

Ⅳ 調査から分かったこと

1-1. 三嶺周辺樹木被害状況調査報告

はじめに

三嶺周辺では 2000 年代に入ってシカの被害が見られるようになり、特に 2003 年以降被害が顕在化してきた。2007 年 5 月には、三嶺を守る会に加盟している山岳会に加え、四国自然史科学研究センター、高知県鳥獣対策課、高知県自然共生課、高知県中央東林業事務所、高知中部森林管理署が協働して三嶺、綱附森、白髪山で囲まれる範囲のシカ被害調査を行った。その結果、三嶺一帯では、樹皮剥ぎ、林床植物の消滅、ササ枯れ、不嗜好性植物の繁茂といったシカの食害が確認され、シカによる被害が我々の想定を超えて、深刻な事態に至っていることが明らかにされた（三嶺を守る会 2007）。

三嶺を守る会は、2007 年の調査に引き続き、2008 年 5 月には樹木被害状況調査（図 1）を、2009 年 5 月にはササ被害状況調査を行った。ここでは、2008 年の樹木被害状況調査の結果について、2008 年 9 月に公表した報告書を抜粋する形で報告する。三嶺周辺では 2005 年ごろから 2010 年ごろまでの 5 年間に爆発的ともいえるような状況で被害が進行した。この調査を行った 2008 年は、爆発的に被害が進行した期間のちょうど真ん中の時期にあたる。



図 1 樹木被害状況調査の様子。
(2008 年 5 月 綱附森登山コース)

調査地点・調査方法

環境省の設定した 3 次メッシュを基に、1 メッシュで 1 地点調査することを基本に、11 か所を選定し調査を行った（別表 1，別図 1）。調査にあたっては、高知大学理学部石川慎悟教授の指導の下で、調査者が登山者であることを前提に、簡便でありながらも定量的なデータが得られる調査方法を採用した。具体的には、調査地点において、1 辺 20m の方形区を設定し、その区域内の樹高 1.5m 以上の樹木を対象として、高木（林冠に達している樹木）・亜高木（高木以外の樹木）の別、針葉樹・広葉樹の別、被害の有無、被害の程度、被害を受けている箇所について調査した。樹種の区分を針葉樹・広葉樹の別といった簡便な方法にしたのは、調査者が登山者であり、樹種の同定が困難であったためである。1 辺 20m の方形区が設定しにくい場所においては、登山道から一定の幅で帯状に調査区域を設定し、起点から数えて 30 本の樹木を調査対象とした。調査にあたった団体は、あるふハイキングクラブ、かめのこ山の会、高知勤労者山岳会、山の会あらぐさ、りんどう山の会、高知大学・高知女子大学ワンダーフォーゲル部の山岳関係 7 団体と、この地域の国有林を管理する中部森林管理署である。

調査結果

調査区域全体の概況調査した 11 か所で 482 本の樹木（高木・亜高木をいう。以下同じ）が確認された。そのうち、針葉樹・広葉樹の別が不明のものが 10 本、自然に枯死しているものが 12 本あり、これらの 22 本を除いた 460 本を集計の対象とした。集計の対象となった 460 本について、針葉樹・広葉樹の別にみると、針葉樹は 227 本で全体の 49% を占めていた。そのうち、高木は 134 本（全体の 29%）、亜高木 93 本（同 20%）であった。また、広葉樹は 233 本で、全体の 51% を占めており、そのうち高木 59 本（同 13%）、亜高木 174 本（同 38%）であった。

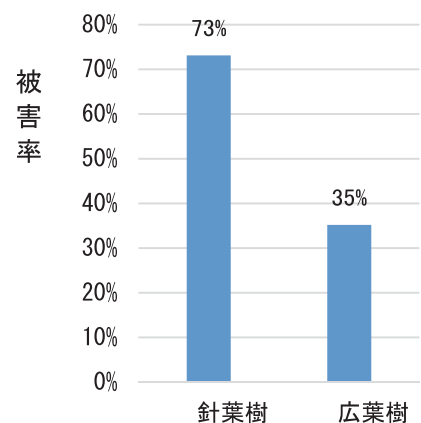


図 2 樹種（針葉樹・広葉樹別）被害率。

(1) 針葉樹・広葉樹別の被害状況

11 の調査区域にある樹木全体では、54%が被害にあっていた。それを、針葉樹・広葉樹の別にみると、針葉樹では73%が被害を受けているのに対し、広葉樹は35%と、針葉樹が広葉樹より38ポイントも多く被害を受けていた。(図2)

(2) 調査地点別の被害状況

11 か所の調査地点について、調査地点別の被害の状況を見てみると、被害が最も大きいのはNo.6 の78%で、次いでNo.10 の74%、No.3 の72%であった。逆に被害が最も少ないのはNo.11 の28%で、次いでNo.5 の37%、No.8 の42%であった(表1)。11 か所の調査地点の標高と全樹木の被害率を見てみると、標高が高くなるとともに被害率が高くなっていた(図3)。

表1 調査地点別被害率(全樹種)

調査地	標高(m)	被害率 (全樹種・%)
No.1	1,220	46
No.2	1,730	66
No.3	1,700	72
No.4	1,285	67
No.5	1,450	37
No.6	1,660	78
No.7	1,480	65
No.8	1,100	42
No.9	1,160	43
No.10	1,680	74
No.11	970	28

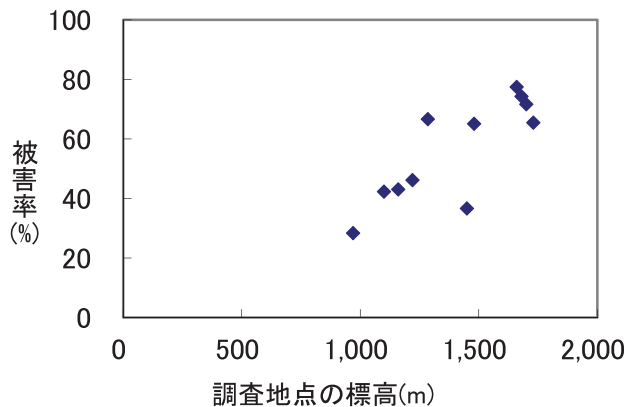


図3 標高と被害率(全樹種).

(3) 被害の程度別の状況

被害の程度を、枯死している(以下「枯死」とする)、全周にわたって樹皮剥ぎされている(以下「全周」とする)、幹や根張の一部に被害がある(以下「一部」とする)、被害が無い(以下「被害無」とする)の、4段階に区分してその状況を見てみた。その結果、枯死9%、全周18%、一部27%、被害無46%であった。針葉樹・広葉樹の樹種別に被害の程度を見てみると、枯死状態のものは、針葉樹が17%であるのに対し、広葉樹は2%で15ポイントの差があり、針葉樹が広葉樹に比べより深刻な被害を受けていることが判明した。(図4)

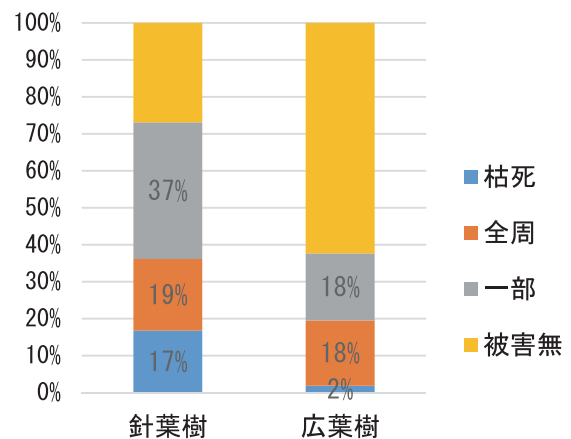


図4 樹種(針葉樹・広葉樹)別被害状況.

(4) 被害を受けている箇所

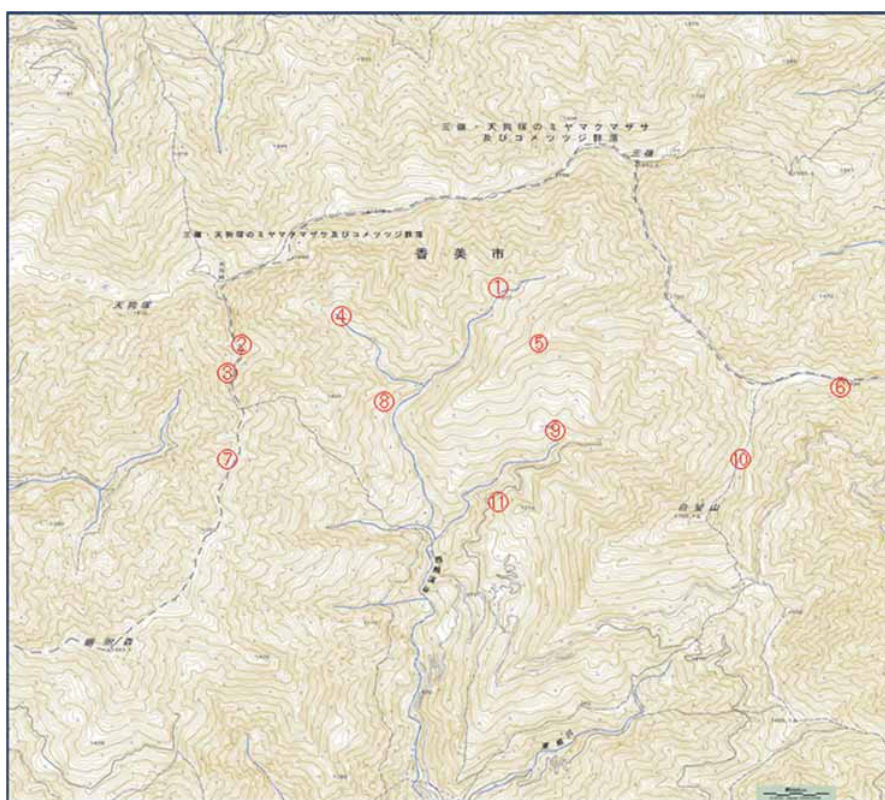
被害を受けている箇所は、全体では、多い順に、幹47%、根張34%、根張+幹17%であった。これを針葉樹・広葉樹の別に見てみると、針葉樹では根張47%、幹29%、根張+幹22%と樹木全体が被害を受けているのに対し、広葉樹では幹83%、根張6%、根張+幹6%と、被害箇所が幹に集中していた。

2008年樹木被害調査の調査地点は、調査のし易さから、結果的に登山道近くのやや平坦な地形の場所となった。このような場所は、シカにとっても生活しやすい場所であり、急峻な場所に比べ樹木の被害が多いことが考えられる。このことを差し引いても、樹木全体の54%が被害を受け、なかでも針葉樹は

73%という非常に高い率で被害を受けていたことは、当時の樹皮剥ぎ被害の深刻さを示している。特に標高の高い場所に生えている針葉樹の被害が大きく、標高 1,600m以上で調査した4か所のうち3か所で、枯死しているもの及び枯死の予備軍とも言える全周にわたって被害を受けている樹木の割合が50%を超えていた。爆発的な被害期はその後数年続き、三嶺の針葉樹を中心にした樹木の被害はさらに進行した。(坂本彰)

別表1 調査地点一覧表

調査地点番号	調査位置	標高(m)	メッシュ番号
No.1	フスベヨリ登山コース ヒビノコナロ	1,220	50335801
No.2	地蔵の頭～綱附新道分岐県境尾根	1,730	50335786
No.3	地蔵の頭～綱附新道分岐県境尾根	1,700	50335786
No.4	カンカケ谷登山コース	1,285	50335787
No.5	カヤハゲ西尾根	1,450	50335788
No.6	白髪分岐小屋東方県境尾根 平和丸西方300m	1,660	50345080
No.7	綱附新道分岐～綱附森県境尾根	1,480	50335776
No.8	カンカケ谷登山コースワサビ田下50m	1,100	50335777
No.9	さおりが原	1,160	50335778
No.10	白髪山北東尾根(白髪分岐までの中間点付近)	1,680	50335779
No.11	西熊林道ゲートから700m地点 道路上段	970	50335768



別図1 調査地点位置図.

