

資料

スギ・ヒノキ人工林における間伐後3年間の林床被覆と侵入植物種の変化

Three-year responses of forest floor cover and understory species composition to thinning
in sugi and hinoki plantations島田 博匡^{1)*}Hiromasa Shimada^{1)*}

要旨：三重県大台町のスギ・ヒノキ人工林において、獣害防護柵内外で間伐後の林床被覆と侵入植物種の変化を3年間調査した。スギ人工林、ヒノキ人工林の柵内外ともに、植生被覆率は夏期に高く、冬期に低下したが、同時に堆積リター被覆率が高まるため、林床被覆率は低下することなく、年々高まる傾向がみられた。出現した植物種数は年単位で増加する傾向がみられた。スギ人工林の柵内では柵外よりも植生被覆率、植物種数ともに大きかったが、相対散乱光強度の急激な低下がみられたヒノキ人工林では柵内外間でほとんど差異がみられなかった。柵外ではシカ不嗜好性植物の出現頻度が高かった。

キーワード：土壌侵食、光環境、不嗜好性植物、林床植生、林床被覆率

はじめに

人工林における土壌侵食の発生は、表層土壌を流出させることで地力低下（赤井1977）、河川水質の悪化（池田ら2012）、山腹崩壊の発生（島田2018）などの懸念を招くことから、林地の木材生産機能や水土保持機能を維持する上で大きな問題となる（渡邊ら2016）。日本の森林斜面において、土壌侵食は主に雨滴衝撃を営力として発生することから、林床植生と堆積リターの被覆により地表面を保護することが重要である（三浦2010）。被覆の指標として植生被覆率と堆積リター被覆率を一体として捉える林床被覆率が有用であり（三浦2000）、林床被覆率と土砂移動量との間には相関関係がみられることが示されている（初ら2010、三浦・永目2013）。林床被覆のうち堆積リター量は樹種特性によるものが大きいですが、林床植生量は森林施業により下層植生を豊富にすることで、人為的に管理可能であり、森林施業体系のなかに林床管理の視点を組み入れることが土壌保全効果を高めるために有効である（三浦2010）。

堆積リターは降雨、風、重力、動物活動などの影響により移動するが、林床植生は生育場所から動かないので、林床植生自体が持つ被覆効果に加えて、堆積リターの移動を抑制する働きも期待できる（三浦2010）。その意味では木本種や冬期にも地上部が残存する草本種、シダ植物の方が林床被覆率を

¹⁾ 三重県林業研究所

Mie Prefecture Forestry Research Institute

* E-mail : shimah03@pref.mie.lg.jp

高める効果が大きい可能性がある。また、近年ではニホンジカ（以下、シカ）が増加し（揚妻2013）、人工林においてもシカ採食により林床への植物の侵入が阻害される事例が報告されていることから（島田・野々田2009, 田村ら2016）、シカ生息密度が高い地域では植生被覆率を高めることが困難となる可能性がある。一方では、シカ不嗜好性植物が繁茂し、土壤保全効果を発揮する事例もみられ（石田ら2008）、侵入する植物種によってはシカ採食が植生被覆率にほとんど影響しない可能性もある。このように侵入する植物種の種類によって植生被覆の発達、被覆効果の発揮、その持続性に差異がみられる可能性がある。そのため、林床被覆率、植生被覆率に加えて侵入植物の種組成、侵入種の生活型やシカの嗜好性、植生遷移上の優占ステージなどを把握することが重要であると考えられる。本研究では間伐直後のスギ人工林、ヒノキ人工林内に獣害防護柵を設置する試験区と設置しない試験区を設け、試験区内で林床被覆と出現した植物種の変化を3年間調査し、林床被覆率、植生被覆率、出現植物種の変化を明らかにするとともに、その変化と植物種組成の関係性について検証した。

