



Title	シカの高密度生息地で観察された土石流後の植生回復 : 屋久島西部照葉樹林での事例
Author(s)	揚妻, 直樹; 揚妻-柳原, 芳美
Citation	保全生態学研究, 23, 145-153
Issue Date	2018
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70871
Type	journal article
File Information	JJCE23_145-153.pdf



シカの高密度生息地で観察された土石流後の植生回復： 屋久島西部照葉樹林での事例

揚妻 直樹¹・揚妻一柳原 芳美²

¹北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター

²Waku Doki サイエンス工房

Regeneration of natural vegetation under high sika deer density after a mudslide in a warm
temperate evergreen forest in Yakushima, Japan

Naoki Agetsuma¹ and Yoshimi Agetsuma-Yanagihara²

¹Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

²Waku Doki Science Planning

¹〒053-0035 北海道苫小牧市字高丘 北海道大学 苫小牧研究林

Tomakomai Experimental Forest, Hokkaido University, Takaoka, Tomakomai City, Hokkaido 053-0035, Japan

e-mail : agetsuma@fsc.hokudai.ac.jp

要 旨

屋久島西部の照葉樹林にはニホンジカが非常に高い密度で生息している(100~350頭/km²)。1996年7月にこの地域の急峻な谷で大規模な土石流が発生し、幅数10m、長さ約1kmに渡る植生が、土壌ごと海まで流されて消失した。我々はその後の植生回復状況を把握するため、2007年にこの谷の二ヶ所に半径3mの円形調査区を設置し、つる植物を除く木本植物を対象に高さ5~30cm、30~150cm、150cm以上の個体数、および150cm以上の個体の胸高断面積を計測した。植生構造の変化を把握するため、同様の調査を2011年と2017年にも実施した。土石流発生以降、二つの調査区ともに高さ5~30cmの個体数、150cm以上の個体数、および胸高断面積合計が増加傾向にあることが解った。ただし、調査区内には枯死したカンコノキが数本あった。さらに2017年には、その谷を横断するように幅2mのベルトトランゼクトを3本(長さ16、28、40m)設置して植生を調査した。ベルト内の植物のうち、シカの採食圧に曝される高さ150cm未満の種の被度とシカ採食痕の有無、高さ150cm以上の種の個体数と樹高を記録した。ベルト内の植被度は平均8割で、大きな岩上や流路を除き植物に覆われていた。ベルト内にはシダ植物11種以上、草本植物8種、木本植物39種(つる植物含む)が定着しており、そのうち51種がシカの採食植物で、そこには嗜好種が16種含まれていた。また、高さ150cm以上に生長した木本植物は21種確認され、20種がシカの採食植物であり、そのうち9種は嗜好種(カラスザンショウ、ムラサキシキブ、ヤクシマオナガカエデなど)

だった。これらの個体の一部は高さ5m以上に達していた。シカの採食痕はベルトのほとんどの場所で見つかり、シカはこの谷を広く採食場所に使っていたことが示された。本調査地では植生が土壌ごと完全に失われた後にシカの嗜好種を含む植物種が定着し、生長していたことから、自然植生が回復しつつあると考えられた。ただし、この植生が今後どのように遷移していくかについては長期的な調査によって検証する必要がある。

キーワード：採食圧、嗜好種、植生遷移、森林ギャップ、稚樹

Abstract

We report a case of natural vegetation regeneration after a mudslide, under conditions of extremely high deer population density. In 1996, a large mudslide completely removed vegetation and soil in a valley within an evergreen broadleaf forest in Yakushima, Japan, that was densely inhabited by sika deer (*Cervus nippon yakushimae*; 100–350 individual/km²). We conducted surveys at two plots (28.3 m²) in 2007, 2011, and 2017 in the valley. The number of saplings 5–30 cm and trees ≥ 150 cm in height, and the total basal area increased in the plots after the mudslide. In 2017, we established three belt transects (width: 2 m; lengths: 16, 28, and 40 m) across the valley, counted trees of each species ≥ 150 cm, and recorded the coverage of each plant species < 150 cm that was exposed to deer feeding pressure. The vegetation consisted of ≥ 11 ferns, 8 herbaceous plants, and 39 woody plants; of these, at least 51 species were food species, including 16 that were palatable to deer. These results suggest that natural vegetation gradually recovers despite very high feeding pressure from deer. Further surveys should identify the vegetation that ultimately establishes in this forest.

Keywords: feeding pressure, forest gap, palatable plant, sapling, vegetation succession

はじめに

ニホンジカ *Cervus nippon* の生息密度が高まると、シカの嗜好植物の減少、実生・稚樹の減少を通じた森林構造の改変、さらには森林の草原化が起きることが報告されてきた

(Takatsuki and Gorai 1994 ; Tsujino and Yumoto 2004 ; 藤木ほか 2006 ; Ando et al. 2006 など)。全国的なシカ個体群の回復に伴い(揚妻 2013)、このような植生の“衰退”(藤木ほか 2006)は各地で報告され、生態系保全上の問題と見なされている(湯本・松田 2006 ; 依光 2011など)。その一方で、何らかの要因によって衰退あるいは破壊された植生が、シカ密度が高い地域において回復した事例については、これまでほとんど情報がなかった。しかし今回、我々はシカ密度が非常に高い環境下であって、いったん消失した植生が回復しつつあると考えられる事例を発見した。

