特集「シカの採食圧による植生被害防除と回復」

関西 4 府県を対象としたニホンジカの影響による 落葉広葉樹林の衰退状況の推定

藤木大介^{*1)}・酒田真澄美²⁾・芝原 淳³⁾・境 米造³⁾・井上巖夫⁴⁾

- 1) 兵庫県立大学自然・環境科学研究所 Institute of Natural and Environmental Science, University of Hyogo
- 2) 福井県総合グリーンセンター Fukui Prefectural General Green Center
- 3) 京都府農林水産技術センター Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center
- 4) 京都府農林水産部森林保全課 Forestry Conservation Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kyoto Prefecture

摘要：関西 4 府県（兵庫県、京都府、滋賀県、福井県）を対象に、ニホンジカ（以下、シカ）の影響による落葉広葉樹林の衰退程度を県域スケールで評価する手法^{a)}の汎用性と有効性について検討した。その結果、落葉広葉樹林の衰退程度の指標（shrublayer decline rank; SDR）とシカの生息密度指標の間には地理的相関があること、SDR の悪化に伴い、他の多くの森林の衰退を指標する要素も悪化していくことが府県間で共通して示された。さらに、4 府県の SDR データを地理情報システム上に取り込んだうえで空間内挿処理を施し、leave-one-out 交差検定法で精度検証した結果、4 府県スケールにおいて有効な精度で落葉広葉樹林の SDR 別の地理的分布を推定することができた。推定結果に基づいて、4 府県におけるシカによる落葉広葉樹林の衰退状況を整理した結果、①兵庫県本州部の中央部から丹後半島を除く丹後山地にかけての地域、②京都・滋賀・福井県境部を中心とした丹波高地、③鈴鹿山脈、以上の 3 地域はシカの影響により低木層が半減以上した落葉広葉樹林が大量に存在しており、4 府県の中で最もシカによる植生の衰退が深刻な地域であることが示された。

キーワード：SDR, 地理情報システム, 空間内挿, leave-one-out 交差検定法

FUJIKI, Daisuke, SAKATA, Masumi, SHIBAHARA, Atsushi, SAKAI, Yonezo, and INOUE, Iwao: **Assessing decline in deciduous hardwood forests due to sika deer in the Kansai region**

Abstract: We assessed the decline in deciduous hardwood forests due to sika deer in 835 stands in the Kansai region (Hyogo Pref., Kyoto Pref., Shiga Pref. and Fukui Pref.) by using the shrublayer decline rank (SDR), determined by combining the shrublayer vegetation cover and the presence of signs of grazing by sika deer in a stand. The results showed a SDR rise in with an increase in an index of density of sika deer and declines in several components in forests in most of the prefectures. We estimated the spatial distribution of deciduous hardwood forests with each SDR in the Kansai region, based on the collected data, using a spatial interpolation method in the Geographic Information System. By checking the estimation by leave-one-out cross validation, it was confirmed that most of the errors are within one rank in SDR. From these results, we conclude that the approach using SDR would be applicable not only to the prefectures adjacent to Hyogo Pref. in the Kansai Region but also to multiple prefectures in the other regions. The results of the spatial estimation in the Kansai region showed that there are three areas in the region in which forest decline is very severe. The these area are the inland area of Hyogo Pref. and Tango Mountains excluding Tango Peninsula, Tanba Highland centered on Ashiu Forest Research Station, Kyoto University, and Suzuka Mountains.

Key words: Shrub-layer decline rank, GIS, spatial interpolation, leave-one-out cross validation

1. はじめに

近年、日本各地でニホンジカ *Cervus nippon* Temminck (以下、シカ) の分布の拡大や生息密度の増加が進んだことで、農林業被害や森林生態系被害が深刻化している^{19, 24, 30)}。このような状況を受け、多くの都道府県においてシカを対象に特定鳥獣保護管理計画 (以下、特定計画) が策定されている²⁷⁾。特定計画が目指す科学的管理のためには適切に対象動物の個体群や被害、生息地に関する科学的データを収集する必要がある。シカの農林業被害の把握については、農林業従事者を対象とした聞き取り調査などによって被害地域や被害面積を把握することが可能であり、実際にほとんどの都道府県において何らかの形で被害の把握が為されている。一方、森林生態系被害の把握に関しては、特定計画を策定している都道府県の大半で被害地域や被害面積の把握が十分にできていない。