方法

1. 試験地

試験地は三重県多気郡大台町大字南地内の36年生スギ人工林と16年生ヒノキ人工林である。メッシュ年平均値2010（気象庁2012）による年平均気温が12.4℃、年間降水量は2,974.4 mm、地質は砂岩・頁岩・輝緑凝灰岩、土壌型は適潤性褐色森林土壌（B_D）であった。試験地の斜面下部（溪流から斜面方向に50～80 m程度）において、試験開始前の2015年3月に間伐が行われ、間伐木は等高線方向に沿って横並べされて筋工として利用されている。間伐前の立木密度はスギ人工林で1,950本/ha、ヒノキ人工林で1,750本/ha、間伐後はそれぞれ1,250本/haと1,150本/haであった。間伐直後の2015年4月下旬、スギ人工林では標高290 mの斜面下部、ヒノキ人工林では標高260 mの斜面下部において、それぞれ10 m×10 mの試験区を等高線方向に2つ隣接させて設置し（以下、スギ試験区、ヒノキ試験区）、一方をシカの影響を受けないように試験区周囲に高さ1.8 m、編目5 cmの獣害防護柵を設置する柵内区とし、他方を柵外区とした。各試験区内の下端付近で等高線に沿って土砂受け箱（塚本1999）を10個設置した。連続する5個を1セットとし、2つのうち1セットには土砂受け箱前面から斜距離で1 m程度上方に筋工を設置する筋工有区、他方は筋工を設置しない筋工無区として土砂移動量の観測が行われている（島田ら 投稿中）。

2. 調査方法

各試験区の中央付近において地上高1.2 mで全天空写真を撮影し、RGBfisheye ver.2.01（Ishida 2004）を用いて相対散乱光強度（%；以下、DIF）を算出した。また、林床被覆の状態を明らかにするために、調査期間中、植生成長段階の6月中旬～7月上旬（以下、成長期）、植生量が多くなる夏期の9月中旬～10月上旬（以下、夏期）、植生量が少ない冬期の1月中旬～3月中旬（以下、冬期）の年3回、各土砂受け箱直上の林床被覆率をポイントカウンティング法（三浦2000）で測定した。このとき、1観測点の大きさは50 cm×50 cmとし、1辺5 cmでタコ糸を張って10×10=100ポイントからなるメッシュ枠を測定時に各土砂受け箱前面の直上の地表に置き、各ポイントの林床要素を細土（2 mm未満）、礫（2 mm以上）、堆積リター、高さ50 cm以下の植生（コケ含む）のいずれかに判定し、林床要素ごとの占有率（%）を求めた。同時にメッシュ枠内に出現した全維管束植物の種名を記録した。DIFの測定日は2015年9月18日、2016年11月10日、2018年4月3日であった。地表面被覆の測定日は2015年6月15日、9月11日、2016年3月17日、7月6日、10月6日、2017年1月19日、6月13日、9月27日、2018

年1月19日であった。

植生被覆率と堆積リター被覆率の合計を林床被覆率とし（三浦2000），試験区毎に得られた10個のデータから調査回毎に植生被覆率と林床被覆率の平均値（%）を求めた。出現した植物種数については，各試験区内の全10観測地点に出現した植物種数（種/2.5 m²）を調査回毎に求めた。また，2015年6月，9月，2016年3月の調査を2015年，2016年7月，10月，2017年1月の調査を2016年，2017年6月，9月，2018年1月の調査を2017年とし，各試験区において年毎に各観測地点で1調査回以上出現した植物種をリストアップした。リストアップした植物種毎に各試験区における年毎の出現観測地点数を集計し，これを出現頻度（最大10）とした。また，不明種や属までの同定にとどまっているものを除く出現植物種のシカによる嗜好性を文献（九州森林管理局2012，橋本・藤木2014，神奈川県自然環境保全センター研究連携課2016，藤木2017）を元に調査し，採食植物，不嗜好性植物，情報なしに分類した。

結果

試験区のDIFの経年変化を図-1に示す。間伐後1成長期中の2015年9月にはスギ試験区では25%以上，ヒノキ試験区では20%程度のDIFがみられた。スギ試験区のDIFでは2成長期以降も20%程度がみられたが，ヒノキ試験区では急激に低下し，3成長期経過後には10%程度まで低下した。

図-2に各試験区における植生被覆率と林床被覆率の経年変化を，図-3に出現した植物種数の経年変化を示す。また，表-1に出現した植物種と出現頻度の経年変化を示す。

季節変化について，植生被覆率は，2017年のスギ試験区の柵内区を除き，いずれの試験区でも毎年夏期に最大となり，冬期に最少となる変化を示した。しかし，冬期には堆積リター被覆率が高くなるため，林床被覆率は低下することなく保たれた（図-2）。出現した植物種数についても，2016年と2017年のヒノキ試験区柵内区を除き，植生被覆率と同様に夏期に多く，冬期に少なくなる変化を示した（図-3）。