本研究の調査地である屋久島西部の照葉樹林にはシカが極めて高密度に生息している（Koda et al. 2011； 揚妻・揚妻－柳原 2015； 揚妻ほか 2016）。この地域のホトケ谷と呼ばれる急峻な谷では1996年に土石流が発生し、植生が土壌とともに完全に消失した。ところがその後、シカの嗜好種を含む植物がこの谷に定着していることが解った。そこで本論文では、その植生の構造と回復過程について報告する。本事例はシカ密度が高い生態系における森林更新メカニズムを考える上で多くの示唆を与えるものといえる。

方 法

調査地

調査は屋久島西部・世界自然遺産地域内の半山地区で行った（30.4° N, 130.4° E: 図1）。この地域の年間降水量は2600mm、年平均気温は21℃で、一帯には照葉樹林が広がっている（田川 1980）。半山地区南部のホトケ谷と呼ばれる急峻な谷には鬱蒼とした植生が成立していたが、1996年7月に発生した土石流により（揚妻 personal observation； 南日本新聞 1996）、長さ約1km、幅数10mにわたって植物が土壌ごと海まで流され、植生が完全に消失した（図2左）。その後、徐々に定着する植物が増加し、2016年までには地表部の多くが植生に覆われるに至った（図2右）。

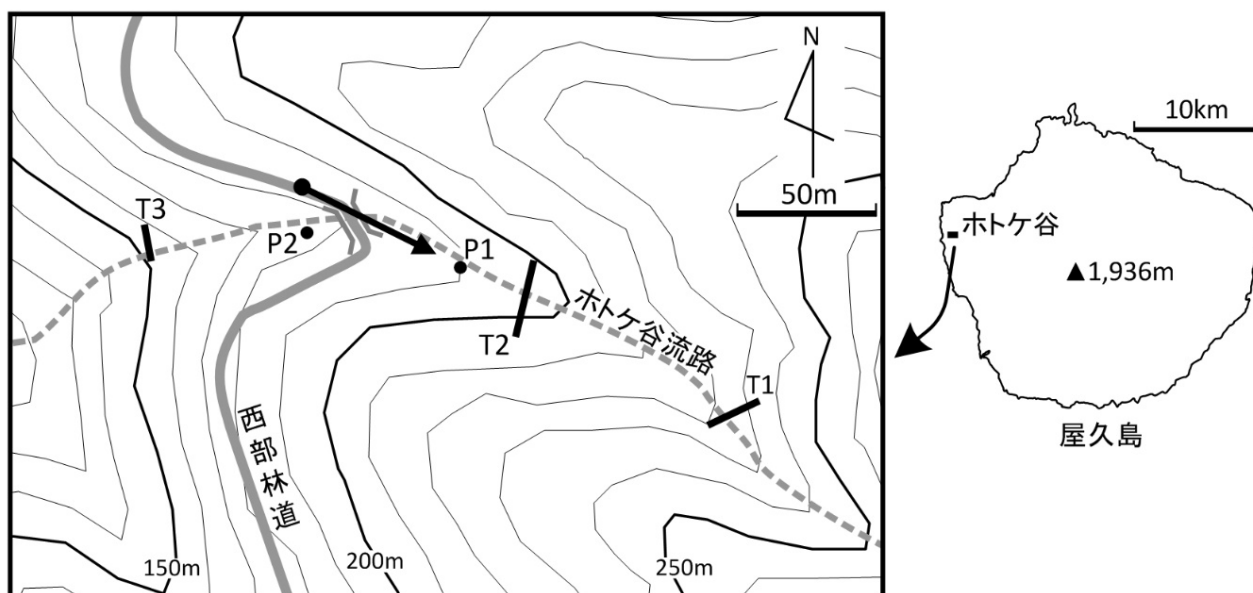


図 1. 調査地。1996年に土石流が発生した屋久島西部地域のホトケ谷。植生調査を行った円形調査区（P1、P2）およびベルトトランゼクト（T1～T3）の位置を示す。通称“西部林道”の正式名称は鹿児島県道上屋久永田屋久線。地図内の矢印は図2の撮影地点と方向を示す。

