

スギ・ヒノキ人工林の針広混交林化を目的とした

抜き伐り後4年間の下層植生の動態

近藤 晃・加藤 徹

農林技術研究所森林・林業研究センター

Dynamics of Undergrowth Vegetation Over Four Years After Regeneration Cutting Designed to Produce Mixed Forest with Coniferous and Broad-leaved Species from Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Plantations

Akira Kondo and Toru Kato

Forestry and Forest Products Research Institute/Shizuoka Pref.Res.Inst.of Agri.and Forest

キーワード：抜き伐り，針広混交林，植被，林床被覆，下層植生

I 緒言

スギ・ヒノキ人工林では、林冠の閉鎖により下層植生が衰退し、雨滴侵食と雨水の地表流等による森林土壌の表面侵食のため土柱や浮根がしばしば観察される。このような荒廃森林では水土保持機能や生物多様性保全機能等の低下が懸念されることから、これら森林機能を持続的に発揮させることが求められている^①。近年、これら森林機能の維持増進に配慮した人工林管理の観点から、このような荒廃森林を強度に抜き伐りして針広混交林へ誘導するとともに下層植生の回復を図る施策が行われている。

スギ・ヒノキ人工林を針広混交林化へ誘導する技術として、列状伐採等の抜き伐りは林冠にギャップを作出し、同時に林床の光環境を向上させることで、人工林内への下層植生の侵入・定着を促進させる効果をもつと予想され、実際に、下層植生の種数や個体数を増加させる上で有効であるという事例が報告されている^{3,5,7,13}。

しかしながら、抜き伐りを行ったにもかかわらず、下層植生の回復していない林分が散見されることを筆者らは確認している。静岡県で事業的に行われている抜き伐り^②は、間伐と異なり、本数伐採率が40%程度と高く、なおかつ伐倒木は搬出されず、材幹や枝条は林床へ整理

されることが多いなど、下層植生の回復基盤である林床がそれらで広く被覆されていることがその回復を阻害している一因と考えられるがこれまでのところ明らかにされていない。

そこで本研究は、下層植生が衰退したスギ・ヒノキ人工林において、列状等の抜き伐りを行った後の経年的な下層植生の動態を明らかにすると共に、伐り捨てされた伐倒木が下層植生の回復に及ぼす影響等を明らかにすることを目的に、下層植生の植被率と現存量及び林冠の開空度等を調査し、それら属性の要因を解析した。

II 材料及び方法

1 調査地

本研究の調査地は、静岡県内に所在する10箇所のスギ・ヒノキ人工林で、森林計画区ごとに、伊豆地域で2箇所、富土地域で2箇所、静岡地域で4箇所及び天竜地域で2箇所を選定した(図1)。各林分の概況を表1に示す。調査の期首(2006年)における林齢は24年生～55年生、標高は270～1100m、斜面方位は全方位、傾斜は4～45度で、下層植生がわずかに残存または消失した林分である。各林分では、2006年11月から2007年3月にかけて、本数伐採率が40%の抜き伐りが行われた。抜き伐りの方法は、列幅5m程度の列状伐採、一辺が5

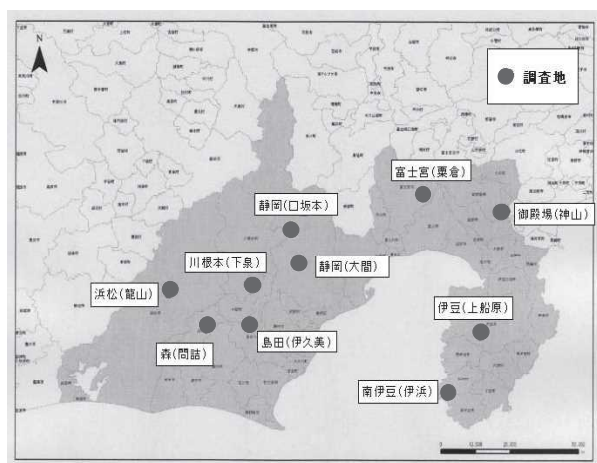


図1 調査地の位置図

m 幅程度の群状伐採及び単木状伐採で、前2者のいずれか1方法、またはそれらと単木伐採との組合せである。

2 調査方法

(1) 植被率及び下層植生量

調査地ごとに100m² (10m四方) のプロットを4個ずつ林内に設置した。そして毎年9～10月に、各プロット内のシダ植物以上の高等植物を対象に、高さ1m以下を草本層、高さ1～3mを低木層、高さ3～7mを亜高木層及び高さ7m以上を高木層として、それぞれの階層区分ごとに植被率を目測で調査した。

