

## シカによる剥皮害を受けた樹木の空間分布特性

### : 中間温帯林における事例

横井謙斗(三重大生資)・鳥丸猛・万木豊・木佐貫博光(三重大院生資)

中間温帯に位置する三重大学演習林の二次林において、シカの剥皮における嗜好性3樹種、不嗜好性3樹種、および剥皮害を受けた全樹種全個体を対象にそれらの分布様式と分布相関の変化を13年間調べた。嗜好性3樹種では個体数減少とともに分布が散在化した。不嗜好性3樹種では個体数の変動が少なく集中分布が維持された。不嗜好性3樹種はシカ剥皮害集団と排他的分布を示し、不嗜好性3樹種の剥皮害に対する忌避効果が考えられる。不嗜好性3樹種と嗜好性3樹種との排他的分布や、嗜好性3樹種の剥皮害率の高さから、不嗜好性3樹種の分布が嗜好性3樹種にとって剥皮害からの避難地となる可能性は低いと推察される。

キーワード：剥皮害、空間分布、K関数、嗜好性

#### I はじめに

近年、全国的なニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下シカ) 頭数の増加にともない、シカによる樹木の枝葉採食害や樹皮剥皮害 (以下剥皮害) が増加し、樹木個体群の衰退が各地で報告されている (8)。特に、剥皮害の発生要因は未だ不明な点が多く (2)、その発生環境を空間的に検討した例は少ない (4)。剥皮害の発生環境を把握し、被害の時間的・空間的な変化の過程を明らかにすることは、剥皮害の被害軽減を検討する上で重要である。

一般に、シカの食性には樹種選択性が存在し、樹皮剥皮においても存在する (2)。この樹種選択性から、シカの採食環境下においてシカの不嗜好性植物が群落を維持することが知られる (6)。不嗜好性植物群落の存在が、さまざまな植物種にとってシカの採食を免れる避難地となることで、被食に伴う植物多様性の低下を緩和している可能性が考えられている (5)。これと同様に、シカの不嗜好性植物と同所的に分布するシカの嗜好性植物は、シカの採食被害から回避できる可能性がある。しかし、森林樹木群集における不嗜好性植物の存在が植生を保護する効果を検討した例は少なく (5)、不嗜好性樹種のシカ剥皮害に対する忌避効果の時間的・空間的な変化については未解明である。

本研究は、不嗜好性樹種のシカ剥皮害に対する忌避効果の時間的・空間的な変化を把握し、嗜好性樹種に対するシカ剥皮害からの植生保護効果を検討することを目的とした。

#### II 材料と方法

三重大学生物資源学部紀伊・黒潮生命地域フィールドサイエンスセンター附帯施設演習林 (津市美杉町) の標高 680m 地点に 50m×50m (0.25 ha) の調査区が 2001 年に設置された。調査区は中間温帯に属し、モミ、ツガ、イヌブナが構成する針広混交林の伐採後に成立した二次林である。

2001 年、調査区に出現した胸高直径 (DBH) 1cm 以上の樹木個体を対象に、DBH、樹高、位置座標の測定、樹種の同定を行った。DBH の再測定を 2001 年から原則として 2 年おきに 2014 年まで実施した。また、各幹を対象としたシカなどによる剥皮害の確認を調査年ごとに行った。調査実施年度の剥皮害と調査実施年以前の古い剥皮害の判別については、前回調査時での剥皮害の有無に加えて、剥皮部位の変色や肥大生長による樹皮の巻き込みの度合いによって行った。解析対象として、調査区に出現した個体を嗜好性3樹種、不嗜好性3樹種、シカ剥皮害集団の3つの樹木群を設定した。嗜好性3樹種は、出現樹種のうち調査期間に剥皮害を受けた本数の上位3樹種であるモミ、シロダモ、スギとした。不嗜好性3樹種は、出現樹種のうちシカの不嗜好性が強い (3) とされるアセビ、シキミ、ツガの3樹種とした。これらの区分によらず、剥皮害が確認された樹木個体全てをシカ剥皮害集団とした。今回、シカによる剥皮害には、幹への角擦りを含めた。これらの区分において、嗜好性3樹種または不嗜好性3樹種でシカ剥皮害を受けた個体については、解析手法ごとに異