シカによる森林生態系被害を県域スケールで評価する手法としては、落葉広葉樹林の低木層の被度を用いた指標 (shrub-layer decline rank; SDR) による評価手法が Fujiki *et al.* (2012) によって提案されている⁸⁾。SDR を用いた評価手法は、兵庫県本州部で 2006 年に実施された調査データから、1) シカの採食による低木層の衰退程度が評価できること¹⁶⁾、2) 森林構造全体の衰退程度も評価できること⁶⁾、3) 兵庫県域スケールで落葉広葉樹林の SDR 別の分布域が推定ができること⁸⁾、4) 落葉広葉樹林の SDR 別の分布域の経年的な変化を定量評価できること³⁾が確かめられている。以上のことから兵庫県では、シカを対象とした特定計画において森林生態系被害の把握のためモニタリング調査として本手法が採用されており、シカの生息密度指標のモニタリング・データとの関係解析を通して、森林生態系保全のためのシカの管理目標値の設定にまで活用されている¹⁴⁾。しかし、本手法が兵庫県以外の都道府県においても導入できる汎用性のある手法であるか否か、また複数の都道府県スケールでも有効な精度で被害地域の特定や被害の面積把握が可能な手法であるか否かについては検証されていない。

日本各地におけるシカの地域個体群は、複数の都道府県をまたがって分布していることが多い¹⁵⁾。したがって、農林業被害や森林生態系被害の軽減を目的に特定計画の下でシカを適切に管理していくためには、近隣の都道府県間で統一した手法で個体群や被害、生息地に関する科学的データを収集し、これらのデータを統合解析した方が、地域個体群の動向や地域個体群が引き起こしている被害の状況、必要とされる対策の方向性がより明確に認識できるものと考えられる。地域個体群スケールでの被害の状況や必要な対策が明確に認識できれば、近隣都道府県間で被害や対策に関する認識の共有化が進み、近隣都道府県間で連携してシカの管理を効果的に進めることにつながるものと考えられる。

そこで本研究では、SDR を用いた評価手法が兵庫県以外の地域においても適用できる汎用性のある手法であるかどうかを確認するため、Fujiki *et al.* (2012) の手法に従って関西

4 府県 (兵庫県、京都府、滋賀県、福井県) で別々に収集された調査データを用いて、兵庫県以外の府県において SDR をシカによる落葉広葉樹林の衰退程度の指標として用いることの妥当性を検討した。また、4 府県で収集したデータを統合したうえで地理情報システム上に取り込み、空間内挿処理を施すことで、関西 4 府県スケールで落葉広葉樹林の SDR 別の地理的分布や樹林面積を有効な精度で推定できるかどうかも検討した。最後に、推定した結果に基づいて、関西 4 府県におけるシカによる落葉広葉樹林の衰退状況を整理した。

2. 調査地域

調査地域は、兵庫県、京都府、滋賀県、福井県の島嶼部 (淡路島を含む) を除いた地域である (図-1)。調査地域の総面積は約 20,614 km² (内訳: 兵庫県約 7,795 km²、京都府約 4,613 km²、滋賀県約 4,017 km²、福井県約 4,189 km²) で、国土面積の約 5.5% を占める。調査地域の森林率は約 68% (内訳: 兵庫県約 68%、京都府約 74%、滋賀県約 51%、福井県 75%) である (林野庁ホームページ統計情報 <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/toukei/index.html>, 平成 25 年 4 月 18 日確認)。調査地域内の森林のうち、約 42% が人工林 (内訳: 兵庫県約 43%、京都府約 38%、滋賀県約 41%、福井県約 40%) であり、残りが落葉広葉樹林を主体とする天然林である。なお、本稿で用いる天然林という用語は、天然生林も含む人工林以外の林という意味で使う。調査地域内の気候は、冬季に降雪の多い日本海岸式気候区 (福井県、滋賀県北部、京都府と兵庫県の日本海側)、降水量が少ない瀬戸内気候区 (兵庫県の瀬戸内側)、夏季に雨が多く冬に乾燥する太平洋岸式気候区 (滋賀県南部) の 3 つに大別される²⁰⁾。調査地域内の各府県の最高峰は、兵庫県が氷ノ山 (標高 1,510 m)、京都府が皆子山 (標高 972 m)、滋賀県が伊吹山 (標高 1,377 m)、福井県が二の峰 (標高 1,962 m) である。調査地域の大半は、暖温帯から冷温帯に属し、これらの気候帯に分布する天然林では、コナラ *Quercus serrate* Murray やミズナラ *Quercus crispula* Blume, プナ *Fagus*

図-1 調査地域と調査地点 (●) の概要

Fig.1 Study area and the distribution of investigated stands

crenata Blume などのブナ科高木を主体とする落葉広葉樹林が優占している。また、シカの採食や人為的な刈り払いの影響がない場合、これらの落葉広葉樹林の低木層では、通常、クロモジ *Lindera umbellata* Thunb. やコバノミツバツツジ *Rhododendron reticulatum* D. Don ex G. Don. などの低木類やチマキザサ *Sasa palmata* Nakai var. *palmata* やチシマザサ *Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata などのササ類が繁茂している。