次に各プロットにおいて、そのプロット枠外の近傍で、そのプロットと植生状態の近似する3箇所1m四方の小方形区をそれぞれ設定し、その中の草本層と低木層の植生を地際より全て刈り取り、105℃で1昼夜乾燥したものを下層植生量とした。

なお、調査は抜き切り直前の2006年から2010年までの5カ年間としたが、植被率については、伊豆(上船原)、静岡(大間)及び島田(伊久美)の3調査地で、2007年から2010年まで測定を行った。下層植生量について、全調査地の2008年における測定値は欠測である。

(2) 伐倒木による林床被覆率

各プロットについて、プロット面積(100m²)に占める伐倒木の幹及び樹冠(枝葉)が林床を覆う比率を「伐倒木による林床被覆率」としプロットごとに計測した。

(3) 林内光環境

調査地の林内光環境を推定するため、各プロット内の5地点、すなわちプロットの中央及び各頂点の内側2m位置において、全天空写真を撮影した。撮影は、魚眼レンズ付きのデジタルカメラを三脚に固定し、地上高1.2m位置でレンズを鉛直上向きにして行い、撮画像解析ソフト(Gap Light Analyzer V2.0)¹⁾を用いて林冠の開空度を算出した。

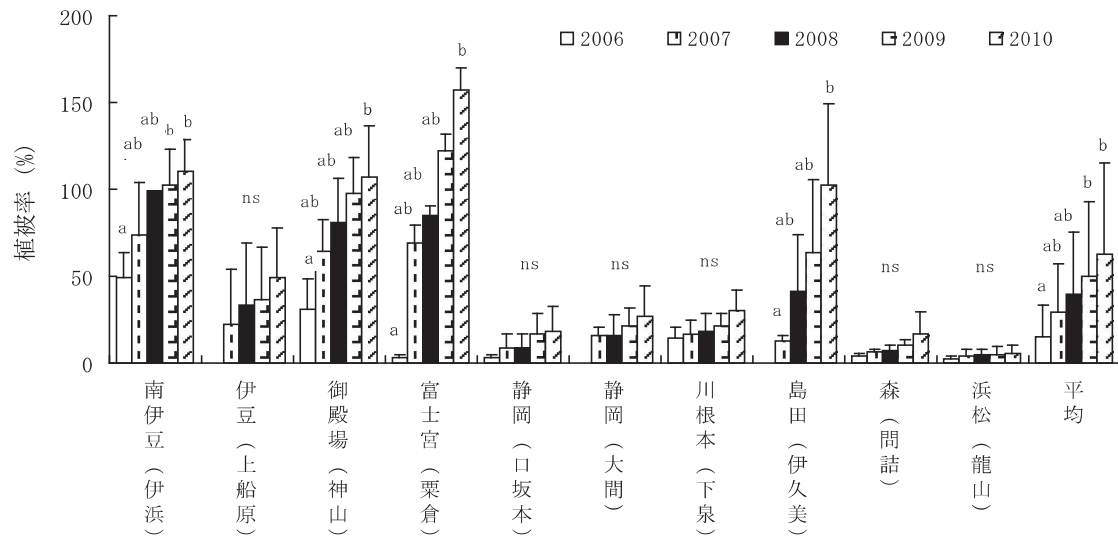
III 結果と考察

森林土壌の表面侵食は、林冠を構成する上木の枝葉から落下する粒径の大きな林内雨による雨滴侵食と雨水の地表流等により発生するといわれる¹⁰⁾。したがって、雨滴の衝撃力から森林土壌の表面侵食を緩和するには、植生高の低い下層植生が複層にわたって林地を被覆している状態が望ましい⁹⁾。そこで、森林の階層構造の中でも、下層に位置する草本層と低木層について、各植被率の合計値(以後、この値を植被率と称する)を調査地ごと、経年ごとに算出し比較した。各調査地における植被率の

