

## スギ・ヒノキの壮齢林における開空度と相対照度の関係

瀬尾史恵(日大院生物)・井原大介・増谷利博(日大生物)

**要旨:**本研究は、林分の光環境を測定する際、開空度と相対照度に密接な関連があるか、また林分構造の違いによって開空度および相対照度にどのような変化があるかを調べた。対象地は神奈川県の小田原、箱根および群馬県の日本大学水上演習林である。26年生から55年生までのヒノキ林、スギ林を主な対象地とした。調査は2007年8月から9月に行った。林内に円形プロットを設定し、直径と樹高の測定および全天空写真の撮影と相対照度の測定を行った。開空度は天頂角が90度と45度に切り出したものを算出した。ヒノキ林では、開空度と林分構造因子の間に有意な相関が認められたのは樹高、材積、相対幹距( $P < 0.01$ )、および傾斜、天頂角90度の開空度と収量比数( $P < 0.05$ )であった。開空度と相対照度の間に有意な相関はなかった。一方、スギ林では、相対照度と林齢、平均直径の間に有意な相関( $P < 0.05$ )が認められたが、開空度との間に有意な相関はなかった。今回は林分の数が少なく、林齢にも偏りがあったため、今後のデータの蓄積が必要であろう。

キーワード：林分構造、開空度、相対照度

## I はじめに

木材生産から公益的機能を重視した長伐期施業や複層林施業へと転換が図られる中で、林内の光環境に着目した研究や報告がされている(1, 2, 4, 5, 6)。林内の光環境は従来から相対照度や全天空写真による開空度によって表されることが一般的で、相対照度と開空度に相関が示されている(9)。さらに、その測定方法や斜面方位による違いや、気象条件による違いなどが検討されている(6, 11)。また、林分構成因子から陽光量推定方法の検討もされたり(3)、近年では全天空写真の解析から相対光強度を推定する方法を用いる場合もある(8)。

全天空写真の撮影や照度の測定は、器材の取り扱いや天候条件による違い、さらに林分構造の違いによっても異なると考えられる。今回は、26年生から55年生のヒノキ林、スギ林、さらにスギ・ヒノキの混交林、スギ・カラマツ混交林、カラマツ林を対象に、開空度と相対照度の関係を調べ、これらの光環境因子から、林分構造を把握できるかどうかを検討することを目的とした。

## II 調査地の概況

調査地は神奈川県南部に位置する小田原管理区内

および箱根管理区内のヒノキ林、スギ林、スギ・ヒノキの混交林、および群馬県の北部、利根川上流藤原湖西岸に位置する日本大学水上演習林のスギ林、カラマツ林、スギ・カラマツの混交林である。小田原、箱根の調査地の標高は500m以下で、ここは激しい火山活動を繰り返してでき、地質は古期外輪山溶岩で大部分は安山岩である(7)。水上演習林は標高750m以下で、流紋岩質が多い。

## III 方法

樹高の大きさに応じて、林内に半径10m(0.03ha)または半径12.5m(0.049ha)の円形プロットを設定し、直径と樹高を測定した。光環境は全天空写真による開空度と相対照度を測定した。調査は2007年8月上旬と下旬、9月上旬に行った。林内照度の測定および全天空写真の撮影は、プロット直径の半分(5m または 6.25m)の円をとり、縦、横、斜めに伸ばした8方向の交点とプロットの中心の計9点で行った。照度は1秒おきに設定した照度計(アレック電子 MDS-MkV)を各地点地上1.2mの高さに固定し、10分間測定した。測定は午前9時半から午後3時半までである。全天照度は林内照度と同様の照度計を林外の開放地に日の出から日没ま

Fumie SEO (Grad. Sch. of Bioresource Sci., Nihon Univ., 1866 Kameino, Fujisawa, 252-8510), Daisuke IHARA, and Toshihiro MASUTANI (Coll. of Bioresource Sci., Nihon Univ.) Analysis of the relationship between canopy openness and relative light intensity in 26-55 years old stands of Hinoki (*Chamaecyparis obtuse*) and Sugi (*Cryptomeria japonica*)

で設置し、その相対値の平均を林分の相対照度とした。全天空写真の撮影は、魚眼レンズ(Raynox model DCR-FE180PRO)を取り付けたデジタルカメラ(CAMEDIA C-770UltraZoom)を地上 1.2m の高さに水平に固定し、北が上を指すように固定して行なった。フリーソフトの Lia 32 for windows(12)で開空度を求めた。全天空写真の撮影と照度の測定は写真撮影の際、ハレーションが起こらない天候下で行った。