環境省の調査から、調査地域内のシカは 1978 年以前に比べると、著しく分布拡大したものと推測される¹⁵⁾。とりわけ福井県嶺北地方や兵庫県日本海側の多雪地域への分布拡大が顕著である。また、シカの生息密度も 1978 年時点に比べると著しく高まっているものと推測される。シカが森林植生に強い影響を及ぼすようになった時期は定かではないが、各府県における林業被害は、兵庫県では 1980 年代前半（藤木、未発表）から、京都府では 1990 年代前半¹⁷⁾、滋賀県と福井県では 1990 年代後半^{11, 23)}から顕著に増加していることを考えると、天然林への影響もこれらの時期頃から、顕著になった可能性がある。

3. 調査方法

調査地域内の落葉広葉樹林を調査対象とした。なお、林冠にアカマツ *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. が混交する落葉広葉樹林は、他の落葉広葉樹林と同様に低木層が発達するため、調査対象に含めた。調査林分の選定に当たっては、下層の光条件や人為的撓乱の影響の程度をできるだけ揃えるため、以下の基準で林分の選定を行った。①林冠の高さが 10 m 以上であること、②林冠が閉鎖していること、③伐採痕など近年の人為的な撓乱痕跡がないこと、④林縁部からの光が入らない程度に林縁から離れていること、⑤アセビ *Pieris japonica* (Thunb.) D. Don ex G. Don subsp. *japonica* 等の不嗜好性樹木が低木層に優占していないこと。

現地踏査を行った結果、4 府県とその隣接部の鳥取県、岡山県、大阪府の一部を含む地域において、以上のような基準を満たす 835 地点を調査対象林分として選定した（図-1）。

調査は、植物の着葉期間である 5 月下旬から 10 月下旬にかけて行った。調査前に、約 20 m 四方の調査区を設定し、ハンディ型 GPS (Garmin 社 GPSmap 60 CS) を用いて調査区の位置を記録した。調査区における SDR を判定するための調査項目は以下の 3 点である。

- ① 過去数年以内のシカの食痕の有無
- ② 低木層における木本類の被度 ($\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, 9~1%, $< 1\%$)
- ③ 低木層におけるササ類の被度 ($\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, 9~1%, $< 1\%$)

その他の調査項目としては以下の 7 点とした。

- ① 林床における高木種の稚幼樹の有無
- ② 林冠木への樹皮剥ぎの有無
- ③ 樹皮剥ぎによる亜高木層の衰退程度（剥皮による多数の枯死、1~2 本程度の枯死、枯死なし）

- ④ リョウブの樹皮剥ぎ幹本数割合 ($\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, $< 10\%$, 0%, 分布なし)
- ⑤ 地表におけるリターの被覆度 ($\geq 99\%$, 98~75%, 74~50%, $< 50\%$)
- ⑥ 土壌侵食の面積割合 ($\geq 50\%$, 49~25%, 24~10%, $< 10\%$)
- ⑦ 立地の斜面勾配 ($^{\circ}$)

⑦を除いた各調査項目のデータは、() 内で示したカテゴリカル・データ形式で採取した⁴⁾。なお、特にリョウブに限って樹皮剥ぎを調査した理由は、調査地域ではリョウブが特に選択的にシカに樹皮剥ぎされる傾向があるためである。

調査は各府県で個別に実施したため、調査実施年度は各府県で異なっている。各府県の調査実施年度は、兵庫県とその隣接部（鳥取県、岡山県、大阪府の一部）が 2010 年度、京都府が 2011 年度、滋賀県が 2012 年度、福井県が 2010 年度から 2012 年度にかけてである。