表1 調査地の林分概況

NO	調査地名	所在地	林小班	樹種	林齢(年)	標高(m)	斜面方位	傾斜(度)
1	南伊豆(伊浜)	賀茂郡南伊豆町伊浜	3ぬ1	スギ・ヒノキ	38	420-460	SW	20-25
2	伊豆(上船原)	伊豆市上船原	271は36	スギ・ヒノキ	34-40	270-360	NE, N, SE	15-36
3	御殿場(神山)	御殿場市神山	54い5, 8, 9, 25	スギ・ヒノキ	44-54	640-700	S, SW, W, NW	20-35
4	富士宮(栗倉)	富士宮市栗倉	150い25, 26-1	スギ・ヒノキ	24-55	1020-1030	S, SW	4-10
5	静岡(口坂本)	静岡市葵区口坂本	159る1	スギ・ヒノキ	49	1030-1100	SE, S	15-32
6	静岡(大間)	静岡市葵区大間	45は3	スギ・ヒノキ	40	820-860	SE, S	20-34
7	川根本(下泉)	榛原郡川根本町下泉	188い29	スギ・ヒノキ	40	590-660	W, SW	23-36
8	島田(伊久美)	島田市伊久美	68は5, 5-1, 6	スギ・ヒノキ	30-40	510-560	E, EN	10-35
9	森(問詰)	周智郡森町問詰	68い22, 24	スギ・ヒノキ	43-45	380-420	N, NW	10-35
10	浜松(龍山)	浜松市天竜区龍山町下平山	49ろ1, 1-2, 2-1	スギ・ヒノキ	29-35	790-830	S, SW	25-45

林齢：2006年(抜き伐り時)の値。



異なる英字間には5%水準で有意差があることを示す。

表2 各調査地における優占種の経年変化

調査地	階層	2006	2007	2008	2009	2010
南伊豆 (伊浜)	低木層	ヒサカキ	ヒサカキ	カラスザンショウ	カラスザンショウ	カラスザンショウ
	草本層	ヒサカキ	ウラジロ	ウラジロ	ウラジロ	ウラジロ
伊豆 (上船原)	低木層					
	草本層		ヒサカキ	ヒサカキ	フユイチゴ	コバノイシカグマ
御殿場 (神山)	低木層			ハコネダケ	カラスザンショウ	カラスザンショウ
	草本層	ハコネダケ	ハコネダケ	ハコネダケ	ハコネダケ	ハコネダケ
富士宮 (栗倉)	低木層			クマイチゴ	クマイチゴ	クマイチゴ
	草本層		コナスビ	バライチゴ	バライチゴ	バライチゴ
静岡 (口坂本)	低木層				コアジサイ	コアジサイ
	草本層		アセビ	コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ
静岡 (大間)	低木層		イヌシデ	クロモジ	クロモジ	クロモジ
	草本層		コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ
川根本 (下泉)	低木層	アブラチャン	アブラチャン	マルバウツギ	コアジサイ	コアジサイ
	草本層	コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ	コアジサイ
島田 (伊久美)	低木層			タラノキ	タラノキ	タラノキ
	草本層		タケノグサ	クサイチゴ	クサイチゴ	クサギ
森 (問詰)	低木層				クロモジ	コアジサイ
	草本層		ヒサカキ	ヤブムラサキ	ヤブムラサキ	コアジサイ
浜松 (龍山)	低木層			シキミ	アセビ	アセビ
	草本層	アセビ	アセビ	アセビ	アセビ	アセビ

経年変化を図2に、また優占種の経年変化を表2に示す。全調査地における植被率の平均値は2006年が15±18(平均±標準偏差, 以下同じ)%, 2007年が29±28%, 2008年が39±36%, 2009年が50±43%及び2010年が62±52%で、年次間に有意な差異が認められ (Kruskal-Wallis 検定, $p=0.001$), 抜き伐り後、植被率の経年的な増加が確認

