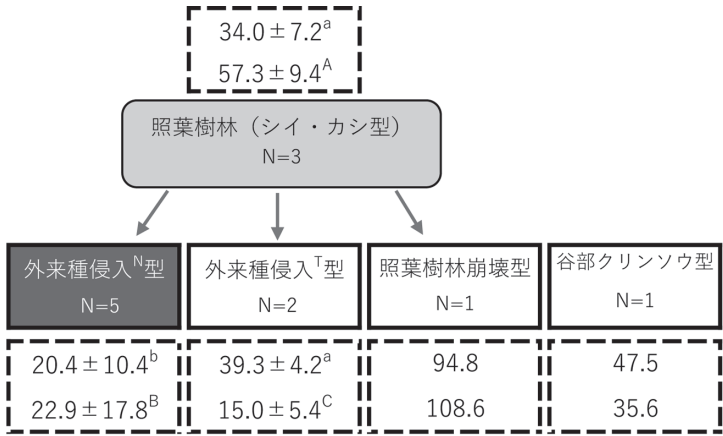


図2. 植生タイプ別にみた100日あたりのシカ出現頻度. 2013年2月－12月 (のべ1443日) と2014年2月－12月 (のべ1658日) に, 12カ所においてカメラトラップ法により算出したシカの出現頻度を植生タイプ別に示した. Nは調査プロット数, 点線で囲まれた上段は2013年, 下段は2014年の値をそれぞれ示す. 各調査年において植生別のシカ出現頻度が3植生間で有意差がある場合に, 異なるアルファベットを右上に付した ($p<0.005$; 一般化線型モデル). なお3林冠タイプ (ギャップ辺縁, 疎開, 閉鎖) を含む植生はグレー, 閉鎖林冠は濃いグレー, 疎開あるいはギャップ林冠は白色で示した. 矢印は植生タイプが照葉樹林から変化したことを示す. 植生タイプは本文参照のこと.

2013年度はシイ・カシ型と外来種侵入^T型が外来種侵入^N型よりも有意に高く, 2014年度はシイ・カシ型がもっとも高く, 外来種侵入^N型, 外来種侵入^T型の三植生間で有意差を示した ($p<0.005$).

糞塊除去法によるシカ個体密度

糞塊除去法によって推定した5カ所のベルトトランセクトのシカ個体密度は初夏調査 (5－7月) において10.6から84.9頭/km², 秋期調査 (10－11月) において0から148.6頭/km²であっ

た. 初夏調査の平均値 (±SD) は 37.5 ± 35.7 頭/km², 秋期調査の平均値は 38.6 ± 14.2 頭/km²で, 偏差値は大きいもののシカ個体密度に有意差はみられなかった (マンホイットニーのU検定, $p=0.515$).

2015年に行ったカメラトラップ法によるシカの出現頻度 (のべ日数757日) と糞塊除去法によるシカ個体密度との関係を図3に示した. シカ個体密度の2シーズンにおける個体密度の平均値と出現頻度との関係は有意な正の相関がみられた ($p<0.05$).

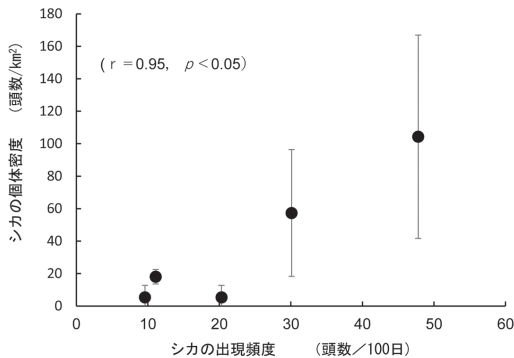


図 3. 糞塊除去調査法によって推定したシカの生息密度 (2015 年 2 月 12 月) とカメラトラップ法によるシカ出現頻度 (2015 年 5 - 6 月, 10 - 11 月の平均) との関係 ($r = 0.95$, $p < 0.05$). シカの生息密度は表 1 参照のこと。

シカの個体密度と植生タイプ

植生タイプ別の個体密度平均値は、照葉樹林崩壊型 (調査地 1) では 104.3 ± 62.6 頭/km², 外来種侵入^T型 (調査地 11) は 57.3 ± 39.0 頭/km², シイ・カシ型 (調査地 2) は 18.1 ± 4.5 頭/km², 外来種侵入^N型 (調査地点 10) と谷部クリンソウ型 (調査地 6) は 5.3 ± 7.5 頭/km²であった。