なる取り扱いを行った。

各樹木群の空間分布特性の解析には、Ripley の K 関数法を用いた。K 関数は、ある点分布の集団が任意の範囲の距離において統計的に有意な集中型分布または規則型分布を示すかを解析する手法であり、面域境界に近い点を受ける境界影響を補正して計算することができる。この方法では、点分布が一変数の場合は点分布集団の分布様式を、二変数の場合は点分布集団間の分布相関を検定することができる(9)。今回、一変数の K 関数を用い、嗜好性 3 樹種、不嗜好性 3 樹種、シカ剥皮害個体の各分布様式の検定を調査年ごとに行った。一変数の K 関数では、嗜好性 3 樹種と不嗜好性 3 樹種からシカ剥皮害個体を除かず、シカ剥皮害集団には嗜好性 3 樹種と不嗜好性 3 樹種のシカ剥皮害を受けた全ての個体を含めた。また、二変数の K 関数を用い、嗜好性 3 樹種、不嗜好性 3 樹種、シカ剥皮害集団の各群間における分布相関検定を調査年ごとに行った。二変数の K 関数の実施において解析対象となる 2 群内に重複する個体がある場合、結果に偏りが生じるため、分布相関検定では重複する個体を無くす必要がある。そのため、嗜好性 3 樹種と不嗜好性 3 樹種間の分布相関検定では、シカ剥皮害を受けた個体をそれぞれの樹種群に含めたが、嗜好性 3 樹種とシカ剥皮害集団ならびに不嗜好性 3 樹種とシカ剥皮害集団間の分布相関検定においては、嗜好性 3 樹種、不嗜好性 3 樹種のシカ剥皮害個体はそれぞれの樹木群に含めなかった。両 K 関数を実行する検定距離を 0m から 16m までとし、0.2m 間隔における K 統計量を求めた。観測値から得られた K 統計量の統計的有意性を決定するために、ランダムな点配置を行うモンテカルロシミュレーションを 1000 回実行し、シミュレーションによって得られた K 統計量の推定値を得た。得られた K 統計量の推定値の最大値から 25 番目の値を 95%信頼区間における K 統計量の上限値とし、最小値から 25 番目の値を 95%信頼区間における K 統計量の下限値として K 統計量の信頼区間を得た。一変数の K 関数では、観測値から得た K 統計量が信頼区間に収まる場合、点分布の集団はランダム分布であるという帰無仮説が棄却されず、点分布の集団がランダム分布であることを示す。また、観測値から得られた K 統計量が信頼区間の上限値を上回った場合、帰無仮説が棄却され、点分布の集団は集中分布を示し、信頼区間の下限値を下回った場合、帰無仮説が棄却され、点分布の集団は規則型分布を示す。二変数 K 関数では、観測値から得た K 統計量が信頼区間に収まる場合、点分布の集団間は独立分布であるという帰無仮説が棄却されず、点分布の 2 集団が独立

分布であることを示す。また、観測値から得られた K 統計量が信頼区間の上限値を上回った場合、帰無仮説が棄却され、点分布の 2 集団は同所的分布を示し、信頼区間の下限値を下回った場合、帰無仮説が棄却され、点分布の 2 集団は排他的分布を示す。これらの検定によって得られた K 統計量の有意性に関する結果は、各集団の点分布からの距離を近距離 (I : 0m 以上 4m 未満, II : 4m 以上 8m 未満) と遠距離 (III : 8m 以上 12m 未満, IV : 12m 以上 16m 未満) を判断するために 4 区分に分けて示した。

### III 結果

#### 1. 樹木個体数とシカ剥皮害率の経年変化

調査区に出現した全樹種の総出現個体数は調査開始年から継続的に減少した(図-1)。嗜好性 3 樹種の個体数は減少したが、不嗜好性 3 樹種では個体数の減少が顕著ではなかった(図-1)。また、調査区における全樹種の総出現個体数に対するシカ剥皮害個体総数の割合を全樹種におけるシカ剥皮害率として調査期間ごとに算出した。さらに、嗜好性 3 樹種、不嗜好性 3 樹種の個体数に対する各樹種群内のシカ剥皮害個体総数から 2 つの樹種群におけるシカ剥皮害率を同様に算出した。総出現個体についてのシカ剥皮害率は 2009 年から増加を示した(図-2)。嗜好性 3 樹種におけるシカ剥皮害率は総出現個体のものと同じ変動パターンを示し、2014 年には 9.6% に達した(図-2)。不嗜好性 3 樹種におけるシカ剥皮害率は他の値よりも低く 2009 年まで 0% であったが、2011 年以降は 2.5% 以上を示した。(図-2)。

#### 2. 各樹木群の空間分布

嗜好性 3 樹種の分布様式をみると、調査開始以降は集中分布を示していたが 2014 年にはランダム分布を示した(表-1)。一方、不嗜好性 3 樹種は全期間を通してほとんど全ての距離区間で集中分布を示した(表-1)。シカ剥皮害個体は 2007 年と 2011 年に一部の距離区間で集中分布を呈したものの、それ以外ではランダム分布を呈した(表-1)。