引用文献

- (1) 三嶺を守る会 (2007) 三嶺周辺におけるニホンジカによる被害調査報告書. 三嶺を守る会, 7pp.
- (2) 三嶺を守る会 (2008) 三嶺周辺樹木被害調査報告書. 三嶺を守る会, 9pp.

1-2. 樹皮剥ぎ被害調査

森の衰退、枯死に直接つながる樹皮剥ぎ被害の実態調査が、2009年に高知大グループによって行われた。この被害が多く見られる次の4箇所、①白髪避難小屋周辺、②葦生越、③白髪山登山道中腹、④「さおりが原」を調査地にした。①、②はササ原に隣接した樹林、③、④は林内にスズタケが生育している所で、いずれもササは枯死かほとんどが枯死している状況であった。

各調査地に数個の調査区を設定し、胸高直径3 cm以上の樹木を対象に樹種、直径、樹皮剥ぎの部位、被害程度、樹勢などを記録した。ここでは調査結果の一端を紹介しよう。

場所による違い

調査木は69樹種、1,903本の樹木におよび、以下の結果が得られた。

最も被害率の高かったのは白髪避難小屋周辺で76%の樹木が被害を受けていた。次いで葦生越65%、白髪山登山道45%、さおりが原38%の被害であった。

このような場所による被害の違いは、登山者の利用の多寡、林道からの距離の遠近によると思われる。特に白髪避難小屋周辺はこの山域でもっとも早くから深刻な被害が出ていた中東山に近く、シカの群れが容易に侵入できる位置にある。ここでは調査樹木の約40%が枯死、中でも主要構成樹種のウラジロモミは6割近くが枯死、調査区によっては9割が枯死するという壊滅的被害を受けていた。

樹種別の樹皮剥ぎ被害

樹種ごとに剥皮率をみてみよう。剥皮率は調査本数に対する樹皮剥ぎ被害木の本数割合とした。ここでは調査対象となった本数が10本以上あった32種の剥皮率を調査区全体で大小の順に図に示した。もっとも剥皮率が高いのはアサガラ、次いでミズキ、コバノトネリコ、ノリウツギ、ウラジロモミの順に高く、いずれも80%以上であった。ブナ、イヌシデ、イタヤカエデはまったく被害を受けていなかった。ケヤキやダケカンバも被害はほとんどなかった。剥皮率の大小は樹皮に対する嗜好性の大小をある程度示していると思われるが、各調査区の樹種構成が違うので一概には言えない。調査区では被害の少なかったダケカンバは白髪山西稜線や石立山では壊滅的被害を受けている（エリア別写真参照）。

アサガラはさおりが原だけに出現した種であるが、調査前年までは被害はほとんどなかった。ここではシカによって食べられる低木や林床植生がほとんど食べ尽くされていた。さらに、それまで好んで樹皮を食べていたモミなどの樹種はボランティアによって樹木保護ネット巻きされ、調査年には餌資源が極めて乏しい

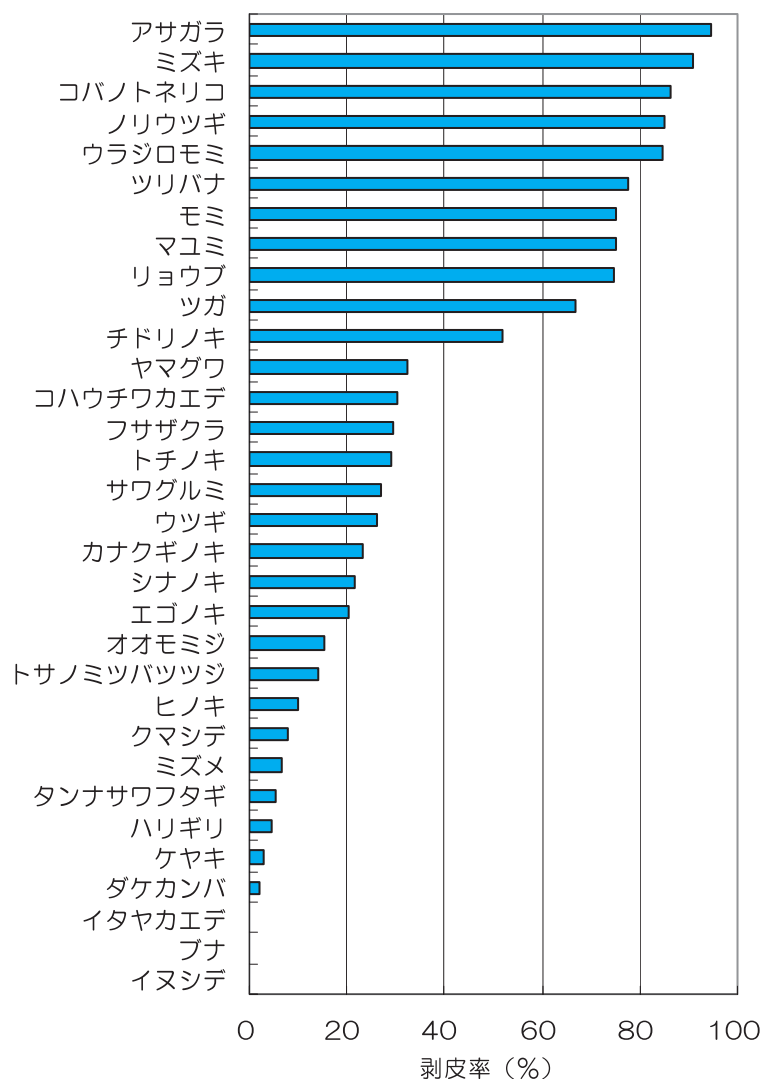


図3 樹種別の剥皮率。

状態になっていたと思われる。そのような状況の中でシカはやむなくアサガラの樹皮を新たな餌として利用するようになったのであろう。先の白髪山や石立山のダケカンバも同様の状況下で起こったことだろう。

被害部位による違い

被害率の高い上位 10 種の被害部位を図に示した。直径の小さいコバノトネリコ、ノリウツギ、リョウブは被害木のほとんどが幹に被害を受けている。一方直径の大きいミズキ、モミは幹よりも根株に対する被害の割合が高い。他の 5 種は幹と根株の両方か根株のみに被害を受けている個体が多く、幹のみに被害を受けている個体は少ない。このように樹種により被害部位に違いがあること、中でもモミ、ウラジロモミの特に直径の小さい個体には幹に被害が集中している。これらの針葉樹は樹皮剥ぎに弱く、幹の半周以上剥がれると確実に枯死する。大径のモミ、ウラジロモミが枯れ、将来森の上層の林冠木になりうる後継樹の若い個体も枯れ、せっかく芽生えた実生も食べられ、森の世代交代が中断することになる。

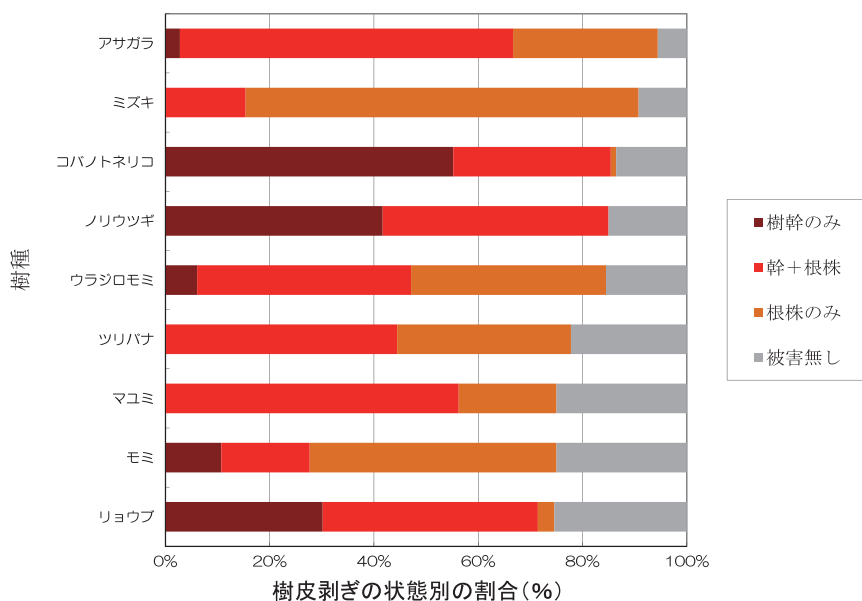


図4 樹皮剥ぎ被害率上位種の被害状況。

広葉樹は針葉樹よりも剥皮に対しては樹皮が再生するなど耐性のあるものもあるが、それでも剥皮がひどかったり、あるいは傷口から腐朽菌が侵入したりして、枯死することがある。さおりが原のアサガラ、みやびの丘のナナカマド、白髪山のダケカンバ林の例に見られるように全滅状態のところがある。

アサガラとナナカマドは様々な樹種が混交する落葉広葉樹林内に集中的に分布しているの、これらが枯死すると大きなギャップ（空き地）ができる。その場所に後継樹がなければやはり森の世代交代は中断する。このような場所は光条件が好転するので、柵などでシカを排除するようにしてやれば稚樹の定着も可能になるとと思われる。

樹皮剥ぎ被害のその後

以上、2009年当時の三嶺山域における樹皮剥ぎ被害の実態について簡単に紹介した。三嶺山域ではこれ以降も樹皮剥ぎ被害が進行した。例えば、当時被害の少なかったダケカンバは、その後、石立山山頂で被害が深刻化し、年を追う毎に白髪山西尾根、天狗峠付近、さらに西へと拡大して行った。2016年時点で、被害が先行した石立山山頂や白髪山西尾根にあるダケカンバ林では大半が枯死した。

シカが樹皮を食べる理由として既往の調査により様々な仮説が立てられているが、「激特被害期」の三嶺山域では餌資源の不足が主要因であることに変わりはない。本来、樹皮を食べたとしても馴染みのある好みの樹種を必要な時に食べていたと考えられる。それはシカの食文化とも呼べ、それぞれの群れが棲む森林生態系の物質循環の収支に合ったものであるだろう。しかし、個体数の増加や群れの