考察

本調査から、シカは春日山原始林を均一に利用しているのではなく、植生、林冠状態および立地などによって出現頻度および個体密度に大きな差異があることが明らかになった。2007 年のシカ出現頻度 (前迫, 2010b) はシイ・カシ型 (本稿, 照葉樹林シイ・カシ型), ナギ型, ナンキンハゼ型 (本稿, 外来種侵入^{N,T}型) でそれぞれ, 19.9 ± 12.3 , 4.9 ± 3.9 , 25.8 ± 10.1 頭/100 日であった。2013 年と 2014 年のカメラトラップは同様の場所に設置しているが、シカの出現頻度は、シイ・カシ型と照葉樹林崩壊型において 2007 年調査の

約 3 倍に増加し、シカの高密度化傾向を示唆した。2007 年調査と今回の調査ではカメラ機種が異なり、フィルム仕様からデジタル仕様になったことによって、タイムラグおよび撮影範囲の違いが若干影響している可能性も考えられるが (安藤ほか, 2012), それらを勘案してもシカの出現頻度の増加傾向は看過できないレベルである。

糞塊除去法によるシカの個体密度調査の平均値は、 $37.5 - 38.6$ 頭/km²であったが、この値は 2005 年に行われたライトセンサスによる個体密度推定値 (鳥居ほか, 2007) より高い。文化的生物資源でもある「奈良のシカ」と学術的・文化的に貴重な照葉樹林との共生には、シカの行動や密度分布に関するさらなる情報が必要である。

シイ・カシ型植生は、外来種侵入^N型・外来種侵入^T型植生に比べて有意にシカの出現頻度が高い傾向がみられた。植生と林冠タイプは連動しているため、両者の影響を明確に区分して議論することは難しい。とりわけ、ナギとナンキンハゼは、共に攪乱が生じた際に侵入し、シカが食べない植物であるため春日山原始林においては照葉樹林に拡散している (Maesako et.al., 2007)。明るい光条件を好むナンキンハゼがギャップに依存して拡散しているのに対し、耐陰性の高いナギが侵入した照葉樹林は非常に暗く、林床植生はきわめて乏しくなる (前迫, 2010b)。林床が暗い外来種侵入^N型植生ではシカの餌資源が少なく、逆に外来種侵入^T型植生では林床が明るいために、シカが餌資源を求めて森林を利用していると考えられる。さらに、春日山原始林に隣接する御蓋山の天然記念物ナギ林においても、近年、ナギ林の林内環境は明るくなる傾向にあり、ナンキンハゼが侵入しているが (前迫・稲田, 2013), 春日山原始林においても、外来種侵入^N型植生にナンキンハゼが侵入し、明るい森林に変化する傾向にある。これらのことから、森林動態とシカの出現頻度の変化は

関連しており、シカの個体群密度も動的なものと考えられる。

照葉樹林崩壊型植生でシカ出現頻度および個体密度が高かったが、この点については、植生および林冠タイプだけでなく、シカの餌資源が豊富で、シカ個体密度がきわめて高い若草山（シバ草地）に近いという立地も関係していると考えられる。さらに調査地点を増やし、詳細な調査によって、シカの個体密度に関与する複合要因の解明を行う必要がある。

森林は攪乱によってギャップが生じると、多様性増大のチャンスにつながる（Muscolo et al, 2014）。現状では、攪乱後に発生した木本実生や草本類がシカに採食されることによって、林床植生は著しく乏しく、林床にはシカの不嗜好植物しか生育していない。多様性の増大がみられない一方、ギャップ形成後、外来樹木による群落が形成されるなど、長期的なシカの影響は、攪乱後、森林構造と種組成に大きな影響を与えている（Maesako et. al., 2007；前迫, 2013）。

倒木などによるギャップ形成から時間がたった古いギャップでは、埋土種子が発芽した実生をシカが採食することによって、実生発生が起こらず、多様性の増大が困難である（前迫ほか, 2017）。シカの出現頻度および個体密度がギャップで高いという結果を踏まえて、ギャップが生じたサイトでは優先的に採食を回避する植生保護柵を設置するなど、次世代の森林形成に寄与し、生物多様性を保全するための植生管理が望まれる。

春日山原始林は近年、ナラ枯れによる樹冠枯死によってギャップが増加している。こうした森林の変化は、シカの個体密度にも大きな影響を与えていると考えられる。植生管理とシカの管理計画において、森林とシカの動的な変動に対応する順応的・適応的な保全計画が望まれる。シカ個体群の森林利用は、動的なものと考えられることから、

今後、広域かつ詳細なシカの森林利用モニタリング調査を継続的に行うことによって、森林動態とシカ個体密度の変動の両面から照葉樹林の保全を考える必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、文化庁と奈良県奈良公園事務所には調査許可をいただいた。本稿に対してふたりのレフェリーには貴重なご指摘を頂いた。各位に厚くお礼申し上げる。なお本研究はJSPS 科学研究費（基盤研究 C, No.23510300）の一部を使用したことを付記する。