経年変化について，スギ試験区において，植生被覆率は柵外区では3年間ほぼ同程度であり，増加傾向がみられなかったが，柵内区の成長期と夏期については年々増加して柵外区よりも大幅に高くなった。しかし冬期の植生被覆率は3年間ほとんど変化せず，柵内外の差もみられなかった（図-2）。林床被覆率については柵外区では3年間通して微増傾向であったが，柵内区では大きく増加して2017年冬

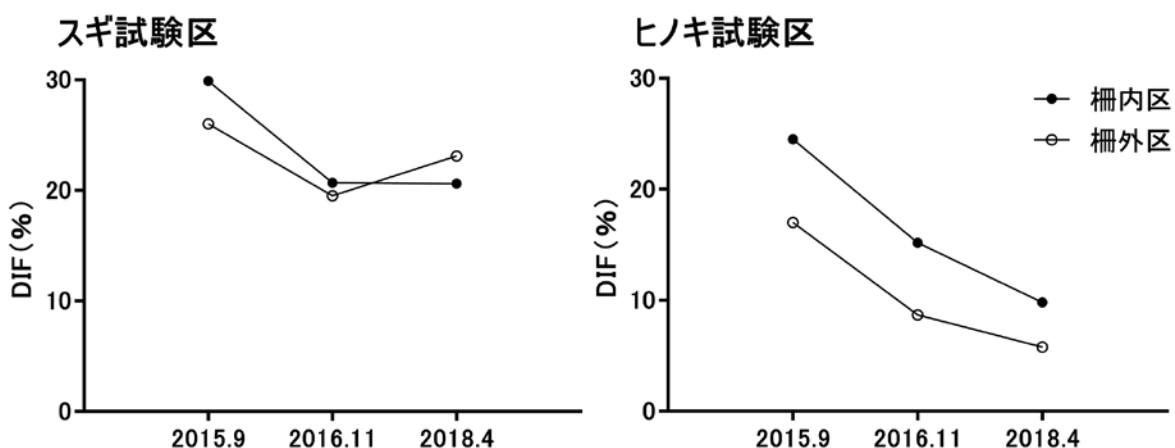


図-1. 相対散乱光強度 (DIF) の経年変化

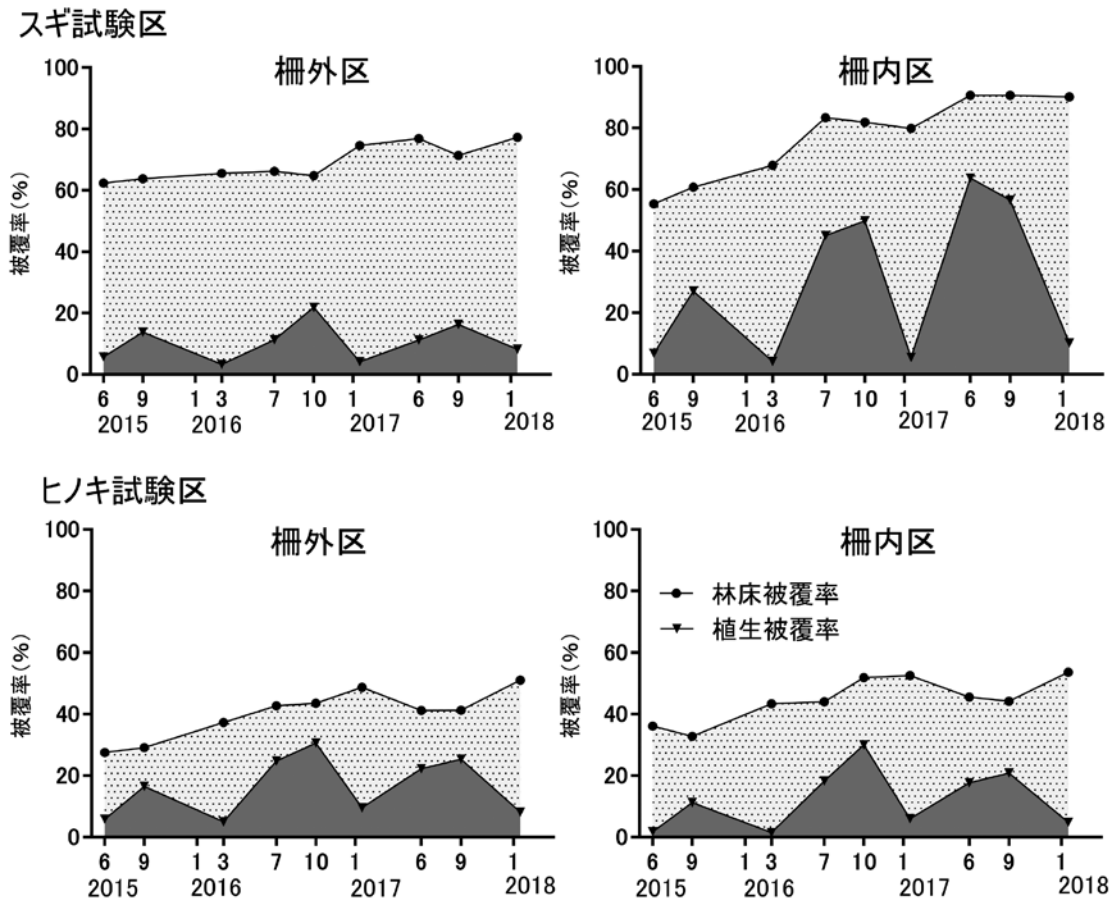


図-2. 植生被覆率と林床被覆率の経年変化. 林床被覆率と植生被覆率の差の部分が堆積リター被覆率となる.