移動や集散の過程で餌資源に困窮しこれまで口にしなかった植物まで食べるようになると、その森林生態系の収支が大きく狂い、やがて崩壊する。

近年の香美市の積極的な個体数調整事業等によってシカの生息密度が低下し、一時の状況に比べると樹皮剥ぎ被害は小康状態にあるように見える。しかし、森、シカ、人、この関係が適正になるような着地点を見つける努力を続けなければ、やがて森が消失し、その影響を人間社会が受ける時が来るかもしれない。（西村武二・押岡茂紀）

(補論)みやびの丘の防鹿柵内外の植生調査

2013年5月、みやびの丘、稜線部にかかる南東斜面のササ枯れ地に防鹿柵を設置し、植生の再生を計画した。陽当たりがよく、周辺には堅果のなるブナ、ミズナラのほか、風散布種子のリョウブ、ダケカンバ、ミズメなどの成木があり種子の供給が十分期待される場所である。以後、子どもエコクラブの活動として土壌侵食防止のマット張り、堅果から育てたブナ、ミズナラの稚樹の植栽、ササの移植、苗木保護のネット設置等、様々な手当を施している。

3年経過し、2016年8月に高知大グループは防鹿柵内外の植生調査を行った。その結果は以下のとおりである。

柵外の植生

シカの食べないイワヒメワラビが優占し、高さ70cm、植被率75%、その下層に高さ10~20cmのリョウブの稚樹が多数まだら状にあった。その下には15cm程のスズタケが単生していた。シカの嫌うイワヒメワラビの下に隠れてリョウブ、スズタケが細々と生き延びている状況である。

柵内の植生

シカを排除したのでリョウブが優占し、樹高130cmに達し、その下層にはスズタケが60cm、両者で植被率100%を占めている。その下にはイワヒメワラビ、ナガバモミジイチゴが単生していた。明らかにリョウブ、スズタケに被圧されている。優占種ではないが調査区4㎡内には樹高140cm前後のダケカンバ、ノリウツギが一個体ずつあった。それに対してリョウブは37個体あった。

柵設置時には木本は全く見られなかったが、わずか3年でほとんど裸地状態からリョウブ、ササの群落高140cm、植被率100%まで植生が回復したのである。植栽したブナの樹高は30cm程度であるが、リョウブ、スズタケに被圧されて枯れないようにネットで囲み、周囲を刈払っている。(西村武二)



リョウブが多くを占める柵内 (2016年8月).



イワヒメワラビ中心の柵外 (2016年8月).

2. 防鹿柵の効果の検証

(1) カヤハゲのササ草原枯死跡に設置した柵の内外の比較

はじめに

ニホンジカの食害に対して防鹿柵が効果的なことは、日本全国のさまざまな場所で明らかにされてきた。三嶺の森をまもるみんなの会も、その活動の一環として防鹿柵の設置を 2008 年から開始した。林床ではカンカケ谷やさおりが原など、稜線ではカヤハゲ、葦生越、白髪分岐から平和丸を中心に多くの防鹿柵が設置された。このうち、カンカケ谷とさおりが原ではかつて絶滅危惧植物の生育が確認されていた場所を中心に、おもに植物の多様性保全を目的とした設置活動が行われてきた。森林植生の食害に加え、2007 年から稜線部のおもにミヤマクマザサが優占するササ草原の集団枯死が広い範囲にわたって顕著になり始め、土壌侵食や斜面崩壊が危惧される事態が進行していることが判明した。特に葦生越からカヤハゲにかけて広がるササ草原の被害が著しく、2008 年に 2 カ所、2009 年に 14 カ所で植生保護策が設置された。将来、シカの個体数管理が成功して、個体数が適正レベルまで低下した後に、この地域の植生が保護した柵内から速やかに回復することを目指したものである。したがって、設置にあたって植生回復の核になる場所がこの地域全域にわたって確保できるように配慮された。

ここでは葦生越からカヤハゲのササ草原に設置された防鹿柵の内外で行った植生調査および植物相調査の結果を報告する。

調査地

カヤハゲは三嶺から南に続く稜線にある標高約 1720m のピークであり、葦生越はカヤハゲの南の標高約 1600m の鞍部である。防鹿柵はカヤハゲから葦生越に至る南斜面の 16 カ所に設置された。そのうち 2 カ所は 2008 年 5 月 17 日に、14 カ所は 2009 年 4 月 11 日と 5 月 31 日に設置された。

この地域は地すべり地形の凹地状の場所で、周辺にまとまった樹林地は発達していないが、ツツジ科などの低木林やウラジロモミの疎林が成立している。

図 1 はカヤハゲを南側から撮影したもので、2009 年 10 月の調査地の状況である。ミヤマクマザサはほとんど枯死して葉はなく、稈が折れて地表を覆っているので全体に白く見える。2008 年に設置した柵 (St.8 と St.10) の内部はほかの柵内よりも色が濃く、回復した植生の植被率が高い状況が見取れる。

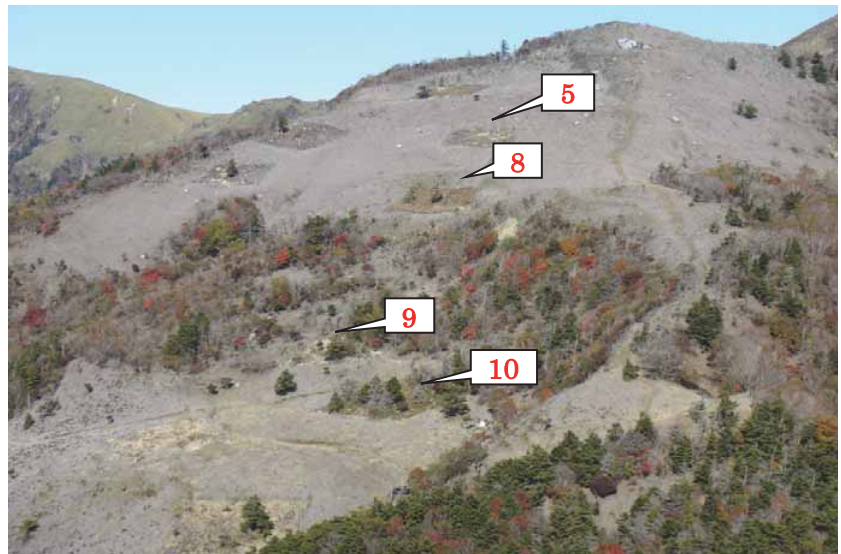


図 1 カヤハゲに設置し、植生調査を行った防鹿柵。
図中の番号は表 1 に Plot No. に対応する。

調査方法

植生調査を行った柵は、2008 年設置の 8 番 (St.8) と 10 番 (St.10)、2009 年設置の 5 番 (St.5) と 9 番 (St.9) である。2 m × 2 m の方形区をそれぞれの柵内の 5 カ所および St. 5 と St.8 の間の柵外、St. 9 と St.10 の間の柵外にそれぞれ 5 カ所ずつ設置した。調査区内の草本層の植被率と高さを測

定するとともに、すべての出現種の被度(%)と平均草丈を測定した。植生調査は2009年5月30日、8月2日、10月21日に行った。

結果と考察

植生調査結果を表1に示す。左から右に2008年5月に設置した防鹿柵内のプロット、2009年4月および5月に設置した防鹿柵内のプロット、柵外の順番に配列してある。

表1 2008年および2009年に設置した防鹿柵内と柵外における草本層の種組成

Plot No.	2008年設置 防鹿柵内										2009年設置 防鹿柵内										柵 外									
	P10-1	P10-2	P10-3	P10-4	P10-5	P8-1	P8-2	P8-3	P8-4	P8-5	P9-1	P9-2	P9-3	P9-4	P9-5	P5-1	P5-2	P5-3	P5-4	P5-5	外1	外2	外3	外4	外5	外6	外7	外8	外9	外10
出現種数	19	16	23	12	21	14	21	20	15	19	16	20	14	29	16	18	9	12	18	13	14	17	10	16	16	14	19	12	13	12
ミヤマクマザサ	1	1	3	1	+	+	+	10	5	1																				+
ダケカンバ	+	1	+	+	2	1	7	+	3							+						+								
タラノキ	6	10	10	12	8	8												2												
テキリスゲ			+	40	4	15	2	7			+	+																		
クマイチゴ		1							5																					
ショウジョウスゲ	+	5			8								1																	
ウド			1					3																						
サルナシ						1		+																						
コミネカエデ		+		+					+				+	+																
ツルアジサイ			+										+	+					+											
ミス											+			1					+											
タノサワフタギ														+																
クサイ											+	+	+																	
ヤブウツギ	+	5	30	+	5	2	15	5	2	5	2	2	2	1	+	1		+	1	1									+	
イタドリ				5	2	15	5	5	15					+		3	1	1	15	10									+	
バライチゴ		30	+		2	5	30	+	+	+	15	2	1	1								1	1	3					+	
ススキ	60	20	1	15	15	60	30	30	60	25	3	2	4	+		10	4	2	6	3									+	
タカネオトギリ	2	2		+		+	2	5	5	8	1	3	1	2		3	+	8	+	7									+	
ヤマズメノヒエ	1	2	4	+	10				+		1	+	1	+		1	1	1	2	8									+	
ヤマヤナギ	1	3	+	+		5	2	+			+	1	+			1	+	+	1	+									+	
トゲアザミ						5	+	5	4	4																			60	
イワヒメワラビ						+			+							1						28							+	
ヤママコボ	5	10	2	50		7	10	2	20	35	7	40	12	+	2	50	4	2		50	1	50	25	35	60	+	8	+	+	
メアオスゲ	3				1	4	1	+	15		1	1	2	+		3	+	2											5	
リョウブ	2	5	1	1			+	+	+		1	1	+	+		3	1	+	1	+									+	
フモトスミレ	1	1		1					1							5	+	10	2	2								2		
フジイバラ			4				1	1			+	+	+	1																
ツルギミツバツツジ	+	+			+			+			+	+	+	+					+										+	
ヤシャブシ	+	+						+			+	+	1	+					+			+	+						+	
ミヤマワラビ	+						+	+	+					+						3									+	
ペニドウダン		+	+					+			+	+	1	+		+			+										+	
マンネンズギ								+			+	+								4	+								+	
ヌカボシソウ	1				2	1							20																+	
コナスビ		1					+				1			+		+	+												+	
ノリウツギ			4		+							+							+										+	
タニシバ					2			+					+	+															+	
シシガシラ	+							1												2									+	
コヨウラクツツジ		1				2		+																					+	
ヤマイヌワラビ						+										+													+	

2008年設置の柵内にはのみ出現し、2009年設置の柵内および柵外にはほとんど出現しない種として、ミヤマクマザサ、ダケカンバ、タラノキ、テキリスゲなどがある。特にミヤマクマザサが2008年設置の柵内にはのみ出現している事実は注目に値する。2007年に大規模な枯死が起き、その1年後の2008年に設置した柵では徐々に回復している一方で、2009年に設置した柵内ではほとんど回復していない。このことは、ミヤマクマザサにとって、地上部が大規模に枯死した後、1年以内であれば回復できることを意味している。逆に枯死後2年を経過してしまった場合には、回復の可能性が著しく低下してしまうということである。ササ類は地下茎に蓄えた栄養分を使って春に新しい稈を出す、それがシカによって1年以上食べ続けられると、地下茎の栄養分を使い果たしてしまい、その結果、地下茎で繋がった同一個体に由来する稈がすべて枯れてしまうのであろう。このことは、今後、ミヤマクマザサ群落がシカの被害を受けた時の対策を立てる上で、極めて示唆的な結果である。