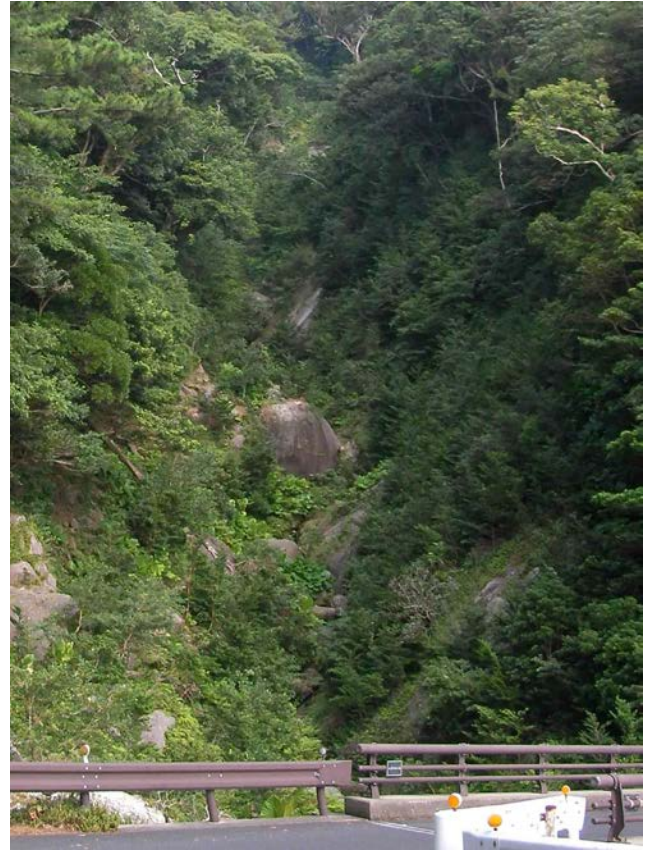


図 2. 屋久島西部地域のホトケ谷の植生景観。左は 1996 年 7 月に撮影した土石流直後の状態、右は 2016 年 8 月の状態。

本調査地には屋久島と口永良部島固有のニホンジカ亜種であるヤクシカ *C. n. yakushimae* が生息している。ニホンジカの中で最も小型に進化しており（Whitehead 1993 ; Terada 2012）、調査地におけるシカの体重は成体メスで 20kg、成体オスで 30kg 程度である（Agetsuma et al. 2011）。90% 固定カーネル法による行動域面積は成体メスで平均 12ha、成体オスで平均 36ha とニホンジカとしては狭く、季節移動も見られない（揚妻ほか 2005）。本調査地のシカは食物の 7 割程度を落ちた葉や果実・種子に依存しているが、3 割程度は木本・シダ・草本の生葉や芽を採食する（Agetsuma et al. 2011）。特に開けた場所では下層植生を採食することが多い。土石流後のホトケ谷にもシカがよく訪れ、採食する姿が頻繁に目撃されてきた（揚妻ほか personal observation ; 幸田 personal observation など）。調査地付近では様々な手法でシカの密度が調査されており、推定密度は 40～70 頭以上/km²（Agetsuma et al. 2003）、100～110 頭/km²（Koda et al. 2011）、160～310 頭/km²（揚妻・揚妻-柳原 2015 ; 揚妻ほか 2016）、160～350 頭/km²（平成 27 年度、環境省・林野庁・鹿児島県資料）と、ニホンジカの生息地としては非常に密度が高いといえる。なお、ライトセリセンスによる経年調査の結果から、屋久島西部地域のシカ生息密度は 2006 年以降、安定していることが示唆されている（川村・幸田 2017）。

土石流後21年間の植生構造変化

1996年の土石流以降の植生構造の変化を把握するために、当時植被が完全に無くなった標高約190mと約175mの二か所において、2007年11月に半径3mの円形調査区（28.3m²）を設置した（図1）。一か所はその時点で比較的に植物が繁茂した場所（P1）、もう一か所は植物体が少なかった場所（P2）を選んだ。これらの調査区内のシダ植物（複数種含む）の被度（%）と、高さ5～30cmおよび30～150cmの木本種の個体数をそれぞれ記録した。また、高さ150cm以上の木本種については胸高直径あるいは胸高周囲長を計測して、胸高断面積を算出した。同様の調査を2011年8月と2017年4月にも実施した。また、2017年にはシカの食痕の有無も植物種ごとに記録した。ただし、つる植物については個体数の把握が難しかったため、今回の分析からは除外した。

土石流後21 年目の植生

2017年4月にホトケ谷を横断するように北斜面から南斜面へ3本のベルトトランゼクトを、それぞれ標高約225m（T1）、約200m（T2）、約155m（T3）に設置した（図1）。これらの地点では、土石流に流された部分かどうかを土石流直後の写真との照合（図2左）、林冠の連続性、斜度の変化などから判断した。T1（長さ28m）の北端は、土石流前から生育していたと思われる樹木の樹冠下で、地表部が土石流に流された場所に設定した。南端は対岸斜面の下部とした。なお、その先の斜面上部は土石流後に定着したウラジロ *Gleichenia japonica* Spreng. が一面を覆っていた。この密集したウラジロより高い木本植物は斜面上部までほとんど見られなかった。T2（40m）の両端は、地表部は概ね土石流に流されたものの、土石流前から生育していたと思われる樹木の樹冠下に設定した。T3（16m）の北端も地表部が土石流に流された場所に設定した。南端は流路の南側約3mとし、その先は傾斜が60°以上の岩崖となっていた。ベルトの幅を2mとし、斜面距離で4mごとに分割してサブベルトとした。その2×4mのサブベルトごとに、土石流後に定着した植物を調べた。なお、T1にはベルト外の斜面上方からベルト上に樹冠を張り出していたアカメガシワ *Mallotus japonicus* Muell. Arg. 2個体とハマセンダン *Euodia meliifolia* (Hance) Benth. 1個体があった。またT2の南端付近には胸高直径16cmのイスノキ *Distylium racemosum* Sieb. et Zucc. 1個体が生えていた。これらは土石流以前から生えていた可能性があったと判断し、調査対象から外した。

サブベルトごとに北斜面から長軸方向の斜度をクリノメータで計測し、また全体の植被度を目測した。次にシカの採食圧に曝される高さ150cm未満の木本植物について種ごとに被度を記録した。シダ植物・単子葉類・双子葉類についても出来るだけ種ごとに被度を計測した。被度は、+: 1%以下、I: 1～10%、II: 10～25%、III: 25～50%、IV: 50～75%、V: 75～100%の6段階に分けた。次に高さ150cm以上の植物種および高さを記録し、高さ5m未満と5m以上に分けた。なお、根元がサブベルトに入っていなくても、枝の一部がサブベルトに含まれている個体は調査対象とした。複数のサブベルトに含まれていた個体については、最も高い枝が含まれたサブベルトのみで記録した。木の高さはサブベルト内で最も高い部分で計測した。植物体にシカの食痕が明らかに認められた場合にのみ、その旨を記録した。