された。横井ら¹⁴⁾は、下層植生の発達に対する間伐の効果は、間伐後2年目以降であると報告している。本調査における全調査地の平均値では2006年と抜き伐り3年目以降の植被率に有意差が認められたが、その傾向は調査地ごとに異なる結果であった。調査地別では、2010年の植被率は富士宮 (栗倉) が158%で最も高く、ここでは

表3 植被率に関する年次間相関

年次	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
2006年	-	0.575	0.544	0.426	0.386
2007年	**	-	0.915	0.891	0.829
2008年	**	**	-	0.925	0.907
2009年	*	**	**	-	0.972
2010年	*	**	**	**	-

Spearmanの順位相関係数で、*及び**は5%及び1%水準で有意を示す

草本層にバライチゴ、低木層にクマイチゴが優占しており、抜き伐り直後からそれらの先駆樹種により急速に林床が被覆されていた。また南伊豆（伊浜）ではカラスザンショウ、島田（伊久美）ではタラノキ及びクサギ、御殿場（神山）ではアズマネザサの変種であるハコネダケ及びカラスザンショウがそれぞれ優占的に繁茂し、いずれも植被率は100%を上回っていた。抜き伐り4年後に植被率の高い上記の調査地の優占種は、いずれも休眠期間が長い埋土種子を形成する先駆樹種⁹が下層植生回復の初期には主要な構成種であった。雨滴侵食による表面侵食を抑制するためには、植被率の高いことが望ましいとされていることから¹²、植被率が100%を上回る調査地については、表面侵食を軽減させる水土保持機能が向上していると考えられる。

しかしながら、全調査地の内、当初から植被率が平均値以下で低い6調査地、すなわち伊豆（上船原）、静岡（口坂本）、静岡（大間）、川根本（下泉）、森（問詰）及び浜松（龍山）では、2010年における植被率の平

均値は6～49%で、それぞれ経年的に少しずつ増加しているものの、統計的には年次間に有意な差異は認められなかった（Kruskal-Wallis検定、 $p > 0.05$ ）。特に浜松（龍山）では、2010年の植被率がわずか6%であり、下層植生の経年的な増加は当初から進んでいない。ここでは、抜き伐り前から林床に生存していたアセビ、シキミ等の耐陰性の高い前生稚樹がわずかに残るだけで、新たに侵入した後生稚樹はヤブムラサキ、コアジサイなど極めて少なく先駆樹種はほとんどみられなかった。

次に、植被率に関する年次間相関について、Spearmanの順位相関係数を表3に示す。2006年から2010年までの各年次間について各プロットの植被率に有意な順位相関が認められた。この結果から、各プロットの植被率の値が年次間で大きく変動することが少ない傾向であることを示す。したがって、埋土種子が少ないと想定される植被率の小さなプロットは年数を経ても急激に植被率が增大することは少なく、植被率の飛躍的な増大はあまり望めないと予測される。

これらの結果から、抜き伐り後に侵入する下層植生の多寡は調査地により異なり、先駆樹種の侵入、繁茂が認められた林分では、植被率が短期的に増加した。したがって、先駆樹種の埋土種子が存在する林分では植被率の経年的な増加が期待されると考えられる。

図3に各調査地における下層植生量の経年変化を示す。下層植生量の平均値は、2006年が 0.12 ± 0.14 t/ha、2007年が 0.22 ± 0.22 t/ha、2009年が 0.57 ± 0.40 t/ha及び2010年が 1.14 ± 1.07 t/haで、年次間に有意な差異が認められ（Kruskal-Wallis検定、 $p = 0.004$ ）、経年的な増加が確認された。しかしながら植被率と同様に、全調査地のうち、

