

スギ林の下層植生と光環境及び林分構造の関係

新木香織, 増谷利博, 園原和夏(日大生物資源)

要旨: 下層植生と光環境の関係性, また下層植生に立木密度や林齢などの林分構造の要素との関係性を調べた。対象地は, 大分県玖珠郡九重町にある, 九州林産株式会社の社所林, 43~45 林班である。林分構造, 下層植生被覆率, 開空度, 相対照度の調査を行った。そして, 下層植生被覆率と開空度または, 相対照度との関係性, 下層植生被覆率と林分構造の各因子との関係性について考察した。また, 目的変数を下層植生被覆率とし, 説明変数を開空度と林分構造の因子, 相対照度と林分構造の因子の光環境因子を 2 通りとしたときの場合のステップワイズ法による重回帰分析をした。その結果, 単回帰の場合は, 下層植生被覆率と開空度, 相対照度, 立木密度, 平均樹高に相関が見られた。重回帰分析は, 光環境因子を開空度としたとき選択されたのは, 開空度, 傾斜, 相対幹距, 収量比数, 林齢であり, 相対照度の場合は, 相対照度, 平均樹高, 林齢, 材積であった。2 通りとも高い相関を示す式を得られた。開空度, 相対照度は一長一短があり, 状況に応じて使うことで下層植生被覆率を推定できると考えられる。今回の調査は, プロット数が 23 と少なかつたためデータを増やしていく必要がある。

キーワード: 林分構造, 下層植生被覆率, 開空度, 相対照度

I はじめに

近年, 森林の水源涵養機能や土砂災害防止機能などの公益的機能が注目されている。森林の公益的機能の発揮には, 下層植生が十分生育していることが重要であり, 林内に下層植生を生育因子させる因子として, 林内に射し込む光環境がある。林内の光環境の調査には開空度と相対照度が用いられることが一般的である。開空度と相対照度の開空度と相対照度との関係を調査している例は多くある (1, 2, 3, 5, 11)。また, 下層植生と開空度, 相対照度に着目した報告として, 85 年生スギ林, 70~95 年生ヒノキ林における相対照度と下層植生の被覆率の関係を調べた事例 (6, 7), 85 年生ヒノキ林内の相対照度と林床のモミジイチゴ群落との関係を調査した事例 (8, 9) があるが, これらは, 対象林分は高齢林である。若齢のトドマツ人工林の間伐に伴う光環境変化と林床の広葉樹および草本類の状況を調査した事例もあるが, 日本の主要樹種であるスギで, なおかつ若齢~壮齢の林分を対象とした事例は少ない (4)。

II 調査地

調査地は大分県玖珠郡九重町にある (図-1), 九州林産株式会社所有林である。九重町は大分県の南西部に熊本県と接して位置しており, 広大な火山性の高原があ



図-1. 大分県九重町の位置

る。調査の対象となった山林の標高は 800~1200m である。林分調査は 8 月 18~22 日の 5 日間にかけて行った。調査林分の林齢は 15 年生から 60 年生のスギ林であり, 合計で 23 プロットの調査を行った。

III 方法

1. 調査方法 林齢や立木密度などに応じて半径 8 m (0.020ha), 半径 10m (0.031ha), 半径 12m (0.045ha)

Kaori ARAKI, Toshihiro MASUTANI, and Waka SONOHARA (Coll. of Bioresource Sci., Nihon Univ., 1866 Kameino, Fujisawa, Kanagawa, 252-8510), Relationship among undergrowth, light conditions and stand structures in sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations

表-1. 林分構造と下層植生被覆率, 光環境

林齢	傾斜	方位	立木密度 (本/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	収量比数	相対幹距 (%)	下層植生 被覆率(%)	開空度(%)	照度(%)
15	5.4	東	2587	15.3	11.1	280	0.83	17.7	4.2	11.3	0.3
24	8.0	北	1242	17.1	13.9	210	0.63	20.4	89.7	23.4	7.4
24	6.7	北西	1529	17.0	12.7	231	0.69	20.1	82.6	18.8	5.2
26	17.0	南西	1624	19.8	14.0	356	0.81	17.7	62.7	19.3	2.8
26	18.1	南西	1752	18.7	12.6	306	0.78	18.9	68.6	22.3	3.3
30	12.1	南西	1688	20.4	15.4	436	0.83	15.8	40.1	17.9	0.5
30	10.9	南西	1433	22.5	16.9	485	0.84	15.6	49.9	16.1	0.6
30	11.8	南西	1465	24.1	13.9	457	0.83	18.8	12.7	16.0	0.2
37	7.8	東	1242	24.0	18.4	519	0.82	15.4	89.2	24.1	3.8
38	5.9	南西	1592	23.1	12.2	399	0.82	20.5	15.2	15.6	0.5
39	12.6	南東	1656	22.8	14.8	508	0.88	16.6	61.0	20.2	7.7
39	12.5	東	1433	24.8	16.9	575	0.88	15.6	61.7	20.2	2.5
40	4.9	西	1051	28.5	21.5	684	0.86	14.3	88.4	21.5	7.7
40	16.2	南西	1274	23.0	16.3	438	0.77	17.2	35.4	17.4	3.3
40	6.7	南西	1592	21.3	14.4	419	0.82	17.4	8.2	16.9	0.6
40	17.4	南西	1879	19.8	14.5	421	0.86	15.9	0.7	15.3	1.0
41	15.8	東	1497	18.9	11.4	243	0.70	22.7	17.1	22.3	4.8
41	15.8	東	1889	19.2	10.7	294	0.79	21.5	15.8	20.1	5.6
41	19.2	北西	987	25.7	18.7	466	0.76	17.0	79.5	30.0	9.3
41	19.0	北	1083	26.2	19.3	548	0.81	15.7	80.1	26.5	4.7
60	5.2	北東	1018	26.4	19.3	543	0.80	16.2	75.3	22.5	5.8
60	5.8	北東	1195	25.7	20.6	625	0.86	14.0	78.6	21.8	7.0
60	9.6	北東	1305	21.7	18.9	460	0.81	14.6	77.3	19.7	4.5

のいずれかのサイズの円形プロットを設定した。

〔林分調査〕プロット内の胸高直径, 樹高を測定した。胸高直径はプロット内の樹木をすべて測定し, 樹高はすべての直径階を含むように2本に1本の割合で測定した。このデータを用い, 樹高曲線を求め直径階別の樹高を算出した。これらの結果から, 立木密度, 材積, 平均樹高, 平均直径, 収量比数, 相対幹距を求めた。

〔開空度〕林内の全天空写真の撮影は, プロットを中心, プロットの半径の半分の円周上8カ所の計9点で行った。全天空写真の撮影は, 魚眼レンズ(Nikon DX ED Fisheye)を取り付けたデジタルカメラ(Nikon DIGITAL CAMERA D80)を使用し, カメラを1.2mの高さに水平に固定し, 写真の上が北になるように設置した。撮影はハレーションが起らない天候下で行った。1カ所につき3枚撮影し, その解析にはフリー解析ソフトLIA 32 windows (10)を使用し, 開空度を求めた。

〔相対照度〕照度の測定には, 照度計(アレック電子MDS-MvV)を使用した。測定時間を1秒おきに設定し, 10分間測定した。林内には全天空写真の撮影と同じ場所計9カ所と, 全天照度を測定するため, 周りに光をささぎるものがない開けた場所に1カ所, 合計10カ所で行った。照度計は地面から1.2mの高さに設置し, 測定した。林内で測定した照度と, 全天照度から相対照度を算出した。

〔下層植生被覆率〕下層植生被覆率は, ポイントトランセクト法を用いて測定した。ポイントトランセクト法は, ライン上の決まった距離ごとの植物の有無を調べ, すべてのポイント数と植物が存在するポイント数の割合から被覆率を求める方法である。今回の調査ではプロットを中心を通る山側から谷側の縦のラインとそれに垂直な横のラインの2つのラインを10センチおきに測定し, 算出した。

2. 解析方法 下層植生と光環境の関係を調べるため, 下層植生被覆率と開空度, 相対照度はそれぞれ相関係数を求め, 関係性を考察した。また, 下層植生と林分構造の関係性を調べるため, 下層植生被覆率と林分構造の各因子の相関係数を求めた。さらにこれらの因子を用い, 解析ソフトMINITAD Release 14を使い, 重回帰分析を行った。下層植生被覆率を目的変数として, 説明変数を開空度, 林分構造の因子とした場合と, 相対照度, 林分構造の因子とした場合の光環境を2通りに分けた場合で変数選択法(ステップワイズ法)を行い, 重回帰式を求めた。

IV 結果及び考察

表-1は林分構造, 下層植生被覆率, 開空度, 相対照度を表に示したものである。林齢は15~60年生であった。傾斜は5.2~19.2度で, それほど急な勾配ではなか