分布相関をみると、嗜好性 3 樹種とシカ剥皮害集団の群間では、2003 年、2007 年、2011 年に排他的分布を、2014 年に同所的分布を示し、これら以外では独立分布を呈した(表-2)。一方、不嗜好性 3 樹種とシカ剥皮害集団の群間では、有意差が得られた距離区間にばらつきがみられるものの、全期間を通して排他的分布を示した(表-2)。嗜好性 3 樹種と不嗜好性 3 樹種との分布相関では、全期間を通して排他的分布であった(表-2)。

#### IV 考察

##### 1. 樹木集団に対するシカ剥皮害の影響

一般に、シカの生息密度が高い地域において、シカの嗜好性が高い植物種の個体数は減少することが知られる(1)。また、シカの不嗜好性植物種は、シカの採食環境下においても群落を維持することが知られる(6)。今回、嗜好性3樹種の個体数は年々減少し、剥皮害率は2011年から増加した。また、この3樹種の分布様式は集中分布からランダム分布に変化した。これらのことから、嗜好性3樹種が集中していた場所では、剥皮害などによる枯死によって樹木個体数が減少することに伴って、分布が散在化し、ランダム分布になった可能性がある。一方、不嗜好性3樹種は、経年に伴う個体数の増減が顕著ではなく、剥皮害率は嗜好性3樹種と比較して低かったことから、この3樹種はシカによる影響をほとんど受けていないと推測される。また、不嗜好性3樹種には分布様式の変化がみられず、シカ剥皮害集団との間には全期間を通して分布に排他的関係がみられた。これらのことから、不嗜好性3樹種では剥皮害が発生しにくく、不嗜好性3樹種の剥皮害に対する忌避効果が推察される。

##### 2. 不嗜好性植物による植生保護効果

不嗜好性植物群落の生態系保全効果について検証した事例において、不嗜好性植物種の優占により草食獣の採食圧が低下し、植物種の多様性が維持されたと報告がある(5)。このような不嗜好性植物が他の植物種にもたらす効果は「避難地効果」と呼ばれる(5)。この事例では、伐採跡地および牧場跡地に生育する不嗜好性植物であるイワヒメワラビが優占する草本層で様々な植物種の生存確率が高いことから、イワヒメワラビによるシカの枝葉採食に対する避難地効果の可能性が示唆された。イワヒメワラビが優占する草本層では、不嗜好性植物の採食害に対する忌避効果に伴ってシカの採食圧が低下し、不嗜好性植物が草本層に存在する植物種を保護する効果が高まったと考えられる(5)。しかし、不嗜好性でない植物種が草本層の高さを超えて生長した場合、不嗜好性植物の他の植物種を保護する効果が低下し、不嗜好性でない植物種に対するシカの採食圧は増加する(7)。

イワヒメワラビ群落の事例では、草本層で群生する最も丈が高いイワヒメワラビの採食害に対する忌避効果に伴って、より低い他の植物種を保護する効果がみられた(5)。一方、DBH1cm以上の幹を対象とした本研究では、不嗜好性植物が嗜好性植物を保護することは難しいと推測される。また、不嗜好性

3樹種と嗜好性3樹種は同所的に分布しておらず、不嗜好性植物が嗜好性植物を剥皮害から保護することは難しいと推測される。これらのことから、不嗜好性3樹種の剥皮害に対する忌避効果は示唆されたものの、不嗜好性植物の分布が嗜好性植物にとって剥皮害からの避難地となる可能性は認められず、不嗜好性植物の存在によって嗜好性植物の幹が保護される可能性は低いものと推察される。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、三重大学生物資源学部紀伊・黒潮生命地域フィールドサイエンスセンター附帯施設演習林職員の皆様には調査にあたり様々な便宜を図っていただきました。三重大学生物資源学部森林保全生態学研究室の皆様には調査に協力していただきました。これらの方々に深謝の意を表します。

#### 引用文献

- (1) Akashi N, Nakashizuka T (1999) Effects of bark-stripping by Sika deer (*Cervus nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *For Ecol Manage* 113: 75-82
- (2) 安藤正規・柴田勲弼 (2006) なぜシカは樹木を剥皮するのか? . 日林誌 88: 131-136
- (3) 橋本佳延・藤木大介 (2014) 日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト. *人と自然* 25: 133-160
- (4) 井上友樹・宮島淳二・村上拓彦・光田靖・吉田茂二郎・今田盛生 (2005) 熊本県におけるニホンジカによる人工林剥皮害の発生確率予測モデル. 日林誌 87: 111-116
- (5) 石田弘明・服部保・小館誓治・黒田有寿茂・澤田佳宏・松村俊和・藤木大介 (2008) ニホンジカの強度採食下に発達するイワヒメワラビ群落の生態的特性とその緑化への応用. *保全生態学研究* 13: 137-150
- (6) 高槻成紀 (1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. *日生態会誌* 39: 67-80
- (7) Takatsuki S, Gorai T (1994) Effects of Sika deer on the regeneration of a *Fagus crenata* forest on Kinkazan Island, northern Japan. *Ecol Res* 9: 115-120
- (8) Takatsuki S (2009) Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biol Conserv* 142: 1922-1929
- (9) 谷村晋 (2010) R で学ぶデータサイエンス7 地理空間データ解析. 共立出版