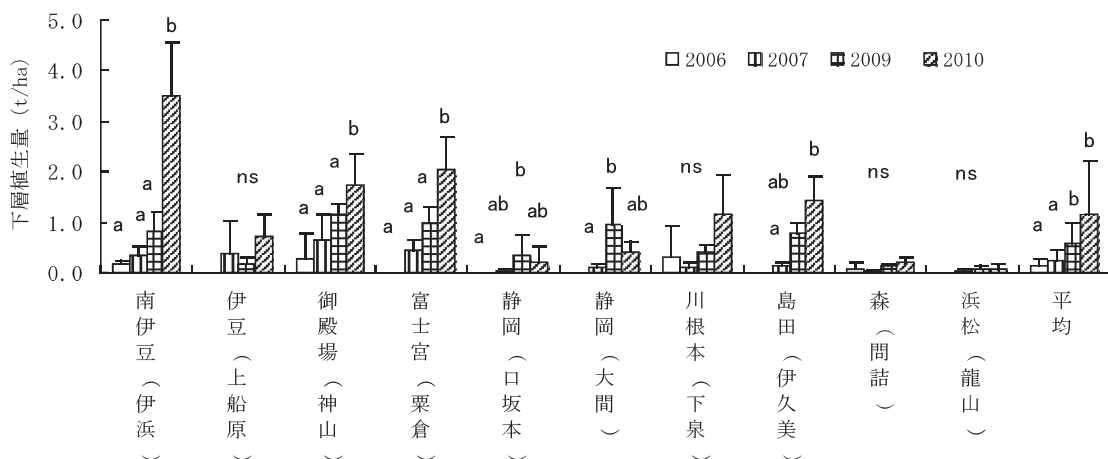


図3 各調査地における下層植生量の経年変化

異なる英字間には5%水準で有意差があることを示す。

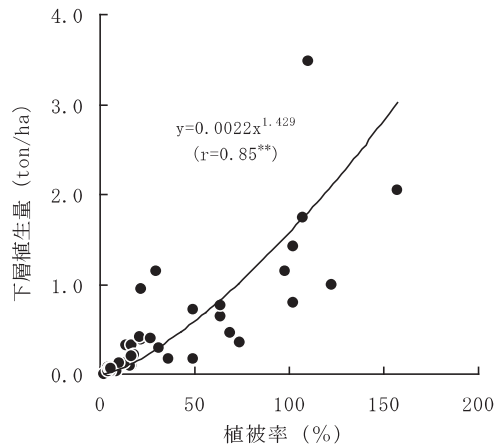


図4 植被率と下層植生量との関係

**は1%水準で有意な相関を示す。

2010年における下層植生量の少なかった6調査地、すなわち伊豆（上船原）、静岡（口坂本）、静岡（大間）、川根本（下泉）、森（問詰）及び浜松（龍山）では、下層植生量の平均値は0.06~1.14 t/haで、経年的にわずかず増加しているものの、2006年及び2007年と2010年との間には統計的に有意な差異は認められなかった

（Kruskal-Wallis検定、 $p > 0.05$ ）。谷本¹⁰⁾は皆伐新植地における雑草木の経年変化を調べ、その現存量が最大となる伐採4年後には約6 t/haであったと報告している。このことから、上記6調査地における2010年の下層植生量はこれらの値と比較して約1/100~1/6とかなり少ない

ものであった。

各プロットにおける植被率と下層植生量との関係を図4に示す。両者間には有意な相関が認められ（ $r=0.85$, $n=37$, $p < 0.001$ ）、植被率が高まるにつれて、下層植生量も累乗関数的に増加する傾向であることが示された。これは、植被率が2次元的な植物体量、下層植生量が3次元的な植物体量で、両者がともに定常状態に達していないためと推測される。このように、両者間に有意な相関が認められたことから、抜き伐り後4年程度の期間、下層植生の回復過程をモニタリングする上で、非破壊で簡便な目視調査による植被率が刈り取りという破壊調査である植生量の推定に有効であると考えられる。

下層植生の植被率が伐採後短期的に増加するには、埋土種子に由来する先駆樹種の侵入、繁茂が必要であることが確認されている。しかしながら、本県の事業による抜き伐りは本数伐採率が40%程度と高く、伐倒木による林床の被覆が相当に大きいと推測され、そのことが埋土種子の発芽、成長を阻害して、下層植生の回復に影響することが懸念される。そこで、下層植生の回復に及ぼす伐倒木の影響を検討するため、伐倒木による林床被覆率と植被率との関係を求めた（図5）。伐倒木による林床被覆率は、プロット内に倒された立木の整置状態により異なり、その被覆率は平均24%（5~45%）で、林床の約4分の1が被覆されている状態であった。抜き伐り1年後の2007年及び抜き伐り4年後の2010年のいずれにおいても、伐倒木による林床被覆率と植被率との間には有意な相関は認められなかった（ $r=0.06$ 及び0.02, $n=28$,