林分構造は、現地で測定した樹種、林齢、傾斜角、立木密度、直径、樹高のほか、林分管理の尺度とされる収量比数と相対幹距によって表す。ヒノキの単純林が 12 林分、スギの単純林が 7 林分、カラマツおよびスギ、ヒノキの混交林、スギ、カラマツの混交林が 4 林分と計 23 林分の調査を行った。ここではプロット名をヒノキ単純林が A から L、スギが M から S、混交林、カラマツ林を T から W で表し、水上での林分には( )をつけて表した。

#### IV 結果および考察

1. ヒノキ林 ヒノキ林はすべて小田原、箱根である。表-1に林分構造を示すように、収量比数、相対幹距で見ると、どの林分も密度の高い林分である。開空度と相

対照度の林分ごとの算出値の分布を図-1, 2に示す。ヒノキ林の開空度は天頂角 90 度の場合、20%から 25%、天頂角が 45 度の場合は 20%から 29%と幅が広がっていることがわかる。相対照度に関しては、1.7%から 4%弱にまとまっているが、1林分だけ 8.3%と高い値を示す林分 L がある。この林分構造は他の林分と際立った違いは見られないが、プロットが林道に近すぎたため、横からの光が多く入ったと考えられ、全体の関係を求める際には、除くこととした。表-3に林分構造と開空度、相対照度のそれぞれの相関係数を示す。開空度との間に有意な相関が認められたのは樹高、材積、相対幹距( $P < 0.01$ )および傾斜、天頂角 90 の開空度と収量比数( $P < 0.05$ )であった。樹高が高くなるにつれて、また材積が増えるにつれて開空度も大きくなるということである。一方、相対照度と林分構造との間には相対幹距、収量比数に有意な相関( $P < 0.05$ )が見られた。開空度と相対照度の間に有意な相関はなかった。

2. スギ林・カラマツ林・混交林 表-2にスギ林およびカラマツ林、混交林の林分構造を示す。スギ林は小田原、箱根で 3 林分、水上で 4 林分、スギ・ヒノキの混交林は箱根、スギ・カラマツの混交林およびカラマツ林は水上である。林分(R)は非常に密度が高い林分であるとい

表-1. 林分構造(ヒノキ林)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
林齢	26	37	38	37	37	32	42	43	37	37	42	41
傾斜	27	20	15	8	12	30	32	26	28	28	28	20
立木密度(本/ha)	2000	1548	1041	878	1082	2099	1467	1531	1452	1452	1193	1220
平均直径(cm)	18.2	21.5	26.3	27.3	25.5	19.9	21.1	22.2	22.7	21.7	23.0	21.9
平均樹高(m)	16.4	17.3	20.5	18.3	18.4	14.7	13.8	14.6	12.6	13.2	12.8	15.9
材積(m <sup>3</sup> /ha)	474	514	594	460	509	506	357	433	421	352	356	327
収量比数	0.92	0.91	0.87	0.79	0.84	0.95	0.78	0.86	0.84	0.76	0.76	0.73
相対幹距(%)	13.6	14.7	15.1	18.4	16.5	14.8	18.9	17.5	20.8	19.9	22.6	18.0

表-2. 林分構造(スギ林・カラマツ林・混交林)

	M	N	O	(P)	(Q)	(R)	(S)	T	(U)	(V)	(W)
林齢	37	43	43	28	55	46	31	40	45	54	54
傾斜	20	2	10	2	32	32	0	25	13	22	36
立木密度(本/ha)	1306	892	860	1020	694	1143	857	924	755	612	571
平均直径(cm)	23.6	28.6	25.9	24.8	29.8	27.1	22.9	*22.6・25.3	**29.4・40.7	27.4	27.1
平均樹高(m)	17.4	20.0	17.6	19.4	19.2	25.1	17.1	*16.3・16.7	**19.5・31.5	19.0	21.8
材積(m <sup>3</sup> /ha)	516	562	398	502	577	1007	297	333	880	504	384
収量比数	0.85	0.73	0.65	0.74	0.68	0.91	0.70	0.63	0.74	0.70	0.61
相対幹距(%)	15.9	16.7	19.4	16.1	19.8	11.8	20.0	20.1	18.7	21.3	19.2

