

# 林床植生の植被率と土壤侵食防止機能の指標となる 林床合計被覆率との関係

内山佳美\*・入野彰夫\*\*・大内一郎\*\*・丸井祐二\*\*

## I はじめに

丹沢を中心とした県西部の水源地域では、近年、人工林の間伐不足やニホンジカ（以下、シカ）の高密度の影響により森林内の林床植生が衰退し、裸地化に伴う土壤侵食の進行によって森林の水源かん養機能の低下が危惧されてきた（神奈川県、2005）。こうした森林の荒廃に歯止めをかけ、水源かん養機能等の森林の公益的機能を高度に発揮する森林を目指して（神奈川県、2005）、神奈川県は2007年度から「かながわ水源環境保全・再生施策」（以下、水源施策）に取り組んでいる。

丹沢の林床植生衰退地の土壤侵食は、高木層の樹木が存在するという環境下で発生しており、その点で農地や崩壊地の土壤侵食とは異なっている。丹沢の林床植生衰退地では、短期間の強い降雨に伴う地表流の発生が要因となって引き起こされ（畢力格図ら、2013）、その際の土壤侵食量は、林床植生の被覆状態に大きく左右される（若原ら、2010）。実際に、丹沢のブナ林で林床植生の衰退した植被率1%の裸地では、年間で厚さ約1 cmの表層土壤の侵食が観測されたが、同一斜面に設置された植生保護柵内で林床植生の植被率80%の箇所では、同じ期間にほとんど土壤侵食は発生していなかった（若原ら、2008）。このような実態からも、森林において進行する土壤侵食を抑制し、水源かん養機能の発揮を目指すためには、衰退した林床植生を回復させることが重要である。このため、水源施策では人工林の間伐やシカの管理捕獲など森林内の林床植生を回復させるための対策を進めてきた。

こうした各種対策の進捗に伴って、対策事業によ

る林床植生の回復効果を客観的かつ適切に把握することは、事業の評価や見直しの観点からも一層重要となってきた。いったん衰退した林床植生が回復していく過程においては、植生回復の指標に植被率が用いられ、時系列による変化や植生保護柵の内側と外側の比較により評価されることが多い（たとえば、田村ら、2013）。植被率は、植生調査における一般的な項目の一つであり、水源地域のモニタリングにおいても多くのデータ蓄積がある。

一方で、土壤侵食を抑制する観点からは、林床植生のみではなく落葉も合わせた地表面の被覆が重要となる（初ら、2010）。これまでの丹沢のブナ林における土壤侵食量調査から、林床植生と落葉による地表面の被覆率（以下、林床合計被覆率）と土壤侵食量には強い負の相関があること（初ら、2010）、林床合計被覆率が30%以下になると急激に土壤侵食量が増大すること（石川、2013）、反対に林床合計被覆率が75%以上であると大雨でも雨水の9割以上が地中に浸透して土壤侵食を引き起こす原因となる地表流の発生が抑制されること（海虎ら、2012）等の知見が得られている。さらに、こうした林床合計被覆率と土壤侵食量の関係は地形、地質、気候も異なる丹沢と日光の林床植生衰退地において共通することも明らかにされている（石川、2013）。しかし、こうした詳細な知見が得られていても林床合計被覆率は一般的な測定項目ではないことから、通常はほとんど測定されることはなく、植被率との関係も整理されていない。このため植被率と林床合計被覆率の対応関係が把握できれば、土壤侵食防止機能の詳細な知見とも関連づけて植被率を捉えることができると考えられる。

\* 神奈川県自然環境保全センター 研究企画部自然再生企画課（〒243-0121 厚木市七沢 657）

\*\* 神奈川県自然環境保全センター 研究企画部研究連携課（〒243-0121 厚木市七沢 657）

そこで、本稿では、既存の林床合計被覆率等の測定データを用いて、林床植生の植被率と林床合計被覆率の対応関係を検討した。

## II 調査方法

使用したデータは、対照流域法によるモニタリング調査地である山北町中川のヌタノ沢試験流域で、2012年～2019年の間に測定された林床合計被覆率等のデータである。対照流域法によるモニタリング調査では、2つの隣り合った小流域をひとつの試験流域として設定し、一方の流域で事業を行い（実施流域）、事業を実施しないもう一方の流域（対照流域）と比較して事業の効果検証を行っている。ヌタノ沢試験流域では、シカの影響による林床植生の衰退が進んでいたことから、2つの小流域の一方を実施流域として2014年4月に流域全体を植生保護柵で囲んでシカを排除し、もう一方の小流域は対照流域として何もせず、両者を比較しながらシカ対策の効果を検証している。なお、林床合計被覆率の測定は、植生保護柵内外における植生回復状況の把握の一環として行った。