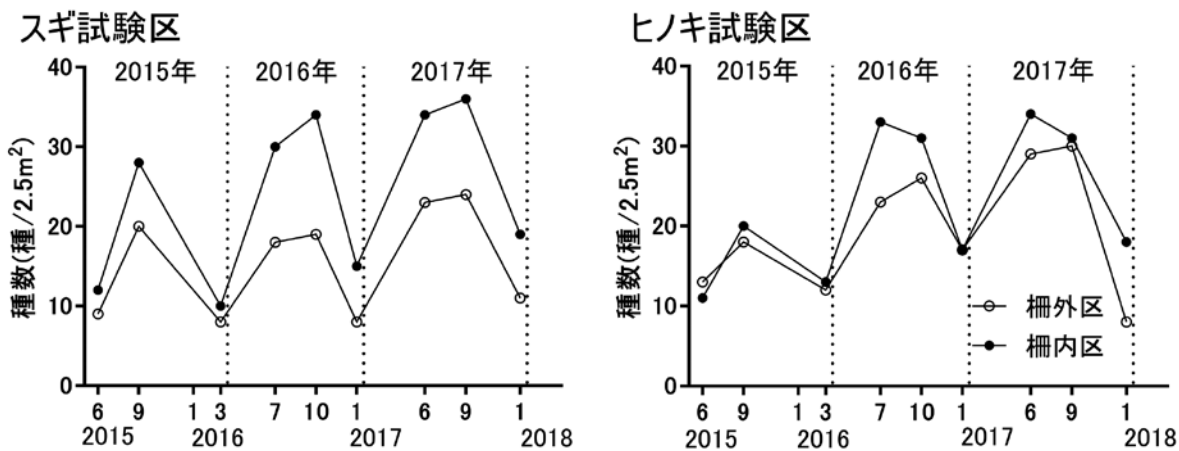


図-3. 出現した植物種数の経年変化

表-1. 出現した植物種と出現頻度の経年変化

生活型	種名	シカ嗜好性	スギ試験区						ヒノキ試験区							
			柵外区			柵内区			柵外区			柵内区				
			2015年	2016年	2017年	2015年	2016年	2017年	2015年	2016年	2017年	2015年	2016年	2017年		
木本	高木	アカメガシワ	採食	1	1	1	5	7	6				1	2	2	
木本	高木	カラスザンショウ	採食	2	2	1	4	5	3					1		
木本	高木	イイギリ	情報なし	1			1	1	1		1	1		1	1	
木本	高木	スギ	採食				1	1			1	1		1	1	
木本	高木	ウラジロガシ	採食				1	1	1							
木本	高木	オオバアサガラ	不嗜好				1	1	1							
木本	高木	ヒノキ	採食											2	1	
木本	高木	クマノミズキ	採食								1					
木本	高木	ケヤキ	採食				1									
木本	高木	シイ	採食			1										
木本	高木	ヤマザクラ	採食			1										
木本	亜高木	ヒサカキ	採食			2						1	1	1	2	
木本	亜高木	ヌルデ	採食					1	2							
木本	低木	イヅセソウ	不嗜好	2	4	4	1	3	2		2	3				
木本	低木	コガクウツギ	採食	1	1	2	4	3	4		1	2			1	
木本	低木	フユイチゴ	採食					2	3					1	3	
木本	低木	キイチゴ属spp.			1	1	2				3	1		1		
木本	低木	コアカソ	採食							1	3	3				
木本	低木	ヒメコウソ	情報なし					2	1			2				
木本	低木	ムラサキシキブ	採食			1					2	1		1		
木本	低木	イヌザンショウ	採食		1	1	1									
木本	低木	ウツギ	採食						1					1	1	
木本	低木	クサイチゴ	情報なし			2						1				
木本	低木	クサギ	採食					2	1					1	2	
木本	低木	ニガイチゴ	採食						1							
木本	低木	ヤブムラサキ	採食				1	1		1						
木本	低木	タラノキ	採食		2											
木本	低木	ナガバモミジイチゴ	採食			1	1									
木本	低木	コアジサイ	採食											1		
木本	低木	コジキイチゴ	採食			1										
木本	藤本	ナツツタ	情報なし				2	3	2			1	1	1	2	
木本	藤本	フジ	採食	1	1	1	1	2	2			2	1	1	1	
木本	藤本	アオツツラフジ	不嗜好								1			1	3	
木本	藤本	マタタビ	採食	1	1	1										
木本	藤本	ミツバアケビ	採食				1	2								
木本	藤本	テイカカズラ	採食												2	
木本	藤本	ハンショウツル	採食						1							
草本	多年草	マツカゼソウ	不嗜好	1	4	3	2	4	3		4	9	8	1	6	5
草本	多年草	ヤマジオウ	情報なし	3	4	4		1	1		6	8	9	3	4	7
草本	多年草	オオバチドメ	不嗜好	2	4	4					5	9	7	1	2	1