2008年と2009年設置の柵内にも出現し、柵外で出現率の低い種には、コミネカエデ、ツルアジサイ、ミスなどがある。また、柵内では優占度が高い一方で、柵外での出現率が高いにもかかわらず、優占度の極めて低い種としては、ヤブウツギ、イタドリ、バライチゴ、ススキ、タカネオトギリ、ヤマズメノヒエ、ヤマヤナギなどがある。これらの種は、シカによる被害の影響を強く受ける種で

あると考えられる。

全体に広く出現する種には、ヤマヌカボ、メアオスゲ、リョウブ、フモトスミレなどがあり、これらの種はシカの採食圧に対する抵抗性があるか、回復力の強い種であると考えられる。特に、ヤマヌカボは柵外でも広く出現し、ミヤマクマザサの枯死したあとの裸地で旺盛に生育して柵外での優占種となっている。ヤマヌカボにはシカの食痕は多数認められる（図2）ものの、生長点が低くて分けつしやすい栄養繁殖特性や、種子による繁殖が旺盛なことが、図3のように広く卓越して生育できている理由であると推察できる。



図2 柵外に生育するヤマヌカボ群落。シカの食痕が多数認められる。



図3 柵外で広く優占するヤマヌカボ群落。

総出現種数を比較してみると、2008年設置の柵内では47種、2009年設置の柵内では44種で、柵内では設置年の違いによる出現種数の差は小さかった。しかし、柵外では35種であり、柵内に比べて明らかに少なかった。また、調査区以外の場所を、柵内と柵外でほぼ同様の面積になるように詳しく踏査して出現種を調べ、新しく出現した種を柵内外でそれぞれ加算した種数は、柵内で93種、柵外では51種であった。カヤハゲに設置した1辺25mの正方形の防鹿柵4基によって、約40種が保全されたことになる。

表2 柵内と柵外における出現種数の比較

	柵内				柵外
	2008年設置		2009年設置		
	St. 8	St. 10	St. 5	St. 9	
	34	38	26	34	
総出現種数	47		44		35
植物相調査確認種を加算	93				51

次のページの写真は、2009年8月2日に撮影した設置後2年目の防鹿柵 St.8 の内外の違い（図4）および内部の植生回復状況（図5）である。

柵内ではススキが旺盛に生育し、シカの食害にあう以前の状況に近づいている様子が見て取れる。

St.8 ではミヤマクマザサの生育も確認された。

図6は防鹿柵 St.5 の2009年8月2日の状況、図7は同じ防鹿柵の2010年9月1日の状況である。2008年に設置した防鹿柵 St.8 と比較して、2009年に設置した防鹿柵 St.5 は、最初の1年目の植生の回復状況は極めて遅かったが、2年目になると草丈も植被率も急激に増大している様子が見て取れる。ササ枯れ後に防鹿柵の設置が遅れると、最初の植生回復の速度は遅いものの、その後は順調に回復することが明らかになった。しかし、2009年設置の柵内ではミヤマクマザサの回復が認められず、柵の設置が1年間遅れたことによるシカの採食圧の影響が顕著に表れていた。この事実は、今後、ミヤマクマザサ群落の保全対策を立てる上で十分考慮の対象としなくてはならない。(石川慎吾)



図4 防鹿柵 St.8 における外(左)と中(右)の植生状況の相違。中ではススキが旺盛に生育していた。



図5 防鹿柵 St.8 の内部の状況。ススキの優占度が高く、植被率も80%程度に回復していた。



図6 防鹿柵 St.5 の2009年8月の状況。植生の回復は遅く、植被率は50%を下回る。柵外と同様にヤマヌカボが優占する群落が多く、ほかにススキ、タカネオトギリ、イタドリなどの群落パッチも認められる。



図7 防鹿柵 St.5 の2010年9月の状況。ススキが旺盛に成長し、植被率も急激に増大したが、ミヤマクマザサの回復は見られなかった。

(2) さおりが原に設置した柵の内外の8年間の植生変化

林床植生への被害は2006年ころから深刻化し、ササ類や草本類の植被率が急激に低下するとともに、2007年以降には有毒植物であるバイケイソウが優占する場所が急激に増加した。さおりが原においても、かつて大群落が成立していたマネキグサなどの希少種の保全、高木性樹種の定着と成長の促進を目的として2008年3月に防鹿柵を設置した。防鹿柵は植生や貴重植物の保全に効果があることは日本各地で検証されている(田村ほか 2005, 前迫・高槻 2015)ものの、シカの採食圧によって裸地寸前にまで被害を受けた林床植生の回復過程を詳細に明らかにした研究は少ない。そこで私たちは、2008年から春季(5月)と夏季(8-9月)の年に2回の植生調査を継続することで、多様性の高かった林床植生の回復過程を明らかにした。今回は、約8年間で柵の内側の植生がシカの食害を受ける前の状態に近づいたことを、外側の植生変化も併せて報告する。

調査地の概況

さおりが原は剣山系の三嶺(標高1894m)の南の東経133度58分45秒、北緯33度49分02秒、標高1160mに位置し、植生帯は暖温帯から冷温帯への移行帯にあたる。周辺の山腹斜面に成立している森林の優占種はモミであるが、それ以外の構成種として、針葉樹ではツガ、ハリモミ、広葉樹ではカエデ類、ブナ、アズサ、ミズナラなどがみられる。さおりが原はかつての地すべり堆積地で、この山域ではめずらしい平坦地が広がっている。表層堆積物は礫質であるが、土壌は比較的湿潤である。高木層にはイヌザクラ、サワグルミ、ケヤキ、トチノキ、アサガラ、カエデ類などが生育しており、溪畔林の種組成の特徴を示している。シカの食害が顕在化する前は、やや乾性な場所にはスズタケが群生し、湿性な場所には多年生広葉草本群落広がっていた。防鹿柵は1辺20mの正方形で、かつて絶滅危惧種のマネキグサをはじめシコクブシ、ムカゴイラクサなどを構成種する多年生草本群落が成立していた場所に設置した。

調査方法

防鹿柵の内側と外側のそれぞれ5カ所に2m×2mの永久方形区を設置し、柵の内側をP1~P5、外側をP6~P10とした。植生調査は、2008年は4月29日と8月29日、2009年は5月2日と8月20日、2010年は5月6日と8月26日、2013年は5月3日と9月7日、2015年は5月23日と9月12日に行った。各方形区の植被率と植生高を測定するとともに、すべての出現種の被度と草丈を測定した。被度の判定は、10%以下は1%間隔で、10%以上は5%間隔で行った。植物種の学名は米倉(2012)に準拠した。

結果と考察

2008年から2015年までの継続調査区P1とP3の状況を撮影した写真を図1に、すべての方形区の植被率の変化を図2に示す。柵内の方形区では、植被率は時間の経過とともに上昇した。P1とP2では、2008年には10%未満であったが2015年に90%を超えた。これらの方形区では、マネキグサなどの多年生草本が優占し、植生高も約1mに達した。P3ではシコクブシが残存しており、当初からやや植被率が高かったが、その後マネキグサやイシヅチウスバアザミも優占度を増し、夏季にはうっそうとした群落まで回復した。柵内では、植被率の回復とともに植生高も回復した(図3)。

P4とP5には有毒でシカの不嗜好性植物であるバイケイソウが生育しており、特にP5では春季には50%を超える高い被度で生育していた。これら2つの方形区では夏季の植被率が低い状態が2010年まで続いたが、2013年からマネキグサ、コフウロ、ウワバミソウなどの被度が増加したため、植被率も

急激に上昇し、2015年には約50%に達した。P4とP5で植被率の回復が遅かったのは、6月までバイケイソウに上層を覆われていたためと考えられるが、マネキグサなどは光量の乏しい状況下でも着実に成長できることが明らかになった。