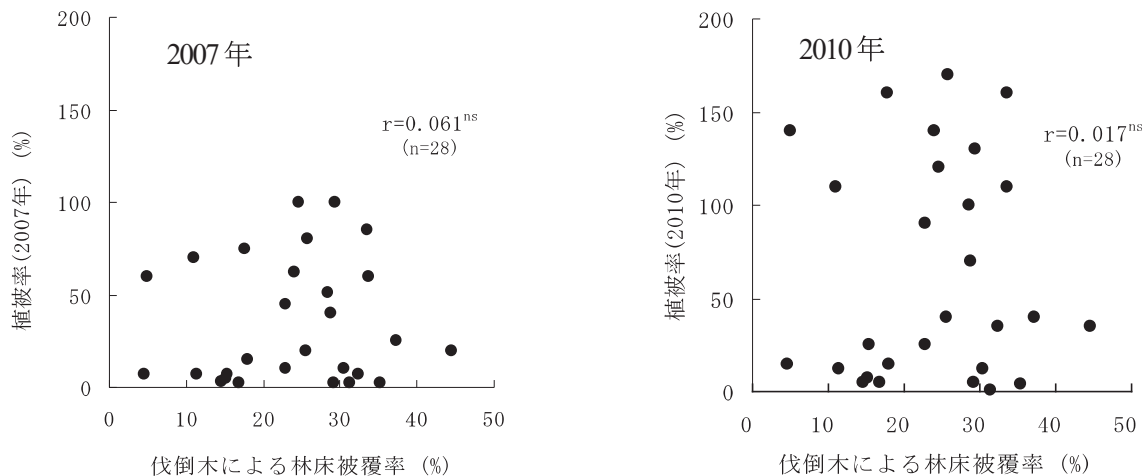


図5 伐倒木による林床被覆率と植被率との関係

2006年に抜き伐りを実施。

nsは有意な相関がないことを示す。

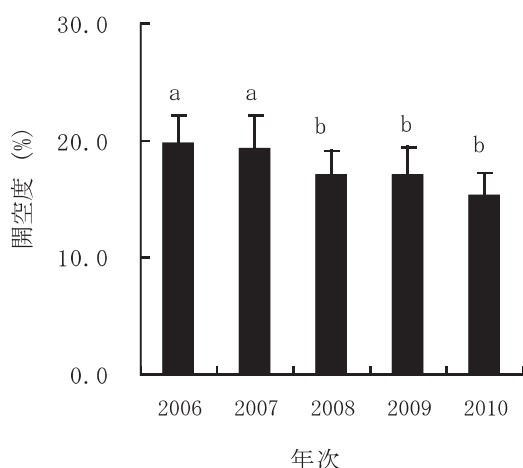


図6 林冠の開空度の経年変化

異なる英字間には5%水準で有意差があることを示す。

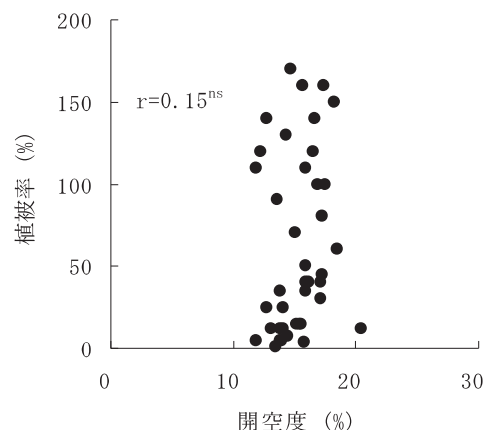


図7 林冠の開空度と植被率との関係

nsは有意な相関がないことを示す。

$p > 0.05$)。このことから、本数伐採率が40%程度の抜き伐りで立木が伐り捨てられても、下層植生の回復に影響は少ないと推測され、そのための枝条整理など、伐倒木の地拵えに留意する必要は少ないと考えられる。