4. 解析方法

低木層の被度と過去数年以内のシカの食痕の有無によって各調査林分のシカによる低木層の衰退程度 (SDR) を以下の 6 段階に区分した。

No decline (ND)：シカの食痕が全く確認されなかった林分

Decline 0 (D 0)：シカの採食を受けている林分のうち、低木層の被度が 75.5% 以上の林分

Decline 1 (D 1)：被度 75.5% 未満 38% 以上の採食あり林分

Decline 2 (D 2)：被度 38% 未満 18% 以上の採食あり林分

Decline 3 (D 3)：被度 18% 未満 6% 以上の採食あり林分

Decline 4 (D 4)：被度 6% 未満の採食あり林分

低木層の被度は、低木層における木本類とササ類の被度の合計値を用いた。合計値の算出にあたっては、それぞれの被度カテゴリの中央値を用いた。

SDR とシカの生息密度や他の森林の衰退を指標する要素（以下、他の森林衰退指標）との関連性を確認するために、グッドマンとクラスカルの γ を用いた相関分析を実施した。シカの生息密度の指標としては目撃効率¹²⁾を用いた。目撃効率とは、各府県で毎年度、狩猟登録した狩猟者へ配布されるアンケート帳から収集されるデータである。アンケートには、出猟日毎に出猟場所（約 5 km $\times$ 4 km の狩猟メッシュ単位）、その日目撃したシカの頭数を記入する項目があり、狩猟者は出猟するたびに以上の項目を記入することを各府県から依頼されている。各府県では猟期終了後、アンケート帳を回収し、メッシュ単位で出猟日当たりのシカの平均目撃頭数（目撃効率）を算出することで、メッシュ単位でのシカの密度動向を把握するための指標としている。目撃効率は糞塊密度など他のシカの生息密度指標との相関が強く、生息密度指標として妥当であることが報告されている¹²⁾。また、SDR との関係では過去 4 年の目撃効率の平均値が最も関連性が

表-1 SDR と各変数との相関

Table 1 Correlation between SDR and each variable

変 数	兵庫県			京都府			滋賀県			福井県		
	<i>n</i>	γ	<i>P</i>	<i>n</i>	γ	<i>P</i>	<i>n</i>	γ	<i>P</i>	<i>n</i>	γ	<i>P</i>
全ての林分												
平均目撃効率	304	0.491	<0.001	116	0.397	<0.001	172	0.064	0.315	166	0.328	<0.001
林床における高木種の稚幼樹の有無	193	-0.744	<0.001	129	-0.429	0.002	177	-0.309	0.003	160	-0.566	<0.001
林冠木への樹皮剥ぎの有無	311	0.593	0.004	131	0.209	0.111	186	0.362	0.01	172	0.637	0.007
樹皮剥ぎによる亜高木層の衰退程度	183	0.809	<0.001	122	0.615	<0.001	181	0.695	<0.001	172	0.711	<0.001
リョウブの樹皮剥ぎ幹本数割合	112	0.721	<0.001	102	0.652	0.001	103	0.636	<0.001	115	0.532	<0.001
斜面勾配 25° 以上の林分												
リターの被覆度	193	-0.45	<0.001	98	-0.377	0.005	90	-0.347	0.004	157	-0.426	<0.001
土壌侵食の面積割合	193	0.511	<0.001	94	0.519	0.001	86	0.3	0.079	157	0.147	0.771
斜面勾配 25° 未満の林分												
リターの被覆度	108	-0.12	0.376	30	0.224	0.404	79	-0.019	0.885	15	-0.042	0.909
土壌侵食の面積割合	107	0.133	0.513	30	-0.114	0.703	77	0.56	0.107	15	—	—

強いことが示されている¹⁶⁾。そこで、調査林分が含まれる狩猟メッシュを対象に、調査時点から過去 4 年分のシカの目撃効率の平均値（以下、平均目撃効率）を算出して、各林分周辺のシカの生息密度指標とした。

調査地域内の落葉広葉樹林のうち、非調査地点の SDR の値の推定に当たっては、IDW 法 Inverse distance weighting¹⁾による空間内挿処理を行った。内挿にあたっては、各調査林分の SDR に 0~5 の整数値を割り当てたうえで、調査地域を 100 m 四方の格子メッシュに区切り、それぞれのメッシュから近隣 6 箇所の調査地点を対象に、距離の 2 乗の逆数に応じて重みづけをした平均値を算出した。算出された値は小数点以下を四捨五入して整数値に戻すことで SDR に変換した。SDR の推定結果の精度検証には、Leave-one-out 交差検定法²⁸⁾を用いた。手順としては、まずデータ・セットから、任意の調査地点を 1 地点抜き出したうえで残りの調査地点を用いて空間内挿を行い、抜き出した地点の SDR を推定し、実測値とのランク差を確認した。次にこの作業を、調査地点のうち最外郭の 4 地点を除いたランダムに選んだ 199 地点（合計 200 地点）で繰り返すことで推定精度を評価した。

以上の解析は、地理情報システム・ソフトウェア（ESRI 社 ArcGIS 10 Spatial Analysis Extension）を用いて行なった。解析や図の作成に当たっては、環境省の自然環境情報 GIS の現存植生図（縮尺 1：50,000）を利用した。

5. 結 果

5.1 SDR と各変数の関係

表-1 に調査林分における SDR と各変数の相関を示した。4 府県全てで SDR と正の相関を示したのは、樹皮剥ぎによる亜高木層の衰退程度、リョウブの樹皮剥ぎ幹本数割合の 2 変数であった。4 府県全てで SDR と負の相関を示したのは、林床における高木種の稚幼樹の有無と斜面勾配 25° 以上の林分におけるリターの被覆度の 2 変数であった。一方、4 府県全てで SDR と有意な相関がなかったのは、斜面勾配 25° 未