表一 2. 下層植生被覆率, 林分構造, 光環境の各因子との相関係数

	下層植生被覆率 (asin)	林齢 (年)	傾斜 (度)	立木密度 (本/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	収量比数	相対幹距 (%)	開空度 (asin)
下層植生被覆率 (asin)	0.199									
林齢 (年)	-0.147	-0.096								
傾斜 (度)	-0.680 **	-0.559 **	0.015							
立木密度 (本/ha)	0.365	0.619 **	-0.063	-0.742 **						
平均直径 (cm)	0.645 **	0.612 **	-0.160	-0.765 **	0.825 **					
平均樹高 (m)	0.323	0.577 **	-0.163	-0.538 **	0.915 **	0.859 **				
材積 (m ³ /ha)	-0.212	0.262	-0.074	0.152	0.489 *	0.349	0.725 **			
収量比数	-0.381	-0.405	0.160	0.327	-0.599	-0.835 **	-0.831 **	-0.671 **		
相対幹距 (%)	0.687 **	0.342	0.323	-0.718 **	0.433 *	0.486 *	0.222	-0.310	-0.084	
開空度 (asin)	0.707 **	0.373	0.043	-0.559 **	0.302	0.409	0.166	-0.311	-0.045	0.707 **
相対照度 (asin)										

*値はピアソンの相関による。 **1%有意水準, *5%有意水準

った。傾斜と他の因子の関係性があまり認められなかった。平均直径, 平均樹高, 材積はそれぞれ関係性が認められた。林齢は開空度や相対照度との関係性は認められなかった。立木密度を見ると, 開空度, 相対照度, 平均樹高, 平均直径, 林齢に関係性が認められ, 収量比数, 相対幹距とは関係性は認められなかった。収量比数は0.63~0.88, 相対幹距は14.0~22.7であった。

表一 2は下層植生被覆率, 林分構造, 光環境の各因子との相関を表したものである。この表では下層植生被覆率と立木密度との間に $R = -0.680$ ($P = 0.000$) と負の相関が認められた。また, 下層植生被覆率と平均樹高との間に $R = 0.645$ ($P < 0.01$) と正の相関が認められた。しかし, その他の平均樹高や材積は, 相関が低かった。開空度と相対照度は, $R = 0.707$ ($P = 0.000$) であった。

図一 2は下層植生被覆率と開空度, 図一 3は下層植生被覆率と相対照度をそれぞれ arcsine 変換し, その関係を単回帰分析した結果である。調整済み決定係数はそれぞれ $R^2 = 0.476$, $R^2 = 0.446$ となり, 光環境因子で, 45%以上が説明された。

次式は下層植生被覆率を目的変数とし, 説明変数を開空度, 林分構造の因子として, ステップワイズ変数選択

法によって出された式である。林齢, 立木密度, 材積, 平均樹高, 平均直径, 収量比数, 相対幹距, 開空度の中から選択されたのは開空度, 傾斜, 相対幹距, 林齢の4つの因子であった。

どちらも相関が高く, 有意な数値を得られた。

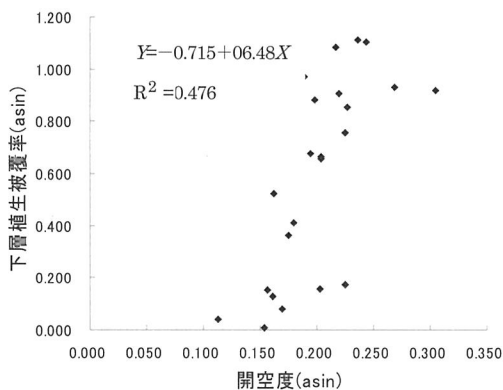
$$Y = 8.37 X_1 - 0.0317 X_2 - 0.0576 X_3 - 0.00995 X_4 + 0.642$$

ここで, Y は下層植生被覆率, X_1 は開空度, X_2 は傾斜, X_3 は相対幹距, X_4 は林齢である。この4つの因子で R^2 (調整済み) $= 0.7735$ と高い値を示した。また, $VIF < 2$ であり, 多重共線性の可能性は低いと考えられた。

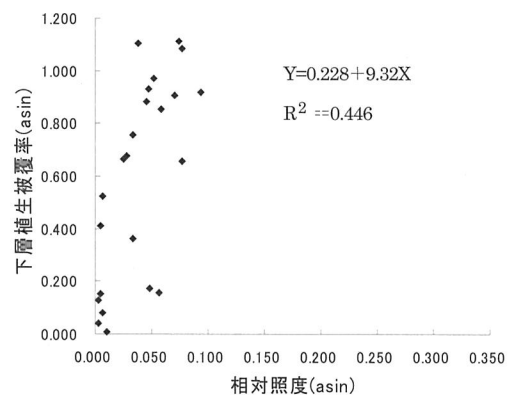
次式は下層植生被覆率を目的変数とし, 説明変数を相対照度, 林分構造の因子として, ステップワイズ変数選択法によって出された式である。林齢, 立木密度, 材積, 平均樹高, 平均直径, 収量比数, 相対幹距, 相対照度の中から選択されたのは相対照度, 平均樹高, 林齢, の3つの因子であった。

$$Y = 7.74 X_1 + 0.0807 X_2 - 0.0141 X_3 - 0.438$$

ここで, Y は下層植生被覆率, X_1 は相対照度, X_2 は平均樹高, X_3 は林齢, X_4 は材積である。この3つの因子で R^2 (調整済み) $= 0.7455$ と高い値を示した。また, $VIF < 2$ であり, 多重共線性の可能性は低いと考えられ