ヌタノ沢試験流域内の調査プロット計11地点(図

1、表1)において各5箇所ないし3箇所設けたコドラートにおいて、夏季(8～9月)および落葉後(12月)に50cm四方ないし1m四方のコドラートの枠を置き1.2～1.5mの高さから写真撮影を行った。撮影した写真を用いて、初ら(2010)に示された方法によりPhotoshopによるゆがみ補正とコドラートの正方形の切り出しを行って全ピクセル数を計測した。正方形に切り出した画像で林床植生と同一色調の部分および落葉と同一色調の部分それぞれ選択



図1 ヌタノ沢試験流域の調査プロットの位置

表1 ヌタノ沢試験流域の調査プロットの概要

プロット番号	流域区分	林相区分	高木層の樹種	斜面位置	傾斜(°)	コドラート数 ※2
1		人工林	スギ(立木密度1100本/ha)	尾根	14	5
2		人工林	スギ(立木密度2000本/ha)	斜面	37	5
3	実施流域	広葉樹林	ミズナラ、クマシデほか	尾根	35	5
4	(柵設置)	広葉樹林	クマシデ	斜面	34	5
5		広葉樹林	ケヤキ、イロハモミジほか	沢(斜面下部)	42	5(3)※1
6		広葉樹林※3	ウラジロガシ、ツクバネガシほか	斜面	41	5(3)※1
7		人工林	スギ(立木密度1200本/ha)	尾根	17	5
8	対照流域	人工林	スギ(立木密度600本/ha)	斜面	24	5
9	(柵なし)	広葉樹林	ケヤキ、イロハモミジほか	尾根	28	5
10		広葉樹林	アカシデ、イヌシデほか	斜面	42	5(3)※1
11		広葉樹林	ケヤマハンノキ、フサザクラ	沢(斜面下部)	40	5(3)※1

※1 2012～2015年の測定ではコドラート数5、2016年以降はコドラート数3に絞り込んで測定。

※2 コドラートの大きさは、2012、2013年は50cm×50cm、2015年以降は1m×1m。(2014年は測定なし)

※3 プロット番号6は常緑広葉樹林で、その他の広葉樹林の調査プロットは、すべて落葉広葉樹である。

して、林床植生と落葉のそれぞれのピクセル数を計測した。林床植生のピクセル数を全ピクセル数で割って得られた値を植被率、落葉のピクセル数を全ピクセル数で割って得られた値を落葉被覆率、植被率と落葉被覆率の合計値を林床合計被覆率とした。また、土壤侵食の発生に関する付帯情報としてヌタノ沢試験流域で観測した雨量データを使用した。

### Ⅲ 調査結果

#### (1) 測定期間の降雨の概況

2012年～2019年ヌタノ沢試験流域の年降水量は、1920mm (2013年) から3174.5mm (2019年) の範囲にあった(図2)。林床植生の成長期と夏季の林床合計被覆率の測定時期を踏まえた5～8月の4か月間に着目し、年ごとの日最大降水量をみると、2015年の424.5mmが突出して大きかった(図2)。これは、総降水量489.5mmをもたらした2015年7月16～17日の台風11号の影響によるものである。5～8月の降雨に限定すると2012～2019年の測定期間では、2015年7月の台風11号による豪雨が土壤侵食の発生に比較的大きく影響したと考えられた。

#### (2) 調査プロットごとの植被率と林床合計被覆率の推移

測定結果の概況として、植生保護柵内および柵外

の調査プロットごとの植被率および林床合計被覆率の推移を図3に示した。植生保護柵内の調査プロットの植被率の推移をみると、2014年の柵設置以降、とくに落葉広葉樹林の調査プロットで夏季の植被率が年々高まり、調査プロットによっては最大で植被率40%に達した。これは、シカによる採食影響を排除した効果と考えられる。反対に人工林の尾根の調査プロットでは、2016年夏季に植被率25%であったが、その後徐々に低下して2019年夏季には15%となった。これは、シカの影響は無いものの、2004年に間伐を実施してから15年が経過しており、樹冠の閉鎖が進んだことによるものと考えられる。また、林床合計被覆率に関しては、2013年の落葉後から2015年夏季にかけてすべての柵内の調査プロットで大きく低下し、とくに人工林の斜面では32%まで低下したが、その後2015年落葉後にはすべての調査プロットで増加した。2015年夏季の林床合計被覆率の大幅な低下は、2015年7月の台風の影響によるものと考えられる。2016年以降は植被率10%未満で低迷する人工林の斜面と常緑広葉樹林の調査プロットを除いて、林床合計被覆率が100%近い値で推移し安定的であった。一方、植生保護柵外に関しては、植被率は最大でも20%程度であり2016年以降はすべての柵外の調査プロットで低迷していた。また、林床合計被覆率も2015年に限らず夏季の林床合計被覆率の低下がみられ、特