引用文献

- 安藤元一・椎野 綾・鳥海沙織. 2012. 野生動物調査用センサーカメラの機種間性能比較. 東京農大農学集報, 56 : 260 – 268.
- Campbell, D., G. M. Swanson & J. Sales. 2004. Comparing the precision and cost-effectiveness of fecal pellet group count methods. *Journal of Applied Ecology*, 41 : 1185-1196.
- Horino, S. & H. Nomiya. 2008. Defecation of sika deer, *Cervus nippon*. *Mammal Study*, 33 : 143-150.
- Hothorn, T., F. Bretz & P. Westfall. 2008. Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, 50 : 346-363.
- 池田浩一・野田 亮・大長光純. 2002. シカ糞の消失と糞の分解消失に及ぼす糞虫の影響. *日本林學會誌*, 84 : 255 – 261.
- 岩本俊孝・坂田拓司・中園敏之・歌岡宏信・池田浩一・西下勇樹・常田邦彦・土肥昭夫. 2000. 糞粒法によるシカ密度推定式の改良. *哺乳類科学*, 40 : 1 – 17.
- Koda, R., N. Agetsuma, Y. Y. Agetsuma, R. Tsujino &

- N. Fujita. 2011. A proposal of the method of deer density estimate without fecal decomposition rate: a case study of fecal accumulation rate technique in Japan. *Ecological Research*, 26 : 227-231.
- 小清水卓二・菅沼孝之. 1971. 特別天然記念物春日山原始林の植生. 「奈良市史 自然編」(奈良市史編集審議会編), pp. 109 - 137. 奈良市, 奈良.
- 前迫ゆり. 2002. 保護獣ニホンジカと世界遺産春日山原始林の共存を探る. *植生学会誌*, 19 : 61 - 67.
- . 2006. 「世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学」(湯本貴和・松田裕之編), pp. 147 - 167. 文一総合出版, 東京.
- . 2010a. 世界遺産春日山照葉樹林におけるギャップ動態と種組成. *社叢学会誌*, 8 : 60 - 70.
- . 2010b. カメラトラップ法による春日山照葉樹林のほ乳類と鳥類. *大阪産業大学人間論集*, 9 : 79 - 96.
- (編著). 2013. 世界遺産春日山原始林—照葉樹林とシカをめぐる生態と文化—. 256pp. ナカニシヤ出版, 京都.
- . 2015. 「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」(前迫ゆり・高槻成紀編著), pp. 93 - 108. 文一総合出版, 東京.
- ・曳地 穂・神崎 護・長谷川博幸. 2017. シカの採食環境における照葉樹林のギャップ年代と実生の多様性. 「植生学会第 22 回大会講演要旨集」(植生学会第 22 回大会実行委員会, 植生学会大会支援委員会編), pp. 22. 植生学会, 東京.
- ・稲田友弥. 2013. 御蓋山のナギ林におけるナンキンハゼの侵入と開空率の関係. *社叢学研究*, 11 : 80 - 92.
- Maesako, Y., S. Nanami & K. Mamoru. 2007. Spatial distribution of two invasive alien species, *Podocarpus nagi* and *Sapium sebiferum*, spreading in a warm-temperate evergreen forest of the Kasugayama Forest Reserve, Japan. *Vegetation Science*, 24 : 103-112.
- 松井 淳・堀井麻美・柳 哲平・森野里美・今村彰生・幸田良介・辻野 亮・湯本貴和・高田研一. 2011. 大峯山脈前鬼地域における森林植生の現状とニホンジカによる影響. *保全生態学研究*, 16 : 111 - 119.
- Muscolo, A., S. Bagnato, M. Sidari & R. Mercurio. 2014. A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research*, 25 : 725-736.
- Shimoda, K., K. Kimura, M. Kanzaki & K. Yoda. 1994. The regeneration of pioneer tree species under browsing pressure of Sika deer in an evergreen oak forest. *Ecological Research*, 9 : 85-92.
- 立澤史郎・藤田 和・伊藤真子. 2002. 奈良公園平地部におけるニホンジカの個体数変動. *関西自然保護機構会報*, 24 : 3 - 14.
- 鳥居春己・高野彩子・景山真穂子・原沢牧子. 2007. 奈良公園春日山原始林におけるニホンジカ 密度推定の試み. *関西自然保護機構会誌*, 28 : 193 - 200.
- Tsujino, R., K. Matsui, K. Yamamoto, R. Koda, T. Yumoto & K. Takada. 2013. Degradation of *Abies veitchii* wave-regeneration on Mt. Misen in Ohmine Mountains: effects of sika deer population. *Journal of Plant Research*, 126 : 625-634.
- 山倉拓夫・川崎稔子・藤井範次・水野貴司・平山大輔・野口英之・名波 哲・伊東 明・下田勝久・神崎 護. 2001. 春日山照葉樹林の未来. *関西自然保護機構会誌*, 23 : 157 - 170.
- Yasuda, M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29 : 37-46.