図6に林冠の開空度の経年変化を示す。抜き伐り直後の全林分の平均開空度は20%であったが経年的にわずかながら減少し、2010年には約5%減少して15%となった。下層植生の植被率について、林内の光条件は支配的な要因であるといわれる²⁾が、本調査では、2010年における両者間には有意な相関は認められず(図7)($r=0.15$, $n=40$, $p > 0.05$)、植被率は光環境のみに影響されなかった。以上から各調査地における植被率の変動は、伐倒木による林床被覆や開空度の各単独因子のみで説明されないことから、その他の要因、たとえば埋土種子の有無やニホンジカ等の採食害などがそれぞれの立地環境に応じて複合的に影響していると考えられる。

今後は、抜き伐り後の経過に伴い侵入、定着する広葉樹の密度や種組成などを明らかにするとともに、針広混交林化の促進に必要な施業技術を開発していく必要がある。

IV 摘要

下層植生の回復程度は調査地により著しく異なり、回復の良好な調査地でも植被率の増加は施行3年目以降に現れる林分が多かった。植被率が短期的に増加する林分では、先駆樹種が侵入、繁茂し優占することが認められた。

植被率と下層植生量との間には相関が認められ、植被率は下層植生量の推定に有効であると考えられた。一方、抜き伐り後の開空度や伐り捨てされた伐倒木による林床被覆が下層植生の回復に影響することは少ないと推測された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、静岡県内各農林事務所の森林・林業関係職員には調査林分の設定等に際し、ご協力とご支援をいただいた。ここに謝意を表す。

引用文献

- 1) Frazer G.W., Canham C.D. (1999) : GLA version 2: Gap Light Analyzer. Copyright © 1999: Simon Frazer University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York (http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap_light_analyzer.htm)
- 2) 清野嘉之 (1988) : ヒノキ人工林の下層植物群落の被度・種数の動態に影響を及ぼす要因の解析. 日林誌 70, 455~460.
- 3) 近藤 晃(2010) : 抜き伐りが広葉樹の天然更新に及ぼす影響 (I) ヒノキ人工林における列状伐採4年後の結果. 中森研 58, 51~52.

- 4) 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.
- 5) 村本康治・野上寛五郎・高木正博 (2005) : ヒノキ壮齡林の下層植生におよぼす列状間伐の影響—間伐5年後の種組成—. 九州森林研究 58, 59~62.
- 6) 大原偉樹 (2007) : スギ人工林の間伐にともなう林床植生の変化と水土保全機能に関する研究の必要性. 森林総研研報 403, 127~134.
- 7) 島田博匡 (2006) : ヒノキ人工林の林床における強度間伐後2年間の木本種動態. 三重林研報 18, 1~12.
- 8) 森林総合研究所 (2010) : 広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—, 36pp, 森林総合研究所, つくば.
- 9) 静岡県 (2011) : 森の力再生事業実施要領, 静岡県森林局長通知, (<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke710/mirai/morinotikaradownload.html>)
- 10) 谷本文夫 (1982) : 造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する研究 (第1報) スギ幼齡造林地におけるスギと雑草木の生長. 林試研報 320, 53~121.
- 11) 塚本良則 (2002) : 森林・水・土の保全—湿润変動帯の水文地形学—, 138pp, 朝倉書店, 東京.
- 12) 渡邊仁志・井川原弘一・横井秀一 (2004) : 土壌侵食の危険性に対応したヒノキ人工林の下層植生タイプの分類. 中森研 52, 263~266.
- 13) 横井秀一・井川原弘一・渡邊仁志 (2008) : 間伐後3~5年を経過したヒノキ人工林の下層植生. 岐阜県森林研研報 37, 17~26.
- 14) 横井秀一・井川原弘一・渡邊仁志 (2009) : 下層植生が衰退したヒノキ人工林における間伐後2年間の下層植生の変化. 岐阜県森林研研報 38, 17~26.