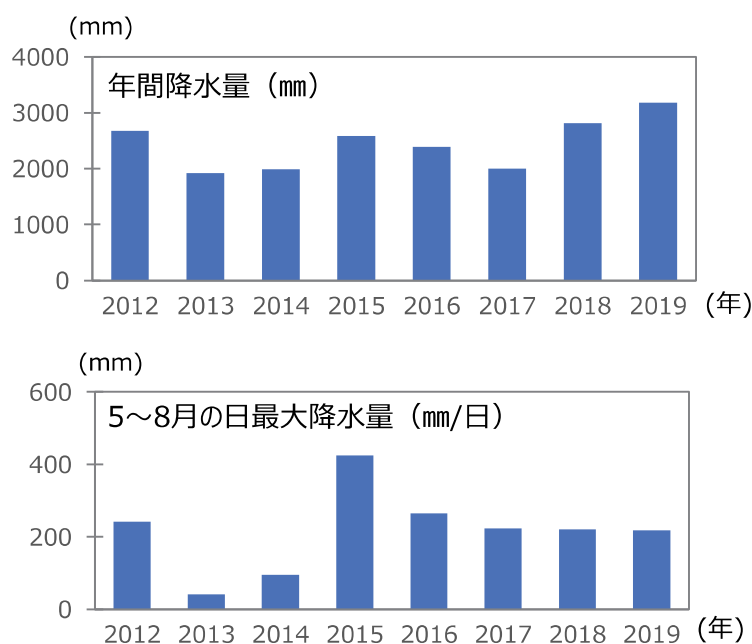


図2 2012～2019年の降雨の概況

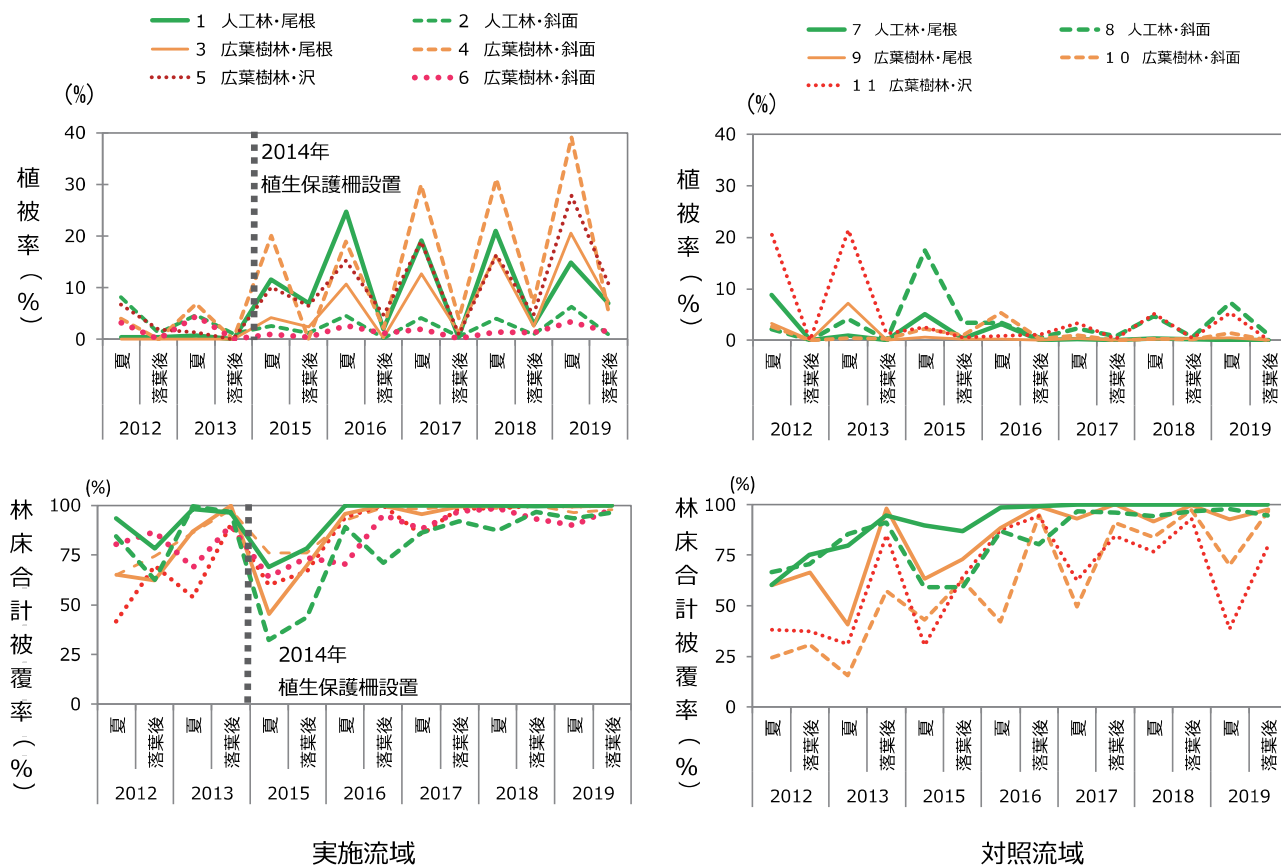


図3 調査プロットごとの植被率および林床合計被覆率の推移  
 ※各調査プロットの値は、調査プロットごとのコードラートの平均値である

に広葉樹林の調査プロットで顕著であり林床合計被覆率は度々 50%を下回った。

このような植被率や林床合計被覆率の推移は、丹沢のブナ林における林床合計被覆率等の季節変動とも整合していた。若原ら (2008) によると、ブナ林においては、落葉期には上層木から供給される落葉により林床合計被覆率が高まるが、その後は林床植生が乏しいと徐々に風雨により落葉が流出し、夏季に最も林床合計被覆率が低下する。一方で、林床植生があれば落葉が斜面に保持されるため、林床合計被覆率は年間を通して安定的に保たれるとされている。ヌタノ沢試験流域の植生保護柵内の広葉樹林の調査プロットで2016年以降の林床合計被覆率が低下せずに安定的に維持されているのも、柵設置以降の経年的な植被率の増加によるものと考えられる。反対に、植生保護柵外の広葉樹林の斜面や沢(斜面下部)の調査プロットは、毎年ではないものの夏季の林床合計被覆率の大幅な低下がみられ、林床植生が衰退した影響が顕著に表れていると考えられる。

### (3) コドラートごとの植被率と林床合計被覆率の関係

図4に人工林と広葉樹林に区分して2015～2019年に撮影したコードラートの写真ごとの植被率と林床合計被覆率の関係を示した。人工林と広葉樹林ともに植被率は0～20%の範囲に多く分布し、林床合計被覆率は75～100%の範囲に多く分布していた。海虎ら(2012)によると林床合計被覆率と土壌侵食を引き起こす原因となる地表流の流出率には高い負の相関があり、林床合計被覆率が75%以上であると大雨でも地表流流出率が10%以下、つまり雨水の9割以上が地中に浸透して地表流の発生が抑制されることが確認されている。このため、本稿の林床合計被覆率が75～100%のコードラートでは地表流の発生が抑制される水準にあると考えられる。しかし、植被率が20%未満の場合には林床合計被覆率が75%より大幅に低い事例が多くみられ、とくに2015年の豪雨後には柵の内外に関わらず顕著であった。一方で、植被率が20%を超えていると2015年の豪雨後も含めて林床合計被覆率は75%を大きく下回ることにはなかった。このことから、林床植生の植被率が20%未