図1 柵内の方形区P1とP3の植生発達状況の経年変化。

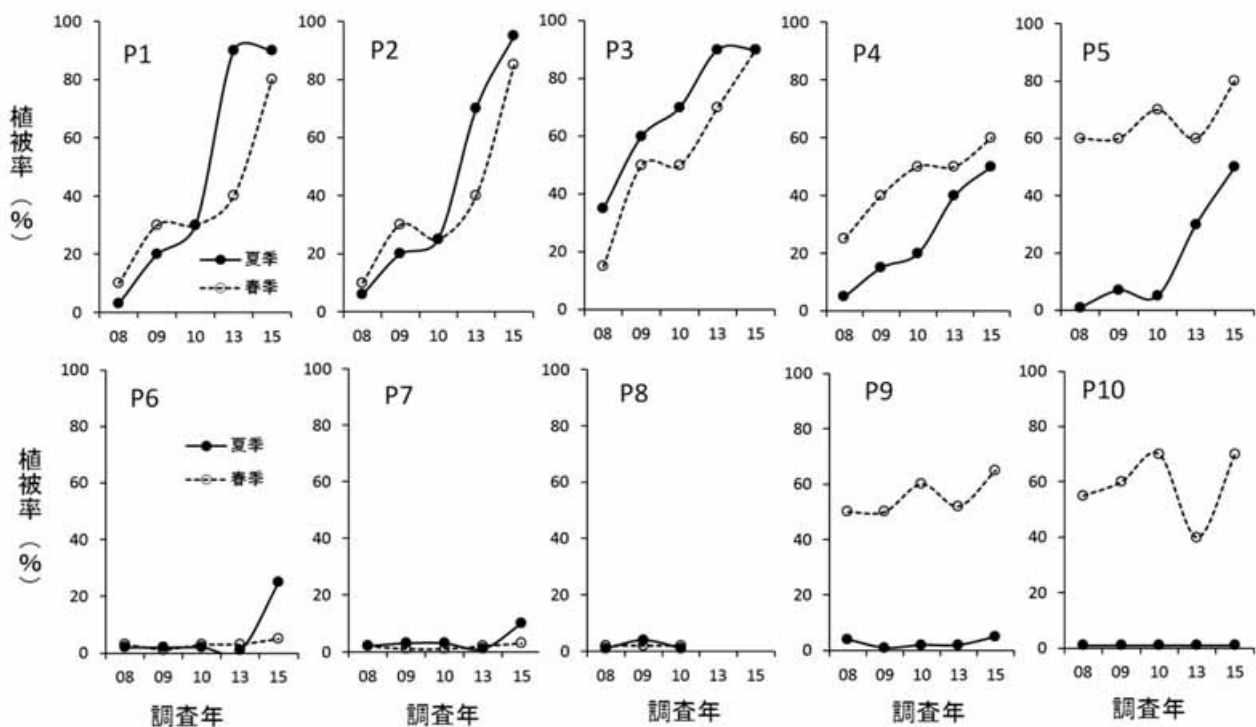


図2 各方形区における植被率の経年変化。

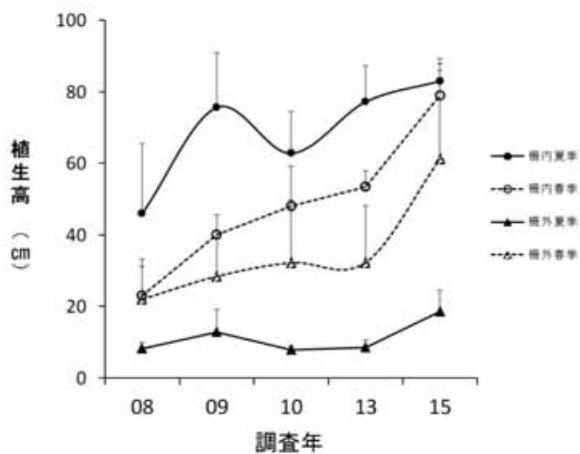


図3 柵内と柵外における平均植生高の経年変化。

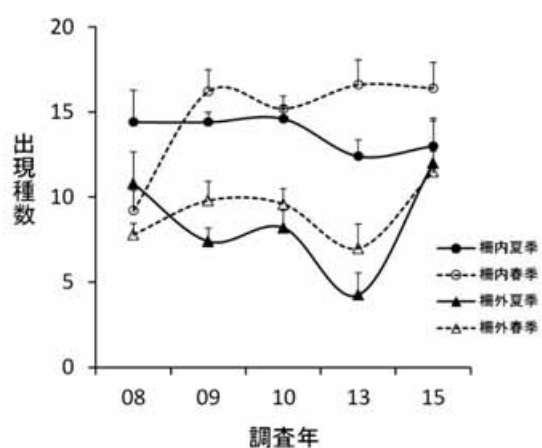


図4 柵内と柵外における平均出現種数の経年変化。

柵外の方形区では、P9とP10の春季で高い植被率を示しているが、これらの方形区ではバイケイソウが生育していたためである。それ以外の方形区では継続して低い植被率で推移しており、シカによる強い採食圧が続いていることを示している。しかし、P6とP7における2015年夏季の植被率は、それぞれ25%と10%で上昇傾向を示した。P6とP7は防鹿柵に隣接して設置された方形区で、2015年の被度の上昇は、防鹿柵内で回復した植生から柵外へ進出してきたコフウロ、ウリワサビ、ミヤマハコベなどの被度が増加したことによる。この傾向は柵外の夏季の植生高の上昇にも表れていた(図3)。

さおりが原を含む白髪山、カヤハゲ、葦生越の一带では、香美市が行っている管理捕獲によって、数年前から毎年約50頭～100頭のシカが捕獲されてきた(公文 2016)。さおりが原においてもシカの個体数が減少しており、その影響が柵外の方形区における植被率の上昇に現れたものと思われる。柵外では出現種数も2015年に急激に上昇しており(図4)、この点においても柵外での植生の回復が

見て取れる。

防鹿柵はその地域の生物多様性を保全することを1つの目的として設置されており、防鹿柵内で保全された植生からさまざまな植物種が柵外へ進出していくことによって、一度失われた植生が復活することを目指している。まだわずかではあるものの、P6とP7において柵内から柵外への植物の進出が確認されたことは、シカの個体数をさらに減らすことに成功すれば、柵外においても植生の回復が期待できるということを示している。

出現種数の変化をみると、柵内では春季に2008年から2009年にかけて大きく増加したものの、その後は大きな増減なしに推移した(図4)。2008年の夏季には春季から大きく増加したものの、その後の夏季の出現種数は、わずかに減少傾向を示した。この原因は、夏季にはマネキグサなどが旺盛に生育するため、それらの下で被圧された高木性樹種の実生などが消失したためである。柵外では、2015年以外は5種から10種の間で推移し、柵内の約2分の1の出現種数であった。

表1は種組成の推移を柵内と柵外に分けて比較したものである。表中の数値は被度の平均値で、+は1%未満を示す。種和名の右のアスタリスクは、確認された個体が実生であったことを示しており、アスタリスクが付された種はすべて木本種であった。

柵内のみで確認されたか、あるいは柵外でも生育していたものの、被度の極めて小さかった種が多かった。これらの種の多くは、直立型や分枝型の生育形を持つ種であり、成長点が高い位置にあるためシカの被食圧に弱く、柵外での生存率が低いものと考えられる。

柵外でも柵内と同様に生育していた種は、バイケイソウなど有毒でシカが食べない種やシロバナネコノメソウ、ユリワサビなど匍匐型の生育形を持ち、成長点が極めて低いためにシカが食べにくい種が多かった。シコクブシはキンポウゲ科トリカブト属の一種で有毒であるが、夏季には柵内と柵外の被度に大きな差があった。シコクブシの柵外の個体にはシカの食痕も確認され、さおりが原のように餌が極端に不足している生息地では、有毒植物も餌として利用されるようになることが明らかになった。高木性樹種の実生は、柵内、柵外ともに確認された。実生の被度は極めて小さいため、表1では柵内と柵外の値にほとんど差が見られないものの、個体数は柵内の方が多かった。また、柵内では年を経るに従って植生が回復して植被率が上昇しているため、夏季には実生の個体数が減少していた。

防鹿柵は生物多様性の保全以外に、高木性樹種の後継個体の生育を助けて森林の更新を促すことも目的のひとつとしている(田村 2008)。しかし、さおりが原の防鹿柵内では木本種の実生は大きく成長することなくほとんどが枯死していた。防鹿柵を設置した場所の林冠は閉鎖しており、実生の生育に必要な光量が不足していることが原因の一つであると思われる。今後、シカの剥皮害で高木個体が枯死して形成された林冠ギャップなどに防鹿柵を設置して、その後の林床植生の管理方法なども含めて、高木性樹種の後継個体を育成するための対策を立てる必要がある。(石川慎吾)

引用文献

- 公文雅樹. 2016. 香美市における管理捕獲の歩みと今後. 「どう守る三嶺・剣山系の森と水と土ーシカ被害対策を考える・シンポジウム(9)資料集」, 三嶺の森をまもるみんなの会, pp. 20-25.
- 前迫ゆり・高槻成紀編. 2015. シカの脅威と森の未来ーシカ柵による植生保全の有効性と限界. 文一総合出版, 東京.
- 田村淳 2008. ニホンジカによるスズタケ退行地において防鹿柵が高木性樹木の更新に及ぼす効果ー防鹿柵設置後7年目の結果からー. 日本林学会誌, 90: 158-165.
- 田村淳・入野彰夫・山根正伸・勝山輝男 2005. 丹沢山地における植生保護柵による希少植物のシカ採食からの保護効果. 保全生態学研究, 10: 11-17.
- 米倉浩司. 2012. 日本維管束植物目録. 北竜社, 東京.

表1 夏季における柵内と柵外の種組成の季節変化

図中の数値は被度(%)の平均値を、+は1%未満を示す。

種名	調査年 実生	柵内					柵外				
		2008	2009	2010	2013	2015	2008	2009	2010	2013	2015
ミヤマハコベ		+	3.0	3.0		0.3					
クルマムグラ		+	1.0	1.0	1.0						
ナルコユリ		+	+	+		1.0					
ニフトコ		+	+	+							
ノイバラ		+	+	+							
ミズ			+	+							
アズマガヤ			+	+	+	+					
サイコクサバノオ					+	+					
コミネカエデ	*	+	+								
ハリギリ	*		+	+	1.0						
チドリノキ	*				+	+					
ツリバナ	*	+	1.4	+	+	+	+				
マネキグサ		0.9	2.6	4.4	20.0	46.0	+	0.4	+	+	
シコケブシ		4.4	10.7	15.0	26.7	20.5	+	1.6	+	+	
イシツチウスバアザミ		1.7	3.7	4.0	8.5	4.5	+	+	+	+	
コフウロ		1.4	3.3	3.2	11.2	3.3	+	+	+	+	
ウワバミソウ		1.6	2.8	4.8	2.0	4.5	+		+	+	
ムカゴイラクサ		0.7	2.0	2.7	2.6	4.4	+	+	+	+	
シロバナネコノメソウ		1.4	3.6	4.0	1.6	0.5	1.1	0.8	0.5	0.2	
ミヤマセントソウ		+	2.0	4.0	3.6	5.5	1.0	1.0	1.0	1.0	
チャイトスゲ		+	1.4	0.7	3.7	1.4	+	+	+	+	
ユリワサビ		+	+	+	0.3	+	+	+	+	+	
ツルマサキ		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ミズキ	*	+	+	+	+	+	+	+			
モミ	*	+	+	+	+	+	+	+			
イロハモミジ	*	+	+	+	+	+			+	+	
サワグルミ	*	+	+	+	+	+	+	+	+	0.8	
アサガラ	*	+	+	+	+		+	+	0.5	0.3	
サルナシ	*	+		+			+				
ケヤキ	*		+	+				+	+	+	
イヌザクラ	*		+					+	+	+	
ヤマグワ	*			+				+	+	+	
エイザンスミレ				+	+	+	+	+			
イワガネゼンマイ							+	+	+	+	
アブラチャン	*								+	+	
ダイコンソウ									+	+	
ツタウルシ									+	+	

出現回数が1回の種は割愛した。

3. 三嶺山域カヤハゲに敷設した植生保護シートの効果

カヤハゲにおけるササ草原の枯死とその後の植生変化と表層土壌の流失

カヤハゲ（標高 1720 m）は三嶺から白髪山に連なる南北に走る稜線にあり、ニホンジカによる食害が最初に顕在化した場所である。ここでは、ミヤマクマザサ群落の枯死後の植物群落の変化と表層土壌の流失状況について述べる。

カヤハゲでは 2007 年にミヤマクマザサの葉が一斉に茶色に変色し、大面積にわたってササ草原が枯死した（図 1，坂本 2008）。このようなササ草原の大面積にわたる枯死は、その後剣山系の至る所で観察されることになるのであるが（石川 2015）、カヤハゲはまさにそれが最初に起きた場所である。落葉した葉と枯れた稈が堆積し、斜面全体が白く見えるが（図 2），その中にはすでにヤマヌカボ（図 3）や蘚苔類（図 4）が侵入し始めている。これらの先駆植物は、ササが枯れて明るくなった場所での繁殖力が極めて強く、その後のすばやい植生回復に大きな役割を果たした（中嶋ほか 2011，松井 2013）。しかし、これらの群落は傾斜の急な斜面では定着率が低く、特にカヤハゲ斜面の中央部の、急傾斜で凹状の斜面ではほとんど定着しなかった。この原因の一つは土壌の凍上と考えられる。定着して間もない植物の小さい株は、霜柱によって押し上げられて土壌から根が離れて斜面を転がり落ちてしまう。春の調査ではそのようにして抜けてしまったヤマヌカボやコケの塊がたくさん観察された。そのような場所は土壌流失が急速に進み、至る所でガリー状の侵食が進行した（図 5）。土壌侵食を防止するために 2011 年と 2012 年に菰張りを行ったが、菰そのものが流されてしまったのに加え、菰によって土壌が補足された場所でも、菰の横に新たなガリーが形成され、表層土壌の流失を食い止めることはできなかった（図 6）。