満の林分におけるリターの被覆度と土壌侵食の面積割合の 2 変数であった。

一部の府県では有意な相関が認められなかった変数も存在した。SDR とシカの平均目撃効率は滋賀県を除く 3 府県で正の相関が示された。SDR と林冠木への樹皮剥ぎの有無は、京都府を除く 3 府県で正の相関が示された。SDR と斜面勾配 25° 以上の林分における土壌侵食の面積割合は、兵庫県と京都府において正の相関が示された。なお、4 府県間で相反した相関関係を示した変数はなかった。

5.2 落葉広葉樹林の衰退程度の空間推定

調査地域における落葉広葉樹林のシカによる衰退程度の空間推定結果を図-2 に示す。推定精度を、Leave-one-out 交差検定法で評価したところ、42.0% の地点で推定値と実測値が一致した（図-3）。残りの地点では、推定値と実測値に誤差があったが、86.5% の地点で推定値と実測値の誤差は 1 ランク差以内におさまっていた。誤差の平均値は -0.02 であり、二乗平均平方根誤差は、0.22 であった。

5.3 シカにより衰退した落葉広葉樹林面積の府県別集計値

SDR 別の落葉広葉樹林面積の集計値を表-2 に示す。D 2 以上の樹林面積は、兵庫県で約 71,335 ha（当該地域の落葉広葉樹林総面積の 20.4%）、京都府で約 59,982 ha（同 24.4%）、滋賀県で約 39,590 ha（同 26.7%）、福井県で約 31,207 ha（同 14.9%）に達していた。

一方、D 3 以上の樹林面積は、兵庫県で約 12,357 ha（当該地域の落葉広葉樹林総面積の約 3.5%）、京都府で約 7,757 ha（同 3.1%）、滋賀県で約 10,488 ha（同 7.1%）、福井県で約 7,651 ha（同 3.7%）に達していた。

6. 考 察

6.1 関西 4 府県スケールでの評価の妥当性と有効性

本研究で用いた調査データは、各府県において別々に、異なる調査体制の下に収集されたものである。具体的には、兵庫県、京都府、福井県では各府県の農林業関係の試験研究機関の研究員によって主に構成される調査班によってデータの

図-2 調査地域における落葉広葉樹林のシカによる衰退程度

Fig. 2 Spatial distribution of deciduous hardwood forests with each SDR in the study area

推定値と実測値のランク差

図-3 SDRの推定値と実測値の誤差の頻度分布

Fig. 3 Frequent distribution of the errors of estimated rank to observed rank in SDR

収集が行われ、滋賀県においては森林事務所単位で行政職の林業担当職員で構成される調査班によってデータが収集された。このように行政職員も含む異なる調査体制で別々に調査をしたのに関わらず、SDRとシカの生息密度指標や他の森林衰退指標との間の関係は、府県間で共通した傾向が認められ、相反した結果を示したものはなかった(表-1)。SDRと平均目撃効率との間の有意な正の相関は兵庫県と同様に京都府や福井県で認められた。相関係数は0.32-0.49と必ずしも高くなかったが、これは目撃効率がSDRとは異なる空間スケール単位で収集された観測誤差を含むデータであることと¹⁶⁾、植生が極端に衰退した地域においてはシカ密度はやや

表-2 SDR別の落葉広葉樹林面積の集計値

Table 2 Summary values of deciduous hardwood forests with each SDR

		ND	D0	D1	D2	D3	D4	合計
兵庫県	ha	79,080	106,216	93,699	58,978	11,799	558	350,330
	%	22.6	30.3	26.7	16.8	3.4	0.2	100.0
京都府	ha	7,189	72,875	106,216	52,225	7,370	387	246,262
	%	2.9	29.6	43.1	21.2	3.0	0.2	100.0
滋賀県	ha	16,837	45,845	46,278	29,102	9,848	640	148,550
	%	11.3	30.9	31.2	19.6	6.6	0.4	100.0
福井県	ha	13,255	95,893	68,950	23,556	7,269	382	209,305
	%	6.3	45.8	32.9	11.3	3.5	0.2	100.0
4府県合計	ha	116,361	320,829	315,143	163,861	36,286	1,967	954,447
	%	12.2	33.6	33.0	17.2	3.8	0.2	100.0