草本	多年草	ハダカホオズキ	不嗜好				1	2	2		2	9	5	4	6	4
草本	多年草	スゲ属sp.	—		1		1	3	5		2	4	5	3	4	5
草本	多年草	スミレ属sp.	—		1	1		1	1		2	5	5	1	3	3
草本	多年草	ツルニガクサ	情報なし		1			1	1		3	5	5	1	2	2
草本	多年草	タケニグサ	採食	1			5	5	6						1	1
草本	多年草	チヂミザサ	採食	1	1	2		2	3		1		3	1	3	2
草本	多年草	ノササゲ	情報なし				2	3	3							
草本	多年草	コフウロ	情報なし		1	1					1	1	1	1	1	1
草本	多年草	ギンレイカ	情報なし									1	1		4	1
草本	多年草	ヘクソカズラ	採食					2	2							
草本	多年草	ドクダミ	情報なし								1	2				
草本	多年草	ヤマノイモ属sp.	—						1						1	1
草本	多年草	カシワバハクマ	情報なし							1			1			
草本	多年草	ギボウシ属sp.	—			2										
草本	1年草	ハシカグサ	情報なし	2	1		1	2	1		8	10	6	5	8	8
草本	1年草	ダンドボロギク	不嗜好		9	9	1		1		2	2		4		1
草本	1年草	ペニバナボロギク	不嗜好	6	2	1	8	1			2	1			1	
草本	1年草	エノキグサ	情報なし											2	1	
草本	1年草	ツユクサ	採食								1					
草本	—	キク科sp.	—		1		1	3	4					1	1	
草本	—	草本不明種2	—	1				2						2		
草本	—	草本不明種3	—								1	1		1		
草本	—	草本不明種1	—			1										1
草本	—	シソ科sp.	—													1
シダ植物		コバノカナワラビ	不嗜好	8	7	7	3	3	3				1		2	2
シダ植物		コバノイシカグマ	不嗜好	3	3	1	1	1	3		3	6	4	1	3	3
シダ植物		イノデ属sp.	—	3	3	4	1	1	1		2	3	4	1	3	3
シダ植物		シケシダ	情報なし				3	3	2			4	3			1
シダ植物		シダ不明種1	—		1			1			5	1	1	2	1	1
シダ植物		ハシゴシダ	不嗜好	2		2						1	1	1	1	2
シダ植物		ノコギリシダ属sp.	—			1			1			2	2		2	1
シダ植物		イノモトソウ属sp.	—							2	2	2	2			
シダ植物		ハナヤスリ属sp.	—					2	2							
シダ植物		オオキジノオ	情報なし		1	1			1							
シダ植物		ハリガネワラビ	情報なし				1	1	1							
シダ植物		ペニシダ	不嗜好				1			1				1		
シダ植物		シダ不明種2	—								1	1				
シダ植物		ナチシダ	不嗜好									2				
シダ植物		イワヒメワラビ	不嗜好													1
シダ植物		コバノヒノキシダ	情報なし									1				
シダ植物		シダ不明種3	—	1												
出現種数合計				20	25	30	29	38	40	18	30	38	24	37	37	

表中の数値は出現頻度を示す(最大10).