※T は\*スギが本数で 3 割のヒノキ混交林、(U)は\*\*カラマツが本数で 2 割のスギの二段林、

(V)はカラマツが 1 割のスギの混交林、(W)はカラマツの単純林

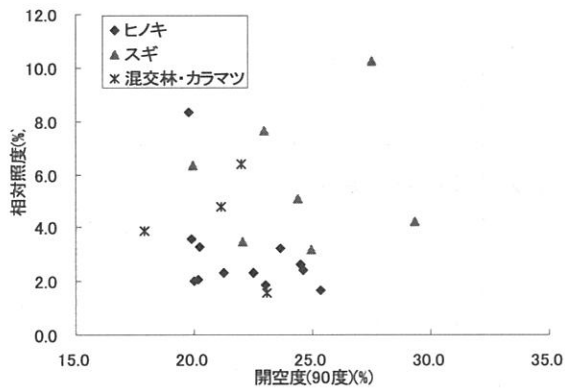


図-1. 林分ごとの 90 度開空度と相対照度

える。図-1, 2に林分ごとの開空度と相対照度の算出値の分布を示しているが、スギ林の開空度は 20%から 29%、相対照度は 3.5%から 10%である。また、スギ・ヒノキの混交林の開空度は 22%、相対照度は 6.4%、カラマツ林は開空度が 21%、相対照度が 4.8%となっている。表-4にはスギ林の林分構造と開空度、相対照度のそれぞれの相関係数を示す。開空度と林分構造の間に有意な相関はなかった。相対照度との間には林齢( $P < 0.01$ ), 直径( $P < 0.05$ )に有意な相関が認められた。つまり、直径が大きくなるにつれて相対照度は上昇する。しかし、開空度が上がると相対照度も上がるという有意な相関はなかった。

ヒノキ林では開空度、相対照度と林分構造因子との間に有意な相関が認められるものはあったが、スギ林では開空度と林分構造因子に有意な相関はなかった。ヒノキ林とスギ林で共通に相関が認められる林分構造因子はなかった。さらに、開空度と相対照度の間には有意な相関はなかった。また、開空度と天頂角が 90 度

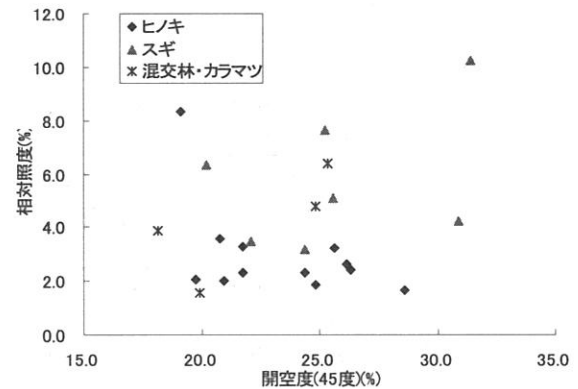


図-2. 林分ごとの 45 度開空度と相対照度

と 45 度で切り出した範囲の値は 45 度の方が、値が大きくなるのがわかった。林分の数はいくつか少ないが、スギ林はヒノキ林に比べて相対照度が高い傾向が見られる。

3. 開空度と相対照度の変動係数 図-3には林分ごとの開空度と相対照度の変動係数を比較したものを示した。開空度は 90 度よりも 45 度の方が変動は大きくなった。これは樹冠に近い辺りで開空度が大きく変化していること示していると考えられる。天頂角が 90 度の開空度は広く幹の部分までを写しているが、相対照度との関係を考えるときはどの範囲までをとるか考慮する必要がある。

相対照度の変動係数は林分によってさまざまであるが開空度に比べて変動係数も高い傾向があり、測定地点によって差があることがわかった。特に水上では変動係数が非常に大きくなっていることがわかった。相対照度の測定時刻に関しては日中、9時から 15 時の間に大きな違いはないこと(6)から、今回の測定は9時半から 15 時半の間に行ったので、問題はないと考えられる。

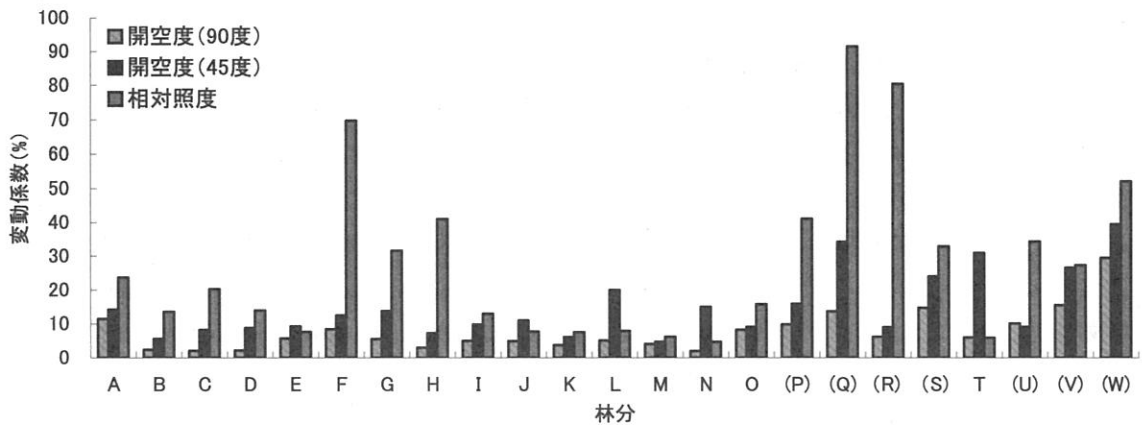


図-3. 開空度と相対照度の変動係数

表-3. ヒノキ・林分構造と開空度, 相対照度の相関係数(n=11)