流されやすい菰でカヤハゲの斜面の侵食を防ぐことは不可能



図 1 茶色に変色したミヤマクマザサ群落。2007 年 9 月 23 日坂本彰氏撮影。



図 2 枯れたミヤマクマザサの稈が散乱する中に侵入した植物。2009 年 8 月 2 日撮影。



図 3 侵入して間もないヤマヌカボ群落。2009 年 8 月 2 日撮影。



図 4 ウマスギゴケのパッチ。2010 年 7 月 6 日撮影。



図5 表層土壌が流失してガリー状の侵食が進む斜面。2012年4月29日撮影。



図6 敷設した菰の横に新たに形成されたガリー。2013年4月28日撮影。

であることが明らかになったことで、残る方法は斜面全体を覆うことのできる植生保護シートを敷設することであった。2012年10月14日に、生分解性プラスチックシートが斜面の一部に敷設されており、シートの植生保護効果が菰よりも優れていることが分かっていたこともこの計画を後押しした。幸い、四国森林管理局で予算化されて植生保護シート（ヤシネット、マット）を購入することができ、2014年5月と2015年10月に、表土流失が激しかった斜面のほとんどを覆うように植生保護シート敷設作業が行われた（図7、8）。

植生保護シートの効果の検証

植生保護シートの効果を検証するために、シートに侵入した植物の定着状況を、斜面の位置と微地形の違いに着目して調査を行った。また、2012年に敷設されたシートと2014年5月18日に敷設されたシートを比較することにより、敷設年の違いによる植物の侵入・定着状況の違いを比較した。

調査方法

1 m×1 mの調査区を2012年敷設のシートに8カ所、2014年敷設のシートに18カ所設置して出現種の被度（%）と高さを測定した。斜面上の位置や凹凸によって植生の回復状況が異なっていたので、シートを敷設した斜面の上部、中部、下部において凹部と凸部を区別して調査区を設置した。また、ガリー状に侵食されている場所における植生の定着状況を詳細に把握するために、ガリー状の凹



図7 植生保護シート敷設作業。2014年5月18日撮影。



図8 植生保護シート敷設作業。2015年10月3日撮影。



図9 調査区の設置状況.

地を横断するように幅 10 cm, 長さ 70~100 cm の带状調査区を設置し, 10 cm 単位で出現種の被度と高さを測定するとともに, ガリーの横断地形およびシートと地表面までの距離を計測した。更に, ガリー状の凹地に土が堆積している場所に幅 30 cm, 長さ 30~50 cm の調査区を設置した。調査は 2015 年 6 月 6 日, 9 月 15 日, 10 月 3 日に行った (図 9)。

結果と考察

図 11 に 2012 年と 2014 年に敷設したシートにおける定着した植生の高さ, 植被率及び出現種数を示す。植生高, 植被率はともに 2012 年敷設のシートの方が大きな値を示したが, 出現種数はともに平均 6 種で差は見られなかった。出現頻度の高かった種は, ヤマヌカボ, ススキ, ヤマスズメノヒエ, タニソバ, タカネオトギリ, ヤマヤナギ, イグサであった。これらの種は, 防鹿柵内でも出現頻度の高い種であり (石川 2011), シートを敷設する前から現地に残存していた可能性が高い。またこれらは, 種子供給源となる斜面上部においても広く確認された種である。特に 2012 年敷設シートの凸部では大きなパッチを形成するまでに成長したススキ群落 (図 10) も認められ, たとえ小さくとも栄養体の残存している個体の成長速度は極めて速いことが分かる。凸部と凹部に定着した植生を



図 10 2012 年設置シートに定着・成長したススキ群落。中央から右寄りの横縞のあるシートが 2012 年設置のシート。

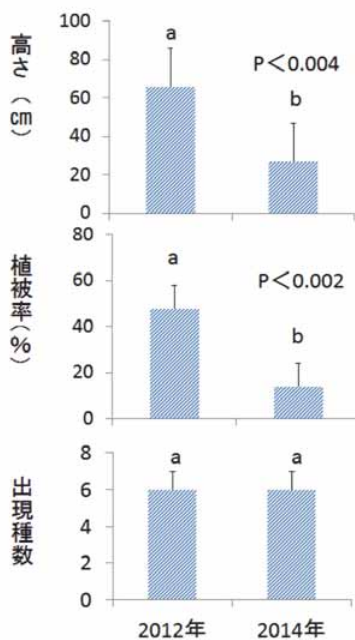


図 11 敷設年の異なるシートに定着した植生の比較。異なるアルファベットは差が有意であることを示す (マン・ホイットニーの U 検定)。

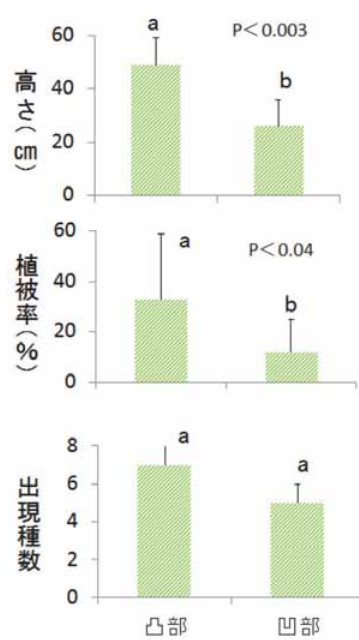


図 12 凸部と凹部に定着した植生の比較。異なるアルファベットは差が有意であることを示す (マン・ホイットニーの U 検定)。

比較すると、高さや植生率は凸部で有意に大きな値を示した。出現種数も凸部で多い傾向を示したものの、有意な差は認められなかった（図 12）。



図 13 斜面下部で発達するガリー状の凹地。



図 14 斜面上部では地形の顕著な凹凸は認められない。

表 1 2014 年に敷設したシートの上，中，下部における定着植生の比較。

調査地の微地形	やや凸	やや凸	やや凸	やや凸	やや凸	やや凸地の平均	やや凹	やや凹地の平均
調査スタンド番号	上1	上2	上3	上5	上6		上4	
斜面上部 植生高 (cm)	70	16	35	40	24	37.0	41	41.0
植生率 (%)	20	4	20	25	6	15.0	20	20.0
出現種数	10	2	7	7	5	6.2	7	7.0
調査地の微地形	やや凸	凸	凸	凸地の平均	凹	凹	凹	凹地の平均
調査スタンド番号	中1	中3	中6		中2	中4	中5	
斜面中部 草本層の高さ(cm)	35	43	30	36.0	12	11	11	11.3
草本層の植生率(%)	15	35	40	30.0	3	3	1	2.3
出現種数	7	8	7	7.3	5	6	2	4.3
調査地の微地形	凸	凸	凸	凸地の平均	凹	凹	凹	凹地の平均
調査スタンド番号	下1	下3	下4		下2	下5	下6	
斜面下部 草本層の高さ(cm)	22	34	30	28.7	0	25	12	12.3
草本層の植生率(%)	1	5	40	15.3	0	4	2	2.0
出現種数	5	9	9	7.7	0	3	4	2.3

2014 年に敷設したシートの上，中，下部に定着した植生の比較を表 1 に示す。斜面下部ではガリー状の地形が発達し、凹凸の差が顕著であった（図 13）が、斜面上部では侵食されて凹状にへこんだ場所は少なく、凹凸の差も斜面下部ほど顕著ではなかった（図 14）。調査区数が少なかったので統計的な有意差の検定は行わなかったが、全体的に次のような傾向が認められた。斜面下部で植生率が低かったが、植生高と出現種数には大きな差は認められなかった。中部と下部では植生高、植生率、出現種数ともに凸部と凹部で顕著な差があり、凹部で植生の発達が極めて悪く、すべての調査区で植生率が 5% に満たなかった。凹部で植生の定着が進んでいない理由として、定着した植物が斜面を流下する水に流されたり、凍上によって根が持ち上げられた株が転がり落ちたりする可能性が高いと思われる。特に、凹部でシートが地表面と離れてしまっている場所では、流下してきた土壌や植物を捕捉する効果が弱いし、凍上を抑える効果も弱いことが考えられる。

ガリー状の凹地に設置した帯状調査区の 10 cm × 10 cm の小方形区における植被率を、シートと地表面との垂直距離および斜面の傾斜角度に対して配分した (図 15-a)。植被率は、斜面の傾斜角度に対しては顕著な傾向を示さなかったが、シートと地表面との垂直距離が 8 cm 以上の小方形区では大きな値を示すところはなかった。このことは、シートが地表面から離れるとシートによる土壌の捕捉効果がなくなるとともに、植生を保護する効果が低下することを示しており、シート敷設の時に地表面と密着させることが重要であることが分かる。特に前述したように、この地域は春季に起こる土壌の凍上によって定着した植物が浮き上がり、斜面を転がり落ちる。図 15-a の結果は、シートによる植物の浮き上りを抑制する効果が期待できるものの、シートが地表面よりも 7-8 cm 以上離れてしまうとその効果が急激に減少することを示唆している。図 15-b は最深部からの距離が大きいところ、すなわち凸部に近い場所では植被率が高くなることを示している。また、最深部から 10 cm ほどまでのところでは植物の定着が悪いものの、最深部であっても緩やかな斜面では植物が定着できる可能性があることを示している。ガリー状の凹地で傾斜角度が緩い場所というのは、礫が堆積したり、側方から張り出した植物の根系などによって、上方からもたらされた土壌が堆積したりしているところである。このことは、ガリー状の凹地に、丸めた菰をシートの上から杭によって止めてシートを土壌表層に密着させることによって、上方から流れてきた土壌を捕捉することができ、それが植物の定着を促進する効果が期待できることを示唆している。今後、植生の発達状況の悪い凹地状の場所では、そのような手当てをする必要があろう。(石川慎吾)

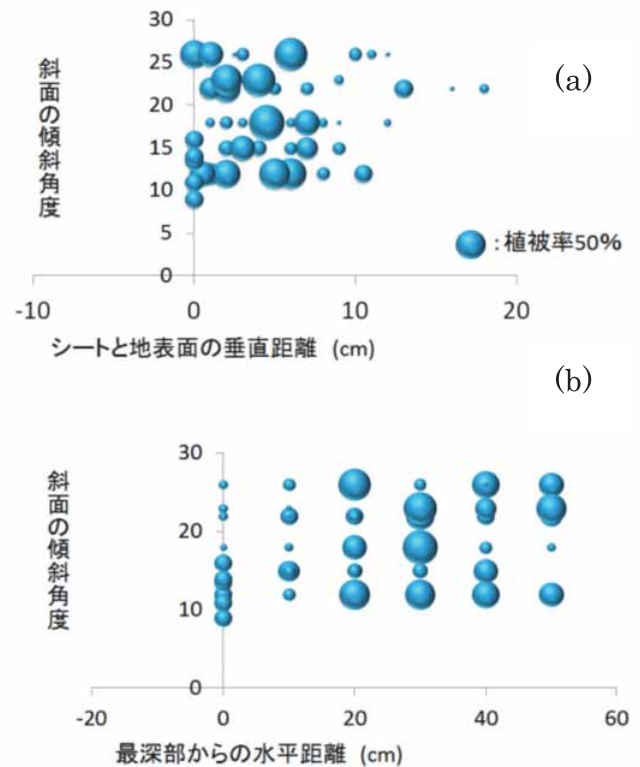


図15 帯状調査区の小方形区 (10cm×10cm) における植被率。(a)シートと地表面との垂直距離と斜面の傾斜角度に対する配分, (b)最深部からの水平距離と斜面の傾斜角度に対する配分.