シカ嗜好性は九州森林管理局(2012), 橋本・藤木(2014), 神奈川県自然環境保全センター研究連携課(2016), 藤木(2017)を参考に分類した.

期には調査開始時よりも20%程度増加した(図-3)。ヒノキ試験区では、植生被覆率には柵外区と柵内区の違いがみられなかった。また、いずれの時期の調査でも2016年には2015年よりも高まる傾向がみられたが、2017年にかけてはほとんど変化がみられなかった(図-2)。林床被覆率についても柵内外間でほとんど差異がみられず、いずれも3年間通して微増傾向であった(図-2)。出現した植物種数については、いずれの試験区でも年々増加する傾向を示し、柵内区の方が柵外区よりも種数が多かった(図-3、表-1)、ヒノキ試験区では経時変化において、スギ試験区と比べて柵内外間の種数差が小さく(図-3)、年単位では2017年にほぼ差がなくなった(表-1)。

調査期間中に出現した植物種数は木本種37種、草本種27種、シダ植物17種で計81種であった(表-1)。木本種の種数が最も多かったが、出現頻度が低い種がほとんどであった。また、全ての試験区で出現した種はイイギリ、コガクウツギ、キイチゴ属 spp.のみであり、出現した試験区に限られる種が多かった。草本種は全ての試験区で見られる種、出現頻度が高い種が多かった。マツカゼソウ、ヤマジオウ、ハシカグサ、ダンドボロギク、ベニバナボロギクは全ての試験区に出現し、比較的出現頻度が高い種であった。シダ植物ではコバノカナワラビ、コバノイシカグマ、イノデ属 sp. は全ての試験区にみられ、出現頻度も高かった。柵内区では柵外区と比べて先駆性の高いアカメガシワ、カラスザンショウ、タケニグサなどの出現頻度が高く(表-1)、スギ試験区の柵内区でみられた植生被覆率の経年変化における急増傾向(図-2)に貢献していた。柵外区ではマツカゼソウ、オオバチドメ、ハダカホオズキ、ダンドボロギク、ベニバナボロギク、コバノカナワラビ、コバノイシカグマなどの不嗜好性植物の出現頻度が高かった。

考察

試験地付近において近年のシカ生息密度のデータは無いが、試験地から直線距離で約3 km離れたスギ人工林で2005～2007年に行われた調査ではシカによる広葉樹更新阻害が確認されている(島田・野々田2009)。福本ら(2018)が2016年に行った落葉広葉樹林における下層植生衰退度調査においても試験地付近は衰退度3(6段階評価で2番目に被害程度が大きい)にあたり、シカ採食の影響が大きい場所であると考えられる。間伐後1成長期中のDIFはスギ試験区で25%以上、ヒノキ試験区では20%程度であり(図-1)、どのようなタイプの樹種の更新も可能とされる相対的光強度20%以上(小池・中静2004)が確保されていた。スギ試験区では柵内外間で植生被覆率、林床被覆率、出現植物種数に大きな差異がみられた(図-2、3)。また、スギ試験区の柵内区で多数みられた先駆種は柵外区ではほとんどみられなかった(表-1)。先駆種は間伐直後に多数侵入し、成長量も大きいことから(島田・野々田2009)、間伐後の植生被覆率における貢献度が大きい。スギ試験区の柵外区では先駆種がシカ採食により消失したため植生被覆率が高まらなかったと考えられる。ヒノキ試験区では植生被覆率に柵内外間の差がほとんどみられなかった(図-2)。このことには、間伐直後のDIFがスギ試験区よりも低く、その後も急激に低下したことから(図-1)、林床植生の侵入自体が少なかったこと、また、柵外区においてもマツカゼソウ、オオバチドメ、コバノイシカグマなどシカ不嗜好性植物が侵入し(表-1)、これらの植生被覆率が高かったことが関係していると考えられる。