また、調査期間中にベルトトランゼクト外のホトケ谷で土石流後に定着した植物種（木本の場合は高さ5cm以上に生長した個体）を発見した場合には、なるべく記録するように努めた。さらに、シカによる食痕の有無も確認した。

シカの採食植物

ベルトトランゼクトで記録した植物種がシカの採食植物かどうかについて検討した。まず、本調査中にホトケ谷でシカの食痕が見つかった種は採食植物とした。また、Agetsuma et al. (2011) での記載および当該地域での筆者らの観察（揚妻ほか personal observation）において、シカが生葉や芽、緑色の落葉を採食するのを確認した種も含めた。さらに、林野庁・九州森林管理局（2012）がウェブサイトで公開している「ヤクシカ好き嫌い植物図鑑」において、ヤクシカの採食植物とされている種も含めた。この図鑑では植物種をヤクシカが「好き」「中間」「嫌い」に分類している。しかし、嗜好の度合いの判断については、この図鑑の参考文献が必ずしも網羅的でないこと、参考文献間で調査方法や精度に違いがあると考えられること、嗜好性には島内の地域的な変異が指摘されていることなどから、本調査地におけるシカの嗜好性が正確に反映しきれていない面がある。しかし、少なくとも「好き」に分類されている種については屋久島の植物種の中において比較的嗜好性が高いと見なし、本研究では嗜好種と見なした。なお、同じ植物種でも部位（新葉・成葉・樹皮など）によって嗜好性の分類が異なっていた場合は、いずれかの部位で「好き」と分類された種を嗜好種とした。この図鑑でのヤクシカの嗜好性については、林野庁・九州森林管理局・屋久島森林生態系保全センター（2016）に一部が掲載されている。

結 果

土石流後21年間の植生構造変化

2017年時点において、二つの円形調査区に定着していた高さ5cm以上の木本樹種は13種（つる植物3種を除く）だった（表1）。種同定できた植物種はすべてがシカの採食植物であり、7種については本調査でもシカの食痕が確認された。調査区内に定着していた主なシダ植物はコシダ *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw.・タマシダ *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl・コバノカナワラビ *Arachniodes sporadosora* Kunze・ホソバカナワラビ *A. aristata* (G. Forst.) Tindaleだった。これらのシダ植物についても少なくともどちらかの調査区でシカの食痕が確認された。

この二つの調査区について、1996年以降の植物量の変化を図3に示す。2007年時点で比較的多くの植物が定着していたP1では高さ30～150cmの木本個体数とシダ被度は、いったん増加した後、減少していた。これに対し、高さ5～30cmおよび150cm以上の個体数は増加していた。また、総胸高断面積合計（BA）も増加傾向にあった。回復が遅れていたP2では高さ5～30cm、150cm以上の個体数、BAおよびシダ被度で増加傾向が見られた。なお、このプロットでは2017年の調査時にカンコノキ *Glochidion obovatum* Siebold & Zucc. 4本（高さ

65～105cm) が枯死しているのを確認した。2017年における円形調査区内の高さ5cm以上の木本個体密度は100m²あたりに換算すると平均244個体、100cm以上は85個体、150cm以上は60個体であった。

表1 1996年に土石流が発生した屋久島西部地域・ホトケ谷内の円形調査区に2017年時点で定着していた樹種、個体数および胸高断面積(BA cm²)

種名	採食種 ^a	P1				P2			
		5-30cm	30-150cm	≥150cm	BA	5-30cm	30-150cm	≥150cm	BA
ヒサカキ	f	6	2	21	137.9	5	13	7	12.7
カンコノキ	f		1	1	10.8	3	4	1	10.2
ハマヒサカキ	f	1	2	2	2.8	6	2	1	1.8
ヤマモモ	Pf							1	0.6
サクラツツジ	f	5	3			26			
リュウキュウイチゴ	f	1				11	1		
ハウロクイチゴ	Pf	3	1						
アブラギリ	f						2		
ヤブツバキ	f		2						
クロキ	f						1		
イスノキ	Pf		1						
バリバリノキ	f	1							
木本不明種		1							
合計		18	12(6) ^b	24	151.5	51	23(8) ^b	10	25.3

a. fは本調査で食痕が確認された種、あるいは九州森林管理局 (2012)、Agetsuma et al. (2011)、揚妻ほか (personal observation)で採食が確認された種、Pfは九州森林管理局 (2012)でヤクシカが「好き」とされた種。
b. カッコ内はこのクラスのうち高さ100cm以上の個体数。