引用文献

- 石川慎吾 (2011) 三嶺山城稜線部のササ原の枯死と再生を考える。「シカと日本の森林」(依光良三編), pp. 122-138. 築地書館, 東京.
- 石川慎吾 (2015) 四国山地のササ草原とシカ。「シカの脅威と森の未来」(前迫ゆり・高槻成紀編), pp. 185-196, 文一総合出版, 東京.
- 松井透 (2013) 植生再生とコケの役割 —ササ枯れ跡地に発達するコケ類群落の変化— 「蝕まれる三嶺の森と山々 —三嶺・剣山地区シカ被害状況公開報告会 (6) 資料集」, 三嶺の森をまもるみんなの会.
- 中嶋宏心・森本梓紗・石川慎吾・坂本 彰 (2011) 三嶺山城のササ原被害と再生対策 —ヤマヌカボによる緑化の可能性—. 「どう守る三嶺・剣山系の森と里—シカ被害対策を考える・シンポジウム (4) 資料集」, 三嶺の森をまもるみんなの会.
- 坂本彰 (2008) 急速に進む被害の実態 (2) —調査を通じて. 「どう守る危機に立つ三嶺の森 —深刻化するニホンジカ食害— シンポジウム資料集」. 三嶺の森をまもるみんなの会.

4. シカの食害はどのような土壌侵食を引き起こすか

はじめに

本報告では、シカの食害によってササ原が失われた斜面で発生している土壌侵食について述べる。三嶺山系では、各地でシカの食害が進行しており、目立つ食害はササ原の消滅である。ササ原が消滅している場所では、低木もシカの食害によって枯れて倒れている。シカの食害は高木にも及び、一部であっても樹幹の周りの樹皮がすべて食べられてしまった樹木は栄養が送れなくなり、ついには枯れている。

本報告ではササ原の消滅に着目して、その後発生する土壌侵食、さらには土砂災害について述べる。激しいササの葉・茎の採食が2年ほど続くと、地上部が消滅してしまう。そうすると、その後数年でササの地下茎も枯れてしまうといわれている。ササが消滅した斜面は土壌侵食が始まる。さらには、豪雨時の斜面崩壊、土石流発生の原因になり、下流の溪流までもが荒れてしまう。白髪山から白髪分かれ（白髪分岐）に向かって北北東に伸びる尾根から両側斜面にかけての地域も、シカの食害でササ原が消滅してしまった地域のひとつである（図1）。

白髪山ー白髪分かれの尾根の東側斜面には林道から白髪分かれに達する登山道が伸びている。現在調査している地域は白髪分かれに近い山道沿いなので、尾根根にも近い。登山道の通っている場所は、尾根の麓を流れる渓谷の分岐した支谷の谷頭部が分布する辺りに位置し、谷頭部のすぐ上流側には緩やかな凹型斜面とその隣の緩やかな凸型斜面が繰り返し現れているところで、シカの食害はここで起きている。



図1 調査地の位置

地質の特徴

はじめに、調査地周辺の地質とシカの食害が起きている斜面の地質断面についてお話する。白髪分かれ付近の地質は、四国をほぼ東西方向に横断する秩父帯のなかの北帯と呼ばれる地質体に属している。調査地には、緑色岩と泥質岩からなる地層が分布している。

緑色岩は、中央海嶺と呼ばれる海底山脈で噴出した玄武岩が海洋プレートに乗ってアジア大陸縁辺まで運ばれ、その後、海溝部で大陸プレートの下に沈み込み、高い圧力のもとで変成・変形された変成岩である。変成・変形過程で黒い玄武岩は緑色や赤色に変化するとともに、押しつぶされて薄くはがれやすい性質を獲得した。

一方、泥質岩は、大陸の大河で運ばれ、海溝に堆積した泥が大陸プレートの下に沈み込み、高い圧力のもとで変成・変形された変成岩である。この岩石はちょっと変わっていて、その中に、上述の緑色岩のほか、深さ 6000m 級の深海底で玄武岩の上に堆積した石英質のプランクトンが積もって硬い岩石になったチャートや、泥とともに大河から流れ込んできた砂が固まった砂岩からなる大小の岩塊を多量に含んでいる。このような岩石をメランジュと呼んでいる。メランジュは大陸プレートの下に沈み込むときにかき混ぜられるように機械的に混じり合ったものである。

大陸プレートの下で変成・変形したこれらの岩石は一転上昇に転じ、大陸の縁辺に付け加わり、付加体と呼ばれる地質体になった。ただし、四国山地をつくっている付加体は現在の場所で形成されたものではなく、1500 万年前に、日本海が形成された時期に大陸から離れ、移動してきたものである。

さて、調査地付近では、玄武岩と泥質岩が緩く北に傾斜して重なる。下位から、泥質岩、緑色岩、泥質岩、そして白髪分かれを中心に緑色岩が分布している（図2）。シカの食害による土壌侵食を調査している地域の地質は最下位の泥質岩とその上位の玄武岩である。

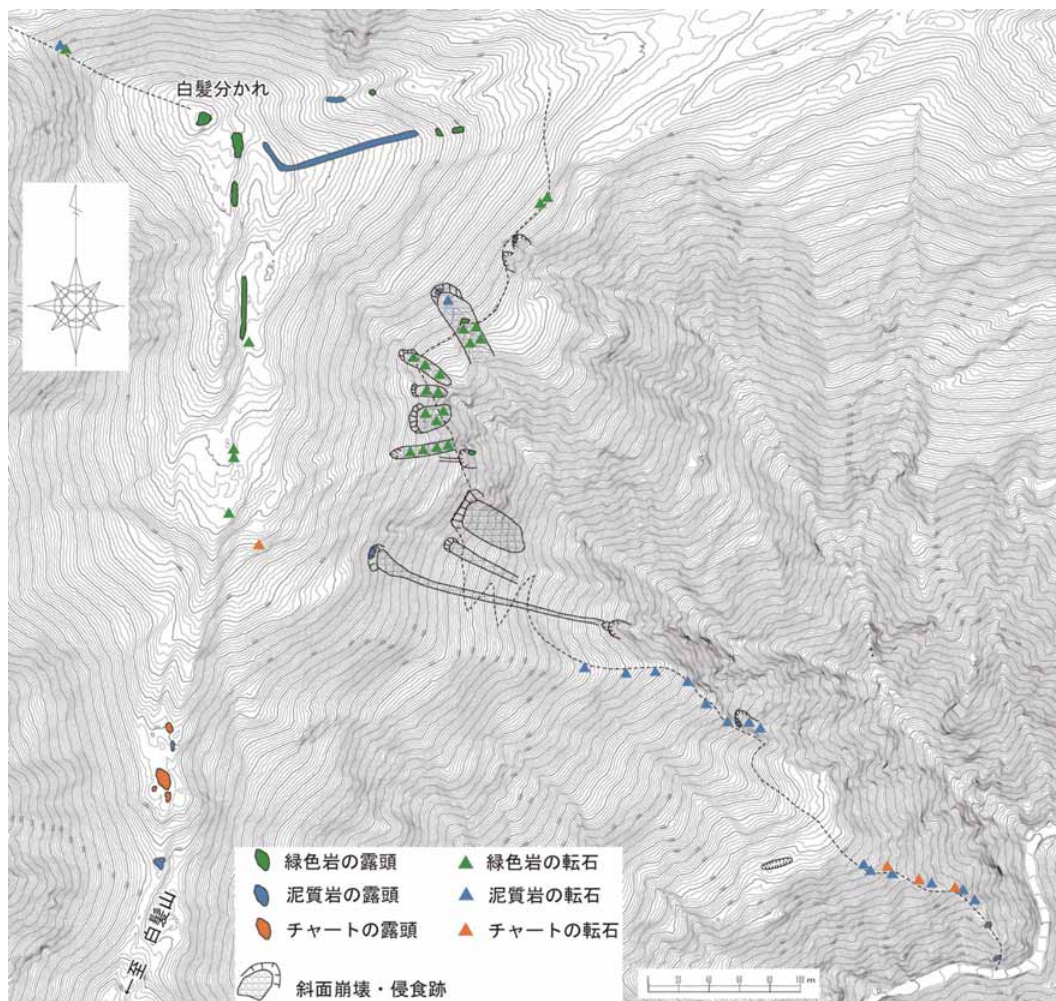


図2 地質ルートマップ.

地表付近では、泥質岩や緑色岩からなる岩盤の上位に、層厚 1 m 前後の煉瓦色の粘性土層が分布し、最上位の地表付近には層厚 20 cm 前後の黒色の腐植土層が被っている (図 3)。凸型斜面では粘性土層が欠落しているところもある。

煉瓦色の粘性土層の中には、大小の岩塊が多数含まれている。岩塊をつくっている岩石の種類はその下位の岩盤の岩石を反映している。そのため、緑色岩の分布地域では、緑色岩からなる径 10 ~ 30 cm 程度の板状岩塊が含まれている。緑色岩の岩塊は新鮮で硬い。一方、泥質岩の分布地域では、源岩に含まれている様々な岩塊を反映して、泥質岩からなる径 5 ~ 10 cm 程度の板状岩塊のほか、長径が 1 m を越えるチャート岩塊や、緑色岩や砂岩の小岩塊も含まれている (図 4)。

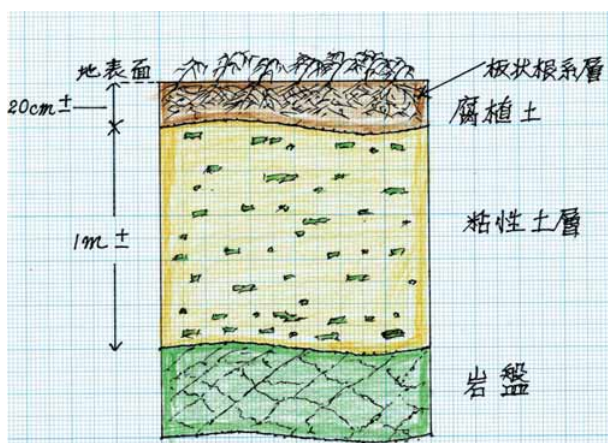


図3 泥質岩の分布地域の模式柱状図.



図4 泥質岩の分布地域における土壌の状況
粘性土層の硬質な岩片を多く含む.