減少して安定する傾向があること¹³⁾を考えると、妥当な値だといえる。以上のことから、京都府や福井県においても兵庫県と同様にシカの生息密度分布とSDRの間に地理的な関連が認められ、このことはシカの採食の影響による低木層の衰退程度をSDRによって、兵庫県以外の都道府県や複数の都府県で統一的に評価できることを示唆している。また、分析結果から、SDRが高くなるにつれ、立木に対する樹皮剥ぎが激しくなり、林床における高木種の稚幼樹の出現率が減少すること、斜面勾配25°以上の立地では、地表におけるリターの被覆度が減少し、土壌侵食が激しくなることが、少なくとも2府県以上で共通して確認された。以上のことは、SDRが高くなるにつれ、他の森林衰退指標の多くも悪化していくという傾向は4府県で共通して認められることを示している。また、同様の結果は今回の調査の4年前(2006年度)に兵庫県で実施した調査でも得られており⁶⁾、このような関係性は時間的な変動にも左右されにくいものと考えられる。

したがって、SDR を落葉広葉樹林の全体的な物理構造の衰退程度の指標として 4 府県で統一的に用いることやモニタリング調査に用いることには一定の妥当性があるものと判断できる。

SDR データを用いて 4 府県における落葉広葉樹林のシカによる衰退程度の空間推定結果 (図-2) を Leave-one-out 交差検定法によって精度検証した結果、SDR の推定値は大半の地点で実際の衰退程度と前後一ランク以内の誤差範囲に収まっていた (図-3)。また、誤差平均は 0 にほぼ等しかったことから、推定結果は、全体として過大にも過小にも偏っていないことが示された。府県ごとに個別に異なる体制で調査したため、低木層の被度の目視による判定基準の個人差やグループ間差から、府県境を境に SDR の推定結果が大きく異なることが危惧されたが、実際には府県境の両側において推定結果が大きく異なることはなく、整合性のある結果になっていた。以上の事から、推定結果は、シカによる衰退程度に応じた落葉広葉樹林の地理的分布を被害把握上十分な精度で評価できているものと考えられる。

6.2 関西 4 府県における落葉広葉樹林の衰退状況

空間推定結果から、各府県において低木層の被度が半減以上していると考えられる D2 以上の林分が 3~7 万 ha の規模で発生していることが示された (表-2)。また、低木層がほぼ消失したといえる D3 以上の林分もそれぞれ 1 万 ha 前後の規模で発生していることが示された。兵庫県内における SDR と土壌侵食の関係解析結果によると、低木層の衰退に起因すると考えられる土壌侵食は、SDR で D2 以上の地域内の急傾斜地の林分において主に発生していることが示されている²⁶⁾。以上のことを考えると D2 以上の林分の発生は、森林生態系機能の保全上問題のあるレベルの植生の衰退といえる。一方、2010 年度のシカによる民有林の人工林における林業被害面積は、兵庫県で約 119 ha、京都府で約 39 ha、滋賀県で約 235 ha、福井県で約 58 ha であることが報告されている。国有林における林業被害面積は不明であるが、4 府県とも人工林に占める国有林面積割合が 1 割に満たないことを考えると、上記の数値は概ね各府県の人工林における林業被害総面積を表しているといえる。そこで落葉広葉樹林における D2 以上の林分の発生をシカによる森林生態系被害と考え、その面積を林業被害面積と比較すると、兵庫県では少なくとも単年度のシカによる林業被害面積の 599 倍、京都府では 1,538 倍、滋賀県では 168 倍、福井県では 538 倍もの森林生態系被害が発生していることになる。森林生態系被害がこのような面積で発生していることは、調査地域において林業被害のみならず落葉広葉樹林の生態系機能保全のためのシカ対策も急務であることを示している。

4 府県の中で D2 以上の樹林域が広域的に分布している地域は、兵庫県本州部の中央部から丹後半島を除く丹後山地にかけての地域、京都・滋賀・福井県境部を中心とした丹波高地、鈴鹿山脈の 3 つであると推定される (図-2)。これらの山域には、氷ノ山那岐山後山国定公園、鈴鹿国定公園が含まれている。氷ノ山那岐山後山国定公園には、兵庫県の最高峰