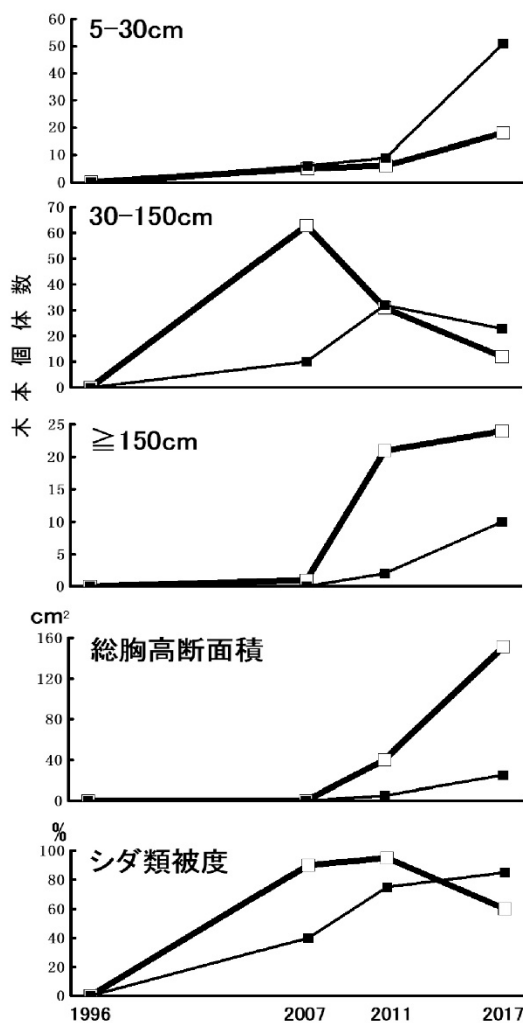


図3. 屋久島西部地域のホトケ谷内の土石流跡地に設置した円形調査区における各樹高層の木本個体数・総胸高断面積・シダ類被度の経年変化。□がP1、■がP2。

土石流後21年目の植生

3本のベルトトランゼクト内の全21本のサブベルトの長軸方向の斜度は平均28°だったが、場所によって大きく異なっていた（表2）。サブベルトの植被率は平均8割で、大きな岩上や流路以外はほとんど植物に覆われていた。また、17サブベルトでシカの食痕が確認された。ただし、食痕が不明瞭な場合は記録しなかったため、食痕が記録されなかったサブベルトでも実際にはシカが採食していた可能性がある。3本のベルトトランゼクト内には合わせてシダ植物11種以上、草本8種、木本39種が定着していた（表2；表3）。それらのうち51種がシカの採食植物であり、これらには嗜好種が16種含まれていた。

高さ150cm以上に生長していたのが確認できたのは100個体、21種（内、つる植物1種、半寄生植物1種）で、うち98個体、20種が採食植物だった。これらにはカラスザンショウ *Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc. やムラサキシキブ *Callicarpa japonica* Thunb.、ヤクシマオナガカエデ *Acer morifolium* (Koidz.) Hatus. など9種の嗜好種が含まれており（表3）、10個体は高さ5m以上に生長していた。

なお、ベルトトランゼクトおよび円形調査区外では土石流後に、いずれも採食種であるエゴノキ *Styrax japonica* S. Watson、ハマニンドウ *Lonicera affinis* Hook. et Arn.、フカノキ *Schefflera octophylla* (Lour.) Harmsが定着していた。

考 察

屋久島西部地域ではシカの採食圧や踏み荒らしにより、実生定着が阻害されていることが指摘されている（Tsujino and Yumoto 2004）。しかし、それは閉鎖林冠下で観察された現象であった。森林が維持されるかどうかという観点に立てば、ギャップが形成された後に修復されるかが重要である。本研究により、大きな森林ギャップでは、シカ密度が非常に高くても自然植生が回復しつつあることが示された。

本調査区は急勾配で雨量も多いため、土砂が移動しやすいだろう。さらに、シカの採食から逃れられるレフュージア（退避地）でもない。そのため、植物が定着するには条件が厳しい場所と考えられた。しかしながら、シカの嗜好種を含む多くの植物が定着・生長し、一部はシカの採食を逃れられる高さに達していた（表1；表3）。植生が回復した主な要因としては、光条件に恵まれていたことが挙げられる。光環境の向上が植物に対する有蹄類の影響を様々なメカニズムを通じて軽減することが解っている（Coley et al. 1985；Rosenthal and Kotanen 1994；Close and McArthur 2002；Takafumi et al. 2010）。このことから、シカが生息する生態系では、大きな森林ギャップの形成が森林更新に深く関わっていることが示唆される。