黒色の腐食土層は、草木の根系が発達している地層である。根系と腐植土が一体となって広がっているため、板状根系層と呼ばれる。ササが繁茂しているときは、腐植土中に地下茎を張り巡らし、それがネットの役割を果たして、腐植土の流出を抑えていた。しかし、ササが枯れてしまった現在は、ヤマヌカボほか、イヤススキ、バライチゴなどの根が腐植土中に成長しているものの、ネット効果（地下茎の強度）は著しく低下している。

土壌侵食のタイプ

横山ほか（2014）は、板状根系層の破壊の進行形態から、土壌侵食のタイプを虫食い状侵食、地すべり状侵食、ガリ侵食の3タイプに分けた。その後の調査で、板状根系層の破壊がなくても、何年かに一度の豪雨時に発生する斜面崩壊は取りあえず切り離して考えるのが良いという結論に至った。粘性土層あるいはその下の岩盤に破壊面をもつ土砂移動現象を斜面崩壊と定義して、3タイプの土壌侵食と区別した。

a) 虫くい状侵食

これは、板状根系層が虫食い状に侵食されてバラバラになった板状根系層の塊が滑り落ちたり、転がり落ちたりする現象である（図5）。虫食い状侵食の大きな特徴は、土壌侵食の深さは深くないが、それが斜面全体に面的に広がっていることである。分離・孤立した板状根系層の滑落や転倒は、板状根系層の最下部の腐植土がその直下の粘性土層との境界で地下水によって洗い流されたことと、さらにササの地下茎が腐って板状根系層の塊を支えきれなくなったことが原因している。



図5 虫食い状侵食。 左：虫食い状侵食の初期段階。 右：虫食い状侵食の進んだ段階。

図6にみられるように、板状根系層の内部で地下水による地中侵食が発生し、腐植土の洗い流しが起きている。地表に地下水が流出するところでは筒状の穴が空いている。その穴は地下水の流れが地中を局部的に侵食して形成したもので、パイプ孔と呼ばれる。一旦、パイプ孔が形成されると、地下水はパイプの中を流れる。このような地下水をパイプ流と呼んでいる。板状根系層中には大小様々なパイプ孔が形成され、それらは成長し続けているものと考えられる。

ササ原が地表を覆っているときは、パイプ孔が形成されても地下茎のネットの効果で土壌侵食は起きない。新しい落ち葉も腐植土の再生に貢献する。ササ原が消滅した現在、腐食土の侵食は止めることが難しい。



図6 虫食い状侵食で露出した土壌。
多数のパイプ孔から土砂が流出している。

b) 地すべり状侵食

横山ほか(2014)では、板状根系層と粘性土層の境界付近にすべり面をもち、数メートル範囲の板状根系層の滑落を地すべり状侵食と命名した。地すべり状侵食に隣接して虫食い状侵食が発生しているところもある。地すべり状侵食と虫食い状侵食とは、ともに、板状根系層の下底面に沿った剥離が板状根系層の滑落の原因になっていて、両者に本質的な違いはない。強いて言うなら、地すべり状侵食は、小崖地形の発達などによって斜面傾斜が急になったところで発生しやすい(図7, 8)。



図7 地すべり状侵食。滑落崖らしきところは複数あり、移動体の一部はちぎれ落ちている。



--- 板状根系層と粘性土層の境界

図8 地すべり状侵食。板状根系層と粘性土層付近を境に、板状根系層が滑落している。

c) ガリ侵食

ガリ侵食は、侵食が溝をつくりながら成長し、板状根系層の破壊形態が線状になる。表層の板状根系層を侵食し、さらにその下位の粘性土層も深くえぐっている。下方侵食が特徴で、侵食深が深くなるに連れて、幅よりも深さの方が大きくなっている(図9)。侵食の深さは場所によって異なるが、深さ1m近くになっているところもある。このような線的侵食を、降雨時に地表面を流れる雨水だけで発生させることはササ原が消滅した現在でも難しい。豪雨時の表面流でガリ侵食が生じるのなら、至るところ、どこにでも生じて良いはずである。



図9 ガリ侵食を押さえる樹木や樹根。写真中央のガリを横切る粘性土層の壁も内部に樹根が発達しているものと思われる。それよりも下流側のガリ侵食は伏流水による可能性がある。



図10 ガリに沿って切断された樹根。

だが、現実はそうになっていない。このタイプの侵食では、とくにパイプ流の存在が重要であると考えている。地下水に細粒の土粒子、さらには岩塊が含まれると侵食力は一気に増大する(図10)。それによって、下方侵食が速まってガリが形成される。地形的には地下水が集まりやすい凹型斜面でガリ侵食は発生しやすいと予想される。

上述したようにしてガリが成長していくのであれば、基本的にガリ侵食は上流から下流に向かって進行していったと推察される。これは、下流から上流に向かって成長していく一般的な谷（溪谷）の成長とは侵食の進行方向が真逆である。

ガリ侵食であっても、板状根系層のネット効果の有無は重要である。パイプ流による侵食も、粘性土層と比較すると、板状根系層で発生しやすく、そこで発生した土粒子混じりのパイプ流が下位の粘性土層の侵食を引き起こし、板状根系層が失われると、侵食は粘性土層に直接及ぶようになるからである。

(2014, 横山)

斜面崩壊

現象的には、粘性土層や、その一部とその直下の岩盤が破局的に一気に崩壊する土砂移動現象で、その崩壊物は水と混じって土石流化する。粘性土層あるいは岩盤の一部に崩壊深が留まるものを表層崩壊、相対的に崩壊深が深く、岩盤内部まで深くえぐるものを岩盤崩壊と呼ぶことが多い。このような現象にも板状根系層のネット効果による抑制が期待されるが、豪雨時には板状根系層の有無にかかわらず、発生してしまう現象でもある。

斜面崩壊は溪流が上流へ成長する際に谷頭部で発生する。谷の谷頭部は、その上流部と比較すると急傾斜で、緩傾斜の上流部と急斜面の境界は、上流から下流に向けて、傾斜が「緩」から「急」に移り変わる遷急線になっている。このようなところでは地下水が地表に顔を出し、湧水がわき出るところなので、パイプ流が発生しやすく、崩壊しやすい。このような遷急線は尾根の平坦面と斜面の間や斜面中の小崖地形が発達するところに存在し、斜面の不安定化の原因になり、様々なタイプの土壌侵食、崩壊発生の引き金になっている。

タイプの異なる土壌侵食、斜面崩壊の相互関係

これまでタイプ別に土壌侵食と斜面崩壊の特徴をお話してきた。各タイプの土壌侵食や斜面崩壊は一応独立して進行しているように見えるが、いずれも、発生要因が地下水と深く関係しており、同じ地形的特徴を持つ場所で発生しているように見える。そしてひとつのタイプの土壌侵食や斜面崩壊が別のタイプの土壌侵食や崩壊の発生に影響しているように見えるところもある。タイプの異なる土壌侵食と斜面崩壊の相互関係を明らかにし、ササ原の消滅が土壌侵食や斜面崩壊に与える影響をさらに詳しく解明することがこれからの課題である。ここでは、相互関係の事例を一例紹介する。

この事例では、緩やかな凹型斜面の中で、最大崩壊深が4.8mに達する岩盤崩壊が発生した。岩盤崩壊の発生後、ササ原が形成され、崩壊面も一面ササ原で覆われ、一旦は斜面が安定した時期があった。しかしその後、シカの食害でササ原は消滅し、板状根系層のネット効果は失われた(図11)。

その後、岩盤崩壊跡では、表層崩壊が発生し、表層崩壊跡（岩盤崩壊跡）の少し下流からガリ侵食が始まり、105m程度下って、現在では、山道のすぐ下流で溪流の谷頭部と連結している。また、表層崩壊の滑落崖の直上や右岸側の斜面では、虫食い状侵食が広がっている。

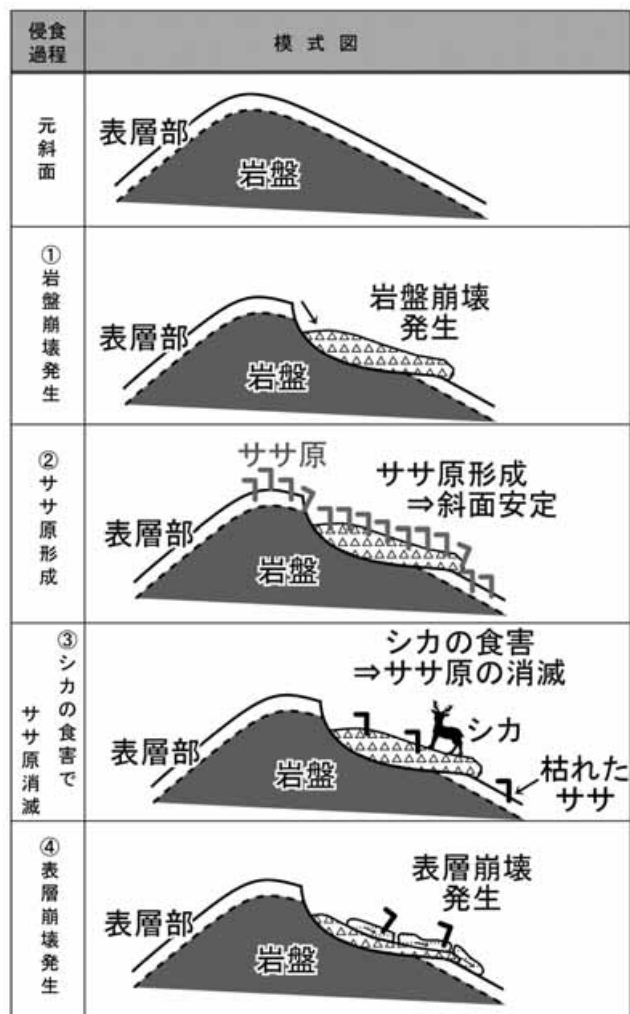


図11 シカの食害による斜面崩壊 発生過程の模式図.

表層崩壊，ガリ侵食，虫食い状侵食の発生時期とそれらの関係解明は難しい。岩盤崩壊そして表層崩壊発生場所の岩盤は泥質岩である。ガリ侵食の領域の岩盤は玄武岩で，ガリ底の岩塊は玄武岩のみである。岩盤崩壊発生時の泥質岩の岩塊は土石流化して溪谷に流れ込んだものと考えられる。ガリ底に泥質岩の岩塊がないことは，表層崩壊発生はガリ形成の以前と考えることができるが，表層崩壊の崩壊物はすべて溪谷まで流れてしまった可能性もある。

現在時間関係が明瞭なのは，虫食い状侵食の領域から，分離した板状根系層が表層崩壊跡斜面を滑落している。この現象は表層崩壊発生以降の現象である。虫食い状侵食の始まりは不明であるが，現在も進行しているように見える。それにはシカの歩行も影響している。（横山俊治）

引用文献

横山俊治・福島将太・比嘉基紀・石川慎吾(2014) 白髪山ー白髪分かれの尾根の東斜面で発生しているシカの食害地域の土壌侵食. 「どう守る三嶺・剣山系の森と水と土ーシカ被害対策を考える・シンポジウム(7)ー資料集」, 三嶺の森をまもるみんなの会, pp. 14-21