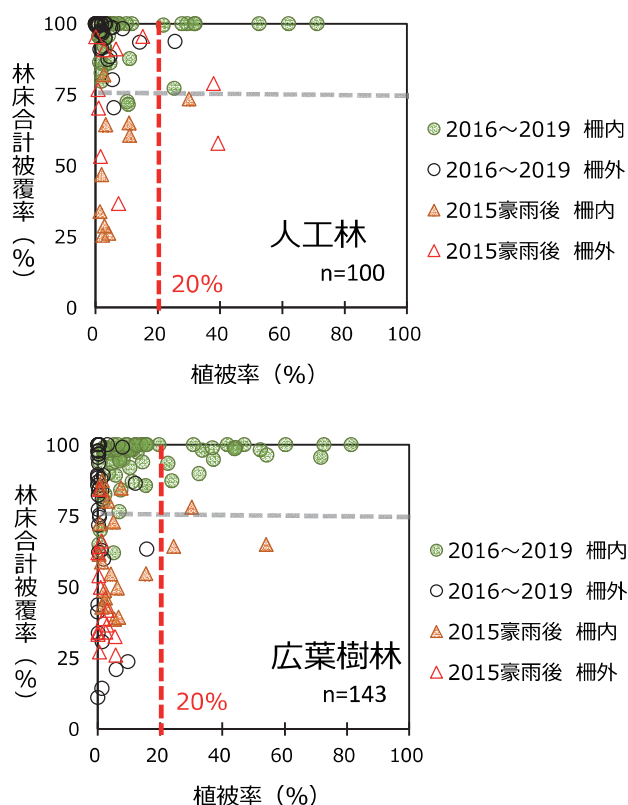


図4 植被率と林床合計被覆率の関係

※ 1m × 1m のコドラートによる 2015 年～ 2019 年の測定結果を用いた

満であると、夏季の豪雨の影響を受けて土壤侵食の発生につながる林床合計被覆率 75% 未満に低下しやすくなるため、土壤侵食防止機能を期待できる植生回復の目安として、林床植生の植被率 20% 以上は必要であると考えられる。

なお、人工林においては、2015 年の豪雨後の測定値を除くと植被率がゼロに近くても林床合計被覆率は 75% 以上であった。これは、季節や林齢を問わず高い落葉被覆率が維持されやすいスギ林（三浦, 2000）の特性によるものと考えられる。また、今回の調査プロットには、落葉被覆率が低下しやすいとされるヒノキ林（三浦, 2000）が含まれていない。ヒノキ林では今回のスギ人工林と異なる結果となる可能性があるため留意する必要がある。

#### IV まとめ

スタノ沢試験流域の各調査プロットのコドラートにおいて 2012 年～ 2019 年に測定した植被率、落葉被覆率、合計被覆率のデータを用いて、植被率と林床合計被覆率の関係を検討した。その結果、夏季の植被率が 20% 以上であると、森林内の土壤侵食の

要因である地表流の発生を抑制できる林床合計被覆率 75% 以上を維持できる可能性が高く、森林内の土壤侵食防止のための最低限の植生回復の目安になると考えられた。ただし、本稿は限られたデータによる検討であるため、今後も検証していくことが望ましい。

また、植被率が 20% 未満で推移するヌタノ沢試験流域の柵外の調査プロットでは、とくに広葉樹林で夏季の林床合計被覆率が 75% を下回る傾向が認められることから、柵外の広葉樹林では経年的な土壤侵食が進行していると考えられた。こうした箇所では、水源かん養機能等の公益的機能の発揮のために、管理捕獲等のシカ対策と合わせて、落葉を保持する土壤保全対策等の取組みが必要であると考えられた。また、人工林に関しては、間伐の実施から 15 年経過した植生保護柵内のスギ林では、樹冠の閉鎖に伴い林床植生の衰退がみられたため、シカ対策と合わせて適切な間伐も必要である。

#### V 謝辞

今回使用した測定データのうち 2015 年のデータは、日本ミクニヤ株式会社が受託して測定したものである。また、石川芳治東京農工大学名誉教授には、原稿への助言をいただいた。関係各位に厚くお礼申し上げます。

#### VI 参考文献

- 海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美 (2012) ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流出率に与える影響. 日本森林学会誌 94 : 167-174
- 畢力格図・石川芳治・白木克繁・若原妙子・海虎・内山佳美 (2013) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における降雨量・降雨係数及び地表流出量と土壤侵食量との関係. 日本林学会誌 95 : 163-172
- 石川芳治 (2013) シカの食害による土壤流亡を防ぐ知識と技術. 139-150. 「天然水の森」を科学する. サントリービジネスエキスパート (株) 水科学研究所・サントリーホールディングス (株) 編, 201pp, (株) 日本林業調査会, 東京.
- 神奈川県 (2005) かながわ水源環境保全・再生施策

- 大綱. 59pp, 神奈川県企画部土地水資源対策課,  
横浜
- 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. 日本森林学会誌 82:132-140
- 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浸食量の関係. 日本林学会誌 92:261-268
- 田村淳・末次加代子・藤森博英・永田幸志・池谷智志・小林俊元・栗林弘樹 (2013) 植生保護柵を活用したモニタリング地点の植生変化. 神奈川県自然環境保全センター報告 11:45-52
- 若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮 貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美 (2008) ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—. 日本林学会誌 90:378-385