表2 1996年に土石流が発生した屋久島西部地域・ホトケ谷に設置したベルトトランゼクトに2017年時点で定着していた高さ150cm未満の植物種の被度

ベルトトランゼクト						T1 (2x28m)								T2 (2x40m)										T3 (2x16m)						
サブベルト						1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	3-1	3-2	3-3	3-4				
斜度 ^a						-28	-42	-23	-22	-38	+33	+18	-31	-42	-10	+4	+40	+38	+37	+41	+34	+35	-17	-2	+1	+62				
全体被度						V	V	V	V	V	V	V	V	V	IV	III	II	V	V	V	V	V	V	IV	IV	IV	V			
サブベルト内の食痕の有無						+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-				
和名	学名	生活型	採食種 ^b	食痕	採食情報																									
コシダ	<i>Dicranopteris linearis</i>	シダ	f	+	*1-3			+	V	V	V	I	I				I	III					I	III	+	III				
タマシダ	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	シダ	f	+	*1,2	I	II	I	+								+	I				I								
ナチシダ	<i>Pteris wallichiana</i>	シダ	f	+	*1,2	I							I	III	I		+	+			I	I								
ウラジロ	<i>Gleichenia japonica</i>	シダ	f		*1,2					II	I	V														I				
コバノカナワラビ	<i>Arachniodes sporadosora</i>	シダ	f	+	*1-3			+	I								I					I								
ホソバカナワラビ	<i>Arachniodes aristata</i>	シダ	f	+	*1,2				I										I						I					
ヒトツバ	<i>Pyrrosia lingua</i>	シダ					+	+																						
マメヅタ	<i>Lemmaphyllum microphyllum</i>	シダ	f		*2								+																	
ヒカゲノカズラ科	<i>Lycopodiaceae sp.</i>	シダ															+													
シダ植物不明種(複数種含む)	<i>pteridophyte spp.</i>	シダ	f	+				+	+			I					I	I		+		I	+		I					
クワズイモ	<i>Alocasia odora</i>	草本	f	+	*1	III							II	II	I		+	+	III	III	II	II								
センリョウ	<i>Sarcandra glabra</i>	草本	f		*1,3								II	I	+				II	II	II		+							
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	草本	f		*1,2										I	I									I					
モロコシソウ	<i>Lysimachia sikokiana</i>	草本	f	+	*1								+		+															
カンヅワブキ	<i>Farfugium hiberniflorum</i>	草本	Pf		*1																					I				
スミレ科不明種	<i>Violaceae sp.</i>	草本																						+						
単子葉植物不明種	<i>monocot sp.</i>	草本	f	+											I	I							+	+	+					
双子葉植物不明種	<i>dicot sp.</i>	草本	f	+			+						+										+							
ハスノハカズラ	<i>Stephania japonica</i>	つる	f		*1,2			+	+	+			+					+	+			+	+	+	+					
シラタマカズラ	<i>Psychotria serpens</i>	つる	f		*1,2			+	+													+	+							
イチジク属不明種*4	<i>Ficus sp.</i>	つる				I						I	+	+	I	I						I								
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	木本	f	+	*1,2	I	I		I	I	II	+	I	II	II	I	II	II	II	II	III	I	II	II	+					
ホウロクイチゴ	<i>Rubus sieboldii</i>	木本	Pf	+	*1-3	+	II	II		I					I		+	I	I	II	I		I	+	I					
サクラツツジ	<i>Rhododendron tashiroi</i>	木本	f	+	*1,2					+	I				II	I	+	+	+			+	I	I	I					
ハマヒサカキ	<i>Eurya emarginata</i>	木本	f	+	*1,2								I	I			+		II	I			+	+	+					
ナギ	<i>Nageia nagi</i>	木本	f		*1														+	I	I	I								
リュウキュウイチゴ	<i>Rubus grayanus</i>	木本	f	+	*1-3			+		I		I	+																	
ヤクシマアジサイ	<i>Hydrangea grosseserrata</i>	木本	Pf	+	*1,2			+							I											I				
カンコノキ	<i>Glochidion obovatum</i>	木本	f	+	*1,2														+				+	+	I					
モクダチバナ	<i>Ardisia sieboldii</i>	木本	f	+	*1-3								+						+		+	+								
イヌビワ	<i>Ficus erecta</i>	木本	Pf		*1-3			+				+														I				
バリバリノキ	<i>Litsea acuminata</i>	木本	f		*1-3			+	+										+											
イスノキ	<i>Distylium racemosum</i>	木本	Pf	+	*1,2														+		+				+					
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	木本	f		*1-3								+									+								
クロキ	<i>Symplocos lucida</i>	木本	f		*1-3										I															
リュウキュウバライチゴ	<i>Rubus croceacanthus</i>	木本	f	+	*1,2													I												
センダン	<i>Melia azedarach</i>	木本																				I								
クロバイ	<i>Symplocos prunifolia</i>	木本	f		*1,2																		I							
ウラジロフジウツギ	<i>Buddleja curviflora</i>	木本	f	+	*3																					I				
シマイズセンリョウ	<i>Maesa tenera</i>	木本	Pf		*1-3		+																							
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	木本	f		*1-3							+																		
ウラジログシ	<i>Quercus salicina</i>	木本	Pf		*1-3																									
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	木本	Pf		*1,3														+											
アリドオシ	<i>Damnacanthus indicus</i>	木本	f		*1-3																		+							
サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	木本	f		*1,2																		+							
ヒメユズリハ	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	木本	f		*1,3																					+				

被度クラスは、+: 1%以下, I: 1-10%, II: 10-25%, III: 25-50%, IV: 50-75%, V: 75-100%.

*1: 九州森林管理局 (2012), *2: Agetsuma et al. (2011), *3: 揚妻ほか (personal observation).

*4: ヒメイトビ *Ficus thunbergii* あるいはイタビカズラ *F. nipponica* あるいはオオイタビ *F. pumila* の数mmの葉. なお、ヒメイトビとオオイタビは*2に掲載された採食種.

a. 北斜面から南斜面に向かって下り斜度は-, 上り斜度は+とした.

b. flは本調査で食痕が確認された種、あるいは九州森林管理局 (2012)、Agetsuma et al. (2011)、揚妻ほか (personal observation) で採食が確認された種、Pfは九州森林管理局 (2012) でヤクシカが「好き」とされた種.

表3 1996年に土石流が発生した屋久島西部地域・ホトケ谷に設置したベルトランゼクトに2017年時点で定着していた高さ150cm以上の植物種の個体数(カッコ内はそのうち高さ5m以上の個体数)