植生被覆率が3年間上昇傾向であったスギ試験区の柵内区では林床被覆率でも上昇傾向がみられた。植生被覆率がほぼ横ばいであった他の試験区においても林床被覆率は微増傾向であった(図-2)。また、スギ試験区、ヒノキ試験区ともに落葉広葉樹や冬期に地上部が枯死する草本種が多かったことから(表-1)、冬期には柵内区においても植生被覆率が低くなったが、同時に堆積リター被覆率が増加したため、林床被覆率は高い水準で保たれた(図-2)。これらのことには、林床植生は堆積リターの移動を抑制す

る働きを有することから（三浦2010）、間伐後に林床植生が新たに侵入したことによりスギあるいはヒノキの堆積リターが蓄積しやすくなっていること、林床植生の落葉や枯死した地上部が堆積リターとなっていることなどの要因が考えられる。しかし、ヒノキ試験区においてはDIFが10%程度まで低下しており（図-1）、今後、植生被覆率が低下することが懸念される。このことが堆積リター被覆率、林床被覆率の低下にもつながる可能性があり、林床管理の視点からは林床被覆率が大きく低下する前に次の間伐など何らかの対策を実施することが望ましい。最適な対策実施時期を明らかにするために、今後も引き続き調査を行い、光環境、林床植生、林床被覆率の変化の関連性を解明する必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたり、森林所有者様には多くの便宜を図っていただきました。また、試験区の設置、調査において、浅井俊次氏をはじめ三重県林業研究所の多くの職員にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

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
- 赤井竜男（1977）ヒノキ林の地力減退問題とその考え方。林業技術419: 7-11
- 初 磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美（2010）丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌侵食量の関係。日林誌92: 261-268
- 藤木大介（2017）兵庫県におけるニホンジカの嗜好性植物、不嗜好性植物リスト。（兵庫ワイルドライフモノグラフ9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Ⅱ。兵庫県森林動物研究センター研究部編, 兵庫県森林動物研究センター）.118-126
- 福本浩士・鬼頭敦史・山端直人（2018）三重県の落葉広葉樹林におけるニホンジカの採食による下層植生衰退の広域的評価。森林防疫67: 3-10
- 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
- 池田英史・若松孝志・中屋 耕・阿部聖哉（2012）森林流域からの土壌流出の実態・支配因子と予測モデル開発の現状と課題。水文・水資源学会誌25: 396-409
- 石田弘明・服部 保・小舘誓治・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
- Ishida, M (2004) Automatic thresholding for digital hemispherical photography. Can. J. For. Res. 34: 2208-2216
- 神奈川県自然環境保全センター研究連携課（2016）シカ不嗜好性植物図鑑。神奈川県自然環境保全センター
- 気象庁（2012）平年値メッシュデータ（メッシュ平年値2010）。国土交通省国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02.html>（参照：2016-5-2）
- 小池孝良・中静 透（2004）樹冠樹の共存機構。（樹木生理生態学。小池孝良編, 朝倉書店）。29-26
- 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>（参照：2020-2-7）
- 三浦 覚（2000）表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床

被覆率の実態評価. 日林誌82: 132-140

三浦 覚 (2010) 林地の土壌侵食過程と林床被覆管理. 水利科学54: 78-100

三浦 覚・永目伊知郎 (2013) 森林モニタリングの土壌侵食調査手法を海外普及に向けて発信. 森林総合研究所平成25年版研究成果選集: 8-9

島田博匡・野々田稔郎 (2009) 針葉樹人工林における強度間伐後の広葉樹侵入に及ぼすシカ採食の影響. 日林誌91: 46-50

島田博匡 (2018) 根元付近の根系が露出したヒノキ立木の引き倒し抵抗力. 日緑工誌44: 123-126

田村 淳・上山真平・松崎加奈恵・鈴木哲平・藤森博英 (2016) シカの採食圧を受けてきた溪畔域の針葉樹人工林での広葉樹の更新に対する受光伐と植生保護柵の効果. 日林誌98: 279-285

塚本次郎 (1999) 移動土砂量の簡易測定法. (森林立地調査法. 森林立地調査法編集委員会編, 博友社). 195-196

渡邊仁志・井川原弘一・茂木靖和・横井秀一・平井敬三 (2016) 植栽樹種の違いが同一斜面のヒノキ, スギ, アカマツ人工林の表土移動に及ぼす影響. 日林誌98: 193-198