変数	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 <sup>3</sup> )	収量比数	相対幹距 (%)	90度開空度 (%)	45度開空度 (%)
90度開空度(%)	-0.482	*-0.681	-0.110	0.245	**0.867	**0.768	*0.500	** -0.757		
45度開空度(%)	-0.483	*-0.613	-0.066	0.152	**0.804	*0.648	0.432	** -0.735	** 0.977	
相対照度(%)	0.399	-0.226	-0.584	0.521	-0.113	-0.347	*-0.692	*0.636	-0.311	-0.269

表-4. スギ林・林分構造と開空度, 相対照度の相関係数(n=7)

変数	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 <sup>3</sup> )	収量比数	相対幹距 (%)	90度開空度 (%)	45度開空度 (%)
90度開空度(%)	-0.088	0.092	-0.420	-0.208	-0.144	-0.224	-0.259	0.417		
45度開空度(%)	0.201	0.256	-0.578	0.022	-0.129	-0.181	-0.364	0.512	** 0.979	
相対照度(%)	**0.875	0.443	-0.739	*0.716	0.011	0.043	-0.511	0.457	0.098	0.394

今回の結果からは、開空度と相対照度に正の相関がなかったことから、単純に開空度から相対照度を推定することはできないと考えられる。さらに林分構造は異なるが、今回の結果からはスギ林の方がヒノキ林よりも開空度も相対照度も全体的に高く、明るいことがわかった。スギは枝が枯れ上がりやすく、壮齢木の樹冠は楕円状円錐形と言われていることから、壮齢になると樹冠と樹冠の間にすき間ができやすく、立木密度が高くても開空度が高くなると考えられる。一方、ヒノキは枝が枯れ落ちにくく、樹冠は水平に広がり卵型であることから、枝打ちをしていない林分は開空度も相対照度も低くなることが考えられる。しかし、ヒノキ林では相対的な混み具合と開空度に有意な相関(P<0.01)があったこと、スギ林では直径と有意な相関(P<0.05)があったことを踏まえると、光環境から林分構造を推定するにはデータの蓄積が欠かせないと考えられる。

## V おわりに

今回の結果からは、ヒノキ林よりもスギ林が相対照度は高い傾向が認められたものの、開空度と相対照度に有意な相関はなかった。また、林内の光環境は下層植生に影響を与え、土砂流出防止機能などを高めることから、その関係性についての検討の余地がある。測定機器の特性や相対照度の季節変動など、光環境にはさまざまな条件の違いがあるが、それらを踏まえ、条件を明示した上でデータを蓄積していく必要がある。

## 引用文献

- (1) 安藤貴(1983)人工林の複層林施業に関する研究 (I) 全天写真による林冠の開空度の測定
- (2) 荒木真岳・宇都木玄・石塚森吉(2000)ヒノキ人工

※値はピアソンの相関による。 \*\*1%有意水準, \*5%有意水準

林内における相対照度と全天空写真による開空度の検討. 日林関東支論 51:83-84

- (3) 飯盛功・竹下慶子・緒方信夫・上中作次郎(1983)林分構成因子からの林内陽光量推定方法の検討. 燐試報 323:81-84
- (4) 河原輝彦(1988)複層林誘導のための林内照度のコントロール. 森林立地XXX:10-13
- (5) 小島正・石塚森吉(1999)林冠ギャップの光環境管理図. 日林関東支論 50:61-64
- (6) 森川靖・佐々木恵彦・浅川澄彦(1983)林床の光の性質と稚樹の生長. 森林立地XXV(1):pp1
- (7) 大森昌衛・端山好和・堀口万吉編(1986)日本の地質 3 関東地方. 122, 210-211pp. 共立出版, 東京.
- (8) 谷口奨・作田耕太郎・井上昭夫・溝上展也(2006)ヒノキ人工林における帯状伐採が林床の物理環境と種多様性に与える効果. 平成15年~17年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(1))研究成果報告書:81-92pp
- (9) 玉井重信・四手井綱英(1972)林内の照度(II). 京大演報 44:100-109
- (10) 玉井重信・四手井綱英(1972)林内の照度(I). 京大演報 43:53-62
- (11) 堤利夫(1989)森林生態学 13-15pp. 朝倉書店, 東京.
- (12) 山本一清(最終アクセス日, 2007/12/25) LIA for Win32 (LIA32). <http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/%7Eshinkan/LIA32/index.html>