ベルトランゼクト		T1 (2x28m)								T2 (2x40m)										T3 (2x16m)									
サブベルト		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	3-1	3-2	3-3	3-4						
斜度 ^a		-28	-42	-23	-22	-38	+33	+18		-31	-42	-10	+4	+40	+38	+37	+41	+34	+35	-17	-2	+1	+62						
全体被度		V	V	V	V	V	V	V		V	V	IV	III	II	V	V	V	V	V	V	IV	IV	V						
サブベルト内の食痕の有無		+	+	+	+	-	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-						
和名	学名	生活型	採食種 ^b	食痕	採食情報																								
オオバヤドリギ	<i>Scurula yadoriki</i>	半寄生																											
ハスノハカズラ	<i>Stephania japonica</i>	つる	f		*1,2	1																							
つる植物不明種 ^c	unidentified vine	つる				1																							
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	木本	f	+	*1,2	3	3	6 (1)	6 (2)	6 (1)	1	9										7	7	3	6	3	2	1	1
カンコノキ	<i>Glochidion obovatum</i>	木本	f	+	*1,2	1	2				1	1	1				1 (1)			2		1							
ハマヒサカキ	<i>Eurya emarginata</i>	木本	f	+	*1,2				1 (1)			1			1				1										
ヤクシマオナガカエデ	<i>Acer morifolium</i>	木本	Pf		*1						1 (1)																1		
タラノキ	<i>Aralia elata</i>	木本	Pf		*1	1	1																						
クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	木本	f		*1			2 (1)																					
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	木本	Pf		*1																								
クロバイ	<i>Symplocos prunifolia</i>	木本	f		*1,2																								
トサムラサキ	<i>Callicarpa shikokiana</i>	木本	f		*1		1																						
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	木本	f		*1-3							1																	
サンゴジュ	<i>Viburnum odoratissimum</i>	木本	Pf		*1								1																
クロキ	<i>Symplocos lucida</i>	木本	f		*1-3									1															
イスノキ	<i>Distylium racemosum</i>	木本	Pf	+	*1,2										1														
カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	木本	Pf	+	*1,3																1								
サクラツツジ	<i>Rhododendron tashiroi</i>	木本	f	+	*1,2																	1							
シャリンバイ	<i>Rhaphiolepis indica</i>	木本	Pf		*1,2																								
タイミンタチバナ	<i>Myrsine seguinii</i>	木本	Pf		*1-3																								
ヤマモモ	<i>Myrica rubra</i>	木本	Pf		*1,2																								
ヒメユズリハ	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	木本	f		*1,3																								

*1: 九州森林管理局 (2012), *2: Agetsuma et al. (2011), *3: 揚妻ほか (personal observation).

a. 北斜面から南斜面に向かって下り斜度は-, 上り斜度は+とした。

b. fは本調査で食痕が確認された種、あるいは九州森林管理局 (2012)、Agetsuma et al. (2011)、揚妻ほか (personal observation)で採食が確認された種、Pfは九州森林管理局 (2012)でヤクシカが「好き」とされた種。

c. ハスノハカズラの可能性あり。

しかし一方で、ギャップ形成後にウラジロなどのシダ類が密生し、木本がほとんど生えないT1南の斜面上部のような場所も西部地域では見られる。冷温帯におけるササ類のように（木幡ほか 1980； Nakashizuka 1988など）、暖温帯ではシダ類が木本の定着・生長を阻害する要因になることがあると考えられた。

急峻な地形が複雑な微地形を生じさせたことが、植物の定着に有利に働いていた可能性もある。サブベルト（2×4m）によっては、シカのアクセスが可能な部分と困難と思われる部分の両方が存在していたこともあった。そうしたミクロスケールの環境異質性がシカの採食圧のかかり方や微環境に違いをもたらし、植物の定着に影響したのかもしれない。

鹿児島県の紫尾山系では表層崩壊の20年後に定着した木本植物が調査されている（松本ほか 1999）。調査当時（1995年）、この地域ではシカの生息痕跡や植物体に残された採食痕は印象に残らない程度のものであり（松本 personal communication）、本調査地と比較してシカ密度は極めて低かったと考えられた。この調査地における木本個体密度は高さ5cm未満も含め627個体/100m²だったが（高さ5cm以上の個体密度は不明）、高さ1m以上の個体に限ると90個体/100m²以下と考えられた。これに対し、本調査の円形調査区では高さ5cm以上の個体密度が244個体/100m²であり、紫尾山系崩壊地より木本密度は低い可能性がある。ただし、紫尾山系崩壊地では本調査地ほどシダ・草本層が発達していなかったようで（松本 personal communication）、そのため小さな稚樹の密度が高かったのかもしれない。一方、本調査の円形調査区における高さ1m以上の個体密度は85個体/100m²であり、紫尾山系崩壊地と違いがなかった。ある程度まで生長した個体に関しては、本調査地における個体密度の回復の速さは他地域と極端な差はないようである。

植生構造の推移から（図3）、今後の植生構造の変化が推測できよう。P1とP2いずれでも高さ150cm以上の個体数とBAの増加に伴い、高さ30～150cmの個体数が減少し始めていた。比較的早めに植生が回復していたP1では、シダ被度も減り始めていた。以上から、今後この谷では低木層が発達し、高木に達する個体が増えてくるにつれて、被陰による下層植生の衰退が起きるものと推測される。西日本のギャップや崩壊地における植生回復事例では定着個体数が16年（Naka and Yoneda 1984）から20年程度（松本ほか 1999）で最大となることが報告されている。本調査地においても概ね似たような時間経過で植生遷移が進行していると考えて矛盾はない。ただし、これらの結果は小面積の二つだけの調査区から得られた知見であることに注意が必要である。

本調査地では、植生および土壌が完全に失われた場所に（図2左）、シカの嗜好種を含む植物が新たに定着して植生が形成されていた（図2右；表1）。このことから、シカが非常に高密度に生息する条件下であっても植生が回復しつつある事例とみなすことができる。この植生が今後どのように遷移し、どのような森林が成立するのか、あるいは森林が成立しないのか、現段階では判断できない。従って、この谷を長期的に調査して、それを検証していくことが不可欠である。また、シカの高密度生息地で高木層が回復できる森林ギャップの大きさや地形特性などの諸条件についても、より詳細な研究が必要である。