である氷ノ山が含まれており、原生的な自然環境が兵庫県内で最も大面積に残存している森林域となっている^{18, 21)}。鈴鹿国定公園には、花の山として知られる藤原岳や御池岳、霊仙山、御在所岳などが含まれ、滋賀県内において特に植物の種多様性が高い森林域となっている²⁹⁾。また、京都府で特に植物の種多様性が高かつ最も原生的な自然環境が大面積に残存している京都大学芦生研究林³¹⁾もこれらの山域内にある。4 府県内の原生的な自然環境が比較的大面積で残存している森林域、或いは特に植物の種多様性が高い森林域のうち、現状で落葉広葉樹林へのシカによる影響が顕在化していない森林域は、伊吹山地と加越山地にほぼ限定される。しかし、このうち伊吹山地については、近年、伊吹山の希少草本植物群落においてシカの食害が認められるようになってきている (清水暢子氏私信)。以上のことは、既にこの地域内に残存している原生的な自然環境や植物の種多様性が高い地域の多くにおいて、シカの影響による森林構造の衰退や植物の種多様性の減少などが進んでいることを示唆している。実際に、氷ノ山山系や京都大学芦生研究林では、森林構造の衰退や植物の種多様性の減少が近年、著しく進んでいることが報告されている^{2, 7, 9, 10, 22, 25)}。

7. おわりに

本研究の結果から、シカによる森林生態系被害を広域スケールで評価する手法として、SDR を用いた手法は、関西 4 府県における汎用性が認められるうえ、関西 4 府県スケールでも有効な精度で被害を把握できる手法であることが示された。しかし、関西地方でも兵庫県の淡路島などでは、島内で常緑広葉樹林が卓越して分布している上、外観が落葉広葉樹林であっても林の内部は常緑広葉樹が優占する状況となっている。このためシカの影響がない場合でも落葉広葉樹林の低木層の発達が悪く、本手法を用いた評価が困難な地域となっている⁵⁾。全国スケールで見ると、淡路島や南日本のように常緑広葉樹林が卓越する地域や、北海道や東北地方、中部山岳地域のように亜高山性針葉樹林が少なからず存在する地域もある。これらの地域では落葉広葉樹林のみを対象にした本手法による被害評価は限定的にしか適用できないか、或いは他の被害指標を用いた方が適切である可能性もある。また、落葉広葉樹林の林床に不嗜好性植物やミヤコザサ *Sasa nipponica* Makino et Shibata のような採食耐性のある植物種が繁茂する地域では、低木層の被度の減少と他の森林衰退指標の悪化 (例えば、土壌侵食の激化など) が必ずしも連動しなくなる可能性が考えられるため、本手法を適用することには十分な注意が必要であろう。全国スケールでの本手法の汎用性や利便性については、以上のような適用に当たっての諸条件を植生タイプ毎に今後整理することによって、より明確となるであろう。

最後に、広域スケールで森林生態系保全を図っていくためには、シカの許容可能な生息密度水準を明らかにし、管理捕獲によってその水準までシカの生息密度を低減させる必要がある。狩猟者アンケートに基づくシカの目撃効率は、狩猟者

の協力さえ得られれば、調査のための特別なモニタリングを行わずに広域スケールでのデータの収集が可能となる。森林生態系保全のためのシカの許容可能な密度水準の分析を行ううえで、SDRと目撃効率を組み合わせたモニタリングは有効であることが示されている¹⁶⁾。このようにシカの生息密度と森林生態系被害の指標となるデータのモニタリングを、同一地域個体群を抱える近隣都府県間で連携して実施し、収集したデータを統合して地域個体群スケールで分析を実施することで、よりの確かなシカの管理目標値の設定と対策の推進が可能になるだろう。

謝辞：福井県農林水産部農林水産振興課及び福井県自然保護センターの水谷瑞希氏、滋賀県琵琶湖環境部森林政策課鳥獣対策室からは調査データの収集等でご協力頂きました。ここにお礼申し上げます。本調査の一部は、兵庫県立大学特別研究助成金、林野庁の野生鳥獣による森林生態系への被害対策技術開発事業の支援を受けました。