図一 2. 下層植生被覆率と開空度



図一 3. 下層植生被覆率と相対照度

た。

これら2つの重回帰式において、光環境の指標である開空度と相対照度の寄与率もっとも大きくなった。それ以外では、下層植生被覆率との単相関は高くても、選択されない因子がみられた。これは、林分構造因子同士、あるいは光環境因子と林分構造因子の相関が高かったため、選択されなかったと考えられる。たとえば、相対照度を説明変数に加えたときに選択された平均樹高は、開空度との間には $R=0.433(P<0.05)$ の有意な相関が見られる(表-2)。しかし、選択された林分構造の因子は2つの式のいずれの場合においても標準化偏回帰係数が小さく、その影響力は小さいと考えられた。

今回の調査は、単回帰では、下層植生被覆率と開空度、相対照度、林分構造の各因子の中では立木密度、平均樹高が高い相関を示した。重回帰分析では、光環境因子を開空度としたとき選択されたのは、開空度、傾斜、相対幹距、収量比数、林齢であり、相対照度の場合は、相対照度、平均樹高、林齢、材積であった。どちらも決定係数が高く、下層植生被覆率を推定する際に有意な数値が得られた。光環境を表す開空度と相対照度には、それぞれ一長一短がある。開空度の測定は簡便だが、曇天下に限られ、天候に左右されやすいという欠点がある。一方、相対照度は、山林の周囲に全天照度の測定に適した開けた場所を見つけるのが難しいという欠点がある。今回の結果では、説明変数が、開空度の場合も相対照度の場合も決定係数が高く、下層植生被覆率を求めるのに有意だと考えられた。このような光環境の状況に応じて重回帰式を選ぶことでどちらの場合でも、下層植生被覆率が推定できると考えられる。

V おわりに

林内の光環境は、森林の公益的機能の発揮に重要な下層植生の生育に欠かせない要因である。今回の調査では、下層植生被覆率と開空度、相対照度に相関が認められた。下層植生被覆率と林分構造との関係を見ても、立木密度、平均樹高との相関が認められた。重回帰式では、光環境因子を開空度とした場合も、相対照度とした場合も、下層植生被覆率を推定する際に有意な数値が得られた。

今後、状況に応じて開空度、相対照度を使い分け、この式を使い、どの程度の数値でどの程度の下層植生被覆率かを検討していく必要がある。

引用文献

- (1) 安藤貴 (1983) スギ林間伐後の林内の相対照度. 林業試験場研究報告第323号

- (2) 橋本良治 (1985) スギ人工林間伐と光環境 (I) 林床相対照度の変化の検討. 日林誌 67 (7) : 253~260
- (3) 橋本良治 (1986) スギ人工林間伐と光環境 (II) 林床相対照度の推定法. 日林誌 68 (2) : 66~70
- (4) 井原大介 (2007) 林分構造の違いによる下層植生と光環境の関係解析. 日本大学生物資源科学部卒業論文
- (5) 金澤洋一 (2000) 森林内光環境の評価. 神戸大学農学部学術報告 24 : 1-10
- (6) 西山嘉寛・阿部剛俊 (2002) スギ高齢林の林地保全に関する研究—林内における下層植生の現存量および植生率の推定—, 森林応用研究 11-2, 1-6.
- (7) 西山嘉寛・阿部剛俊 (2003) 岡山県北部のヒノキ高齢林における下層植生の現存量および植生率の推定, 森林応用研究 12, 151-157.
- (8) SUZUKI, W., (1989) The structure and seed production of two populations of *Rubus palmatus* var. *coptophyllus* under different light conditions. J.Jpn.For.Soc.71(9):349-355.
- (9) SUZUKI, W., (1992) The formation and structure of the *Rubus palmatus* var. *coptophyllus* population developed after the thinning of a *Chamaecyparis obtusa* plantation. J.Jpn.For.Soc.74(3):229-237.
- (10) 山本一清(最終アクセス日, 2008/9/11) LIA forWin(LIA32),<http://www.agr.nagaya-u.ac.jp/%7Ehinkan/LIA32/index.html>
- (11) 早稲田 収 (1983) 開空度の測定とその光環境指標としての応用, 林試研報 323 : 9~13.