謝 辞

本調査を行うにあたり、鹿児島県および屋久島森林環境保全センターから入林許可を受けた。また、京都大学野生動物研究センターの施設を使用させて頂いた。日本ミクニヤ株式会社の松本舞恵博士からは鹿児島県紫尾山系での植生回復事例について情報を頂いた。また、二名の匿名査読者には詳細な指摘とアドバイスを頂いた。ここに感謝の意を表する。

引用文献

- 揚妻 直樹 (2013) シカの異常増加を考える. 生物科学, 65:108-116
- 揚妻 直樹, 揚妻-柳原 芳美 (2015) 照葉樹林に生息するシカ個体群動態モニタリング3. 2014年度京都大学野生動物研究センター年報, 41-42
- 揚妻 直樹, 揚妻-柳原 芳美, 日野 貴文 (2005) 屋久島照葉樹林に生息するヤクシカの遊動域構造. (総合地球環境学研究所 編) 総合地球環境学研究所プロジェクト2-2「持続的森林利用オプションの評価と将来像」, 4-5. 総合地球環境学研究所, 京都
- 揚妻 直樹, 揚妻-柳原 芳美, 川村 貴志 (2016) 異なる調査方法で得られたシカ推定密度の補正法の検討. 2015年度京都大学野生動物研究センター年報, 41
- Agetsuma N, Agetsuma-Yanagihara Y, Takafumi H (2011) Food habits of Japanese deer in an evergreen forest: Litter feeding deer. Mammalian Biology, 76:201-207
- Agetsuma N, Sugiura H, Hill DA, Agetsuma-Yanagihara Y, Tanaka T (2003) Population density and group composition of Japanese sika deer (*Cervus nippon yakushimae*) in an ever-green broad-leaved forest of Yakushima, southern Japan. Ecological Research, 18:475-483
- Ando M, Itaya A, Yamamoto SI, Shibata E (2006) Expansion of dwarf bamboo, *Sasa nipponica*, grassland under feeding pressure of sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forest in central Japan. Journal of Forest Research, 11:51-55
- Coley PD, Bryant JP, Chapin FS (1985) Resource availability and plant antiherbivore defense. Science, 230:895-899
- Close DC, McArthur C (2002) Rethinking the role of many plant phenolics - protection from photodamage not herbivores? Oikos, 99:166-172
- 藤木 大介, 鈴木 牧, 後藤 成予, 横山 真弓, 坂尽 宏志 (2006) ニホンジカ (*Cervus nippon*) の採食下にある旧薪炭林の樹木群集の構造について. 保全生態学研究, 11:21-34
- 川村 貴志, 幸田 良介 (2017) ヤクシカモニタリング・ライトカウント調査報告書. 屋久島生物部, 屋久島
- Koda R, Agetsuma N, Agetsuma-Yanagihara Y, Tsujino R, Fujita N (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

- 木幡 靖夫, 神沼 公三郎, 小泉 透, 秋林 幸男 (1980) ミズナラの天然更新に関する考察. 日本林学会北海道支部講演集, 78:79-83
- 松本 舞恵, 下川 悦郎, 地頭藺 隆 (1999) 表層崩壊跡地における植生の自然的回復過程. 日本林学会誌, 81:65-73
- 南日本新聞 (1996) 屋久島西部林道が流失 台風6号でがけ崩れ. 8月19日付け記事
- Naka K, Yoneda T (1984) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in Southwestern Japan III. Revegetation in an evergreen oak forest. Botanical Magazine Tokyo, 97:275-286.
- Nakashizuka T (1988) Regeneration of beech (*Fagus crenata*) after the simultaneous death of undergrowing dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*). Ecological Research, 3:21-35
- 林野庁・九州森林管理局 (2012) 「ヤクシカ好き嫌い植物図鑑」. <http://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/yakusima/yakusikasukikiraisyokubutu.html>, 2017年6月1日確認
- 林野庁・九州森林管理局・屋久島森林生態系保全センター (2016) 手作り図鑑ー樹木214種 見わけのポイントー. 林野庁・九州管理局・屋久島森林生態系保全センター, 屋久島
- Rosenthal J, Kotanen P (1994) Terrestrial plant tolerance to herbivory. Trends in Ecology & Evolution, 9:145-148
- 田川 日出夫 (1980) 屋久島国割岳西斜面の植生. 鹿児島大学理科報告, 29:121-137
- Takafumi H, Kawase S, Nakamura M, Hiura T (2010) Herbivory in canopy gaps created by a typhoon varies by understory plant leaf phenology. Ecological Entomology, 35:576-585
- Takatsuki S, Gorai T (1994) Effects of sika deer on the regeneration of a *Fagus crenata* forest on Kinkazan Island, northern Japan. Ecological Research, 9:115-120
- Terada C (2012) Geographic variations of morphological and genetic features among island populations of the sika deer (*Cervus nippon*) in southern Japan: Ecological and historical nonexchangeability. Doctoral dissertation, Hokkaido University, Sapporo
- Tsujino R, Yumoto T (2004) Effects of sika deer on tree seedlings in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. Ecological Research, 19:291-300
- Whitehead GK (1993) The Whitehead Encyclopedia of Deer. Swan Hill Press, Shrewsbury
- 依光 良三 (2011) シカと日本の森林. 築地書館, 東京
- 湯本 貴和, 松田 裕之 (2006) 世界遺産を鹿が喰う シカと森の生態学. 文一総合出版, 東京