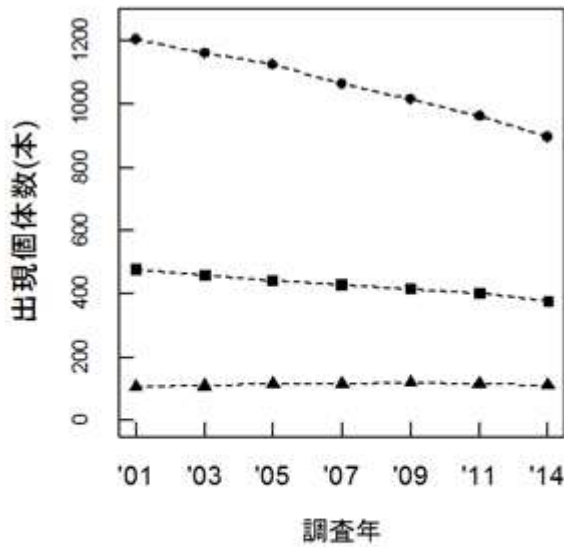


図-1. 各樹木群の出現個体数の推移  
 ●：総出現個体，■：嗜好性3樹種，▲：不嗜好性3樹種．本数は0.25haの値．

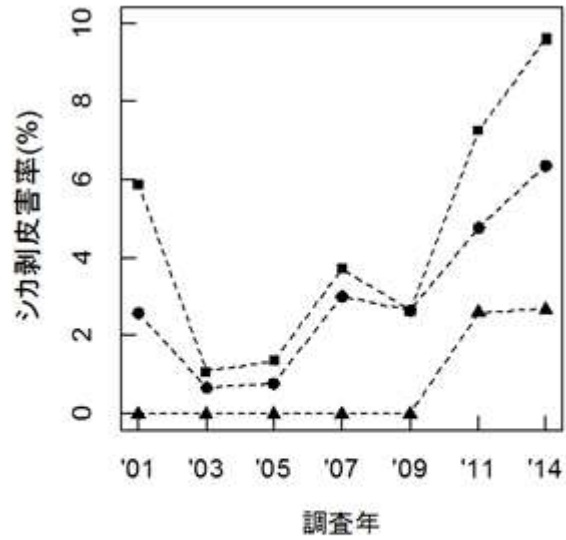


図-2. 各樹木群におけるシカ剥皮害率の推移  
 ●：総出現個体，■：嗜好性3樹種，▲：不嗜好性3樹種．

表-1. 各樹木群の分布様式

調査年	嗜好性3樹種	不嗜好性3樹種	シカ剥皮害集団
2001	C[I, II, III, IV]	C[I, II, III, IV]	R
2003	C[I, II, III, IV]	C[I, II, III]	R
2005	C[I, II, III, IV]	C[I, II, III, IV]	R
2007	C[II, III, IV]	C[I, II, III, IV]	C[I, II]
2009	C[II]	C[I, II, III, IV]	R
2011	C[II, III]	C[I, II, III, IV]	C[II, III]
2014	R	C[I, II, III, IV]	R

R：ランダム分布，C：集中分布．[]内は有意な距離区間（I：0m以上4m未満，II：4m以上8m未満，III：8m以上12m未満，IV：12m以上16m未満）を示す．

表-2. 各樹木群間における分布相関

調査年	無剥皮害の嗜好性3樹種 ×シカ剥皮害集団	無剥皮害の不嗜好性3樹種 ×シカ剥皮害集団	全ての嗜好性3樹種 ×全ての不嗜好性3樹種
2001	I	E[I, II, III, IV]	E[I, II, III, IV]
2003	E[I]	E[II]	E[I, II, III, IV]
2005	I	E[II]	E[I, II, III, IV]
2007	E[I]	E[I, II, III, IV]	E[I, II, III, IV]
2009	I	E[I]	E[I, II, III, IV]
2011	E[II, III, IV]	E[I, II, III]	E[I, II, III, IV]
2014	S[III]	E[I, II, III]	E[III, IV]

I：独立分布，E：排他的分布，S：同所的分布．[]内は表-1と同様の距離区間を示す．