引用文献

- Fortin, M.-J. and Dale, M. (2005) Spatial Analysis. A Guide for Ecologists. 365 pp., Cambridge University Press, Cambridge.
- 藤井伸二 (2010) 芦生研究林枕谷におけるシカ摂食にともなう林床開花植物相の変化. 保全生態学研究 15: 3-15.
- 藤木大介 (2012 a) 兵庫県本州部の落葉広葉樹林における下層植生の衰退状況—2006年から2010年にかけての変化—。「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ4号, 兵庫県森林動物研究センター, pp. 17-31.
- 藤木大介 (2012 b) ニホンジカによる森林生態系被害の広域評価手法マニュアル。「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ4号, 兵庫県森林動物研究センター, pp. 2-16.
- 藤木大介 (2013) 淡路島におけるニホンジカの影響を受けた広葉樹林の地理的分布域の推定. 兵庫ワイルドライフレポート 2: 1-11.
- Fujiki, D., Kishimoto, Y. and Sakata, H. (2010) Assessing decline in physical structure of deciduous hardwood forest stands under sika deer grazing using shrub-layer vegetation cover. Journal of Forest Research, 15: 140-144.
- 藤木大介・岸本康誉・坂田宏志 (2011) 兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の動向と植生の状況. 保全生態学研究, 16: 55-68.
- Fujiki, D., Kishimoto, Y. and Sakata, H. (2012) Decline in physical structure of deciduous hardwood forests due to deer grazing: assessment of its impact on a regional scale using shrub-layer decline rank. In: Jenkins JA(ed) Forest decline: Causes and impacts, Nova Science Publication, New York, pp. 111-126.
- 藤木大介・高柳敦 (2008) 京都大学芦生研究林においてニホンジカが森林生態系に及ぼしている影響の研究—その成果と課題について—. 森林研究, 77: 95-108.
- 福田淳子・高柳敦 (2008) 京都府の多雪地におけるニホンジカ *Cervus nippon* Temminck の採食によるハイイヌガヤ *Cephalotaxus harringtonia* var. *nana* の衰退にみられる積雪の影響. 森林研究, 77: 5-12.
- 福井県 (2012) 第3期福井県特定鳥獣保護管理計画 (ニホンジカ). 福井県, 23 pp.
- 濱崎伸一郎・岸本真弓・坂田宏志 (2007) ニホンジカの個体数管理にむけた密度指標 (区画法, 糞塊密度および目撃効率) の評価. 哺乳類科学, 47: 65-71.
- 日野輝明・柴田淑二 (2009) シカとササの相互作用の動態にもとづく森林生態系管理. 「大台ヶ原の自然誌 森の中のシカをめぐる生物間相互作用」(日野輝明・柴田淑二編), 東海大学出版会, pp. 255-270.
- 兵庫県 (2012) 第4期シカ保護管理計画. 兵庫県, 24 pp.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2010) 自然環境保全基礎調査 動物分布調査 日本の動物分布図集. 環境省自然環境局生物多様性センター, 1070 pp.
- Kishimoto, Y., Fujiki, D. and Sakata, H. (2010) Management approach using simple indices of deer density and status of understory vegetation for conserving deciduous hardwood forest on a regional scale. Journal of Forest Research, 15: 265-273.
- 京都府 (2012) 特定鳥獣保護管理計画—ニホンジカ— (第4期). 京都府, 37 pp.
- 前田常雄・盛谷浩・本庄四郎 (2010) 但馬の森. 財団法人但馬ふるさとづくり協会, 108 pp.
- 三浦慎悟 (1999) 野生動物の生態と農林業被害. 全国林業改良普及協会, 174 pp.
- 中村和郎・木村竜二・内嶋善兵衛 (1996) 新版 日本の自然 ⑤ 日本の気候. 岩波書店, 262 pp.
- 中西哲・矢野悟道 (1967) 但馬山岳および音水・赤西溪谷地帯の群落とフロラ, 財団法人日本自然保護協会編, 氷ノ山・後山・那岐山国定公園候補地学術調査報告, 財団法人日本自然保護協会, pp. 63-92.
- 阪口翔太・藤木大介・井上みずき・山崎理正・福島慶太郎・高柳敦 (2012) ニホンジカが多雪地域の樹木個体群の更新過程・種多様性に及ぼす影響. 森林研究, 78: 57-69.
- 滋賀県 (2012) 滋賀県ニホンジカ特定鳥獣保護管理計画 (第2次). 滋賀県, 43 pp.
- Takatsuki, S. (2009) Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. Biological Conservation, 142: 1922-1929.
- 田中由紀・高槻成・高柳敦 (2008) 芦生研究林におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の採食によるチャマキザサ (*Sasa palmata*) 群落の衰退について. 森林研究, 77: 13-23.
- 内田圭・岸本康誉・藤木大介 (2012) 兵庫県本州部の落葉広葉樹林域におけるニホンジカによる土壌侵食被害の現状, 兵庫県森林動物研究センター研究部, 兵庫ワイルドライフモノグラフ4号「兵庫県におけるニホンジカによる森林生態系被害の把握と保全技術」, 兵庫県森林動物研究センター, pp. 71-90.
- 宇野裕之・横山真弓・坂田宏志 (2007) ニホンジカ個体群の保全管理の現状と課題. 哺乳類科学, 47: 25-38.
- Wackernagel, H. (1995) Multivariate geostatistics. 387 pp. Springer-Verlag, Berlin.
- 山と溪谷社 (2012) 花の百名山登山ガイド 下 (ヤマケイアルペンガイドNEXT). 山と溪谷社, 192 pp.
- 湯本貴和・松田裕之 (2006) 世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学. 文一総合出版, 212 pp.
- 渡辺弘之 (2008) 由良川源流 芦生原生林生物誌. ナカニシヤ出版, 168 pp.

(2013. 10. 23 受理)