

針広混交林育成に関する研究(2)

樹下植栽木の成長に影響する光の計り方

誌名	愛媛県林業技術センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Prefectural Forest Research Center
ISSN	13489534
著者名	中岡, 圭一
発行元	愛媛県林業技術センター
巻/号	23号
巻号補足	
掲載ページ	p. 14-17
発行年月	2005年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈論文〉

針広混交林育成に関する研究(Ⅱ)
—樹下植栽木の成長に影響する光の計り方—

中 岡 圭 一

Keiichi NAKAOKA

定性間伐後のスギ・ヒノキ人工林にカツラ、トチノキ、ヤマモミジを樹下植栽し成長量と光の測定を行い、樹下植栽木の成長に影響する光の計り方について検討した。各樹種の年平均相対成長率と有意な正の相関が見られなかった光測定方法の相対積算直達光量、開空度は、植栽木の頭上から地面までの画像(天頂角 0° ~ 90°)で測定したものであった。一方、正の相関が高かった光測定方法の天頂角別開空度、林内相対積算日射量は、植栽木の頭上の狭い範囲の画像(狭い天頂角)で測定したものであった。このことから定性間伐後のスギ・ヒノキ人工林の植栽木は、植栽位置上空の狭い範囲(狭い天頂角)の隙間から入射してくる光を成長に利用していることが示唆された。

キーワード — 樹下植栽、天頂角別開空度、デジタルカメラ、魚眼レンズ

1. 緒 言

近年、森林に求められる機能は、木材生産はもとより、公益的機能の高度発揮など多様化している。

夏場に水不足が懸念される本県では、水源涵養機能への要望が高まっており、従来のスギ・ヒノキ一斉人工林から広葉樹を樹下植栽した針広混交林造成により公益的機能の高度発揮を期待する声も多い。

本県ではスギ・ヒノキ人工林を保育する場合に定性間伐が一般的である。しかし、スギ・ヒノキ人工林に広葉樹を樹下植栽する針広混交林造成の研究には、林内を部分的に大きく疎開しそのギャップに植栽するものが多く(井鷲ら, 1990; 小島, 1999; 谷口, 1998; 中井ら, 1998)、定性間伐の林内に樹下植栽した事例は少ない(石川, 2000)。

ギャップにケヤキを植栽した谷口(1998)の報告によると、相対積算日射量が高いほど伸長成長量は大きかったとしている。ところが、定性間伐林にケヤキを植栽した石川(2000)の報告によると、相対照度と個

体毎の伸長成長率に相関があまり見られなかったとしている。

このような矛盾を筆者は、定性間伐林にスギ・ヒノキを植栽した林分でも経験している。林分を代表する林内相対照度と林分の平均樹高成長量には相関が見られるが(金本ら, 1995)、林内相対日射量と個体毎の樹高成長量では相関があまり見られなかったのである(中岡, 未発表)。

これらのことから、定性間伐林の光の計り方は、光環境の詳細な解析が必須条件であり、個々の植栽木の成長に関係の深い光測定方法を開発する必要性がある。

今回の報告では、定性間伐後のスギ・ヒノキ人工林にカツラ、トチノキ、ヤマモミジを樹下植栽し、成長量と光の測定を行い、個々の植栽木の成長に関係の深い光測定方法について検討したものである。

2. 調査地と調査方法

調査地は、愛媛県上浮穴郡久万高原町(民有林)

表一1 スギ・ヒノキ人工林に樹下植栽した広葉樹の試験地概要

試験地の所在地	標高	斜面方位	斜面傾斜	斜面位置	土壌型
久万高原町	550m	NW	27°	山腹下～中	BD(d)

上 木

樹種	林齢	平均樹高	平均胸高直径	立木密度
スギ・ヒノキ	35～40年生	19.3m	19.7cm	1136本/ha

注) 上木は2001年1月に調査

樹下植栽木

測定値	成長期間	カツラ(N=20)		トチノキ(N=18)		ヤマモミジ(N=18)	
		期首	期末	期首	期末	期首	期末
H(cm)							
平均値(標準偏差)	00,4-04,1	87.95(4.85)	149.80(50.05)	82.39(5.15)	212.50(28.10)	116.89(6.10)	159.67(33.10)
最小値-最大値		79-96	80-254	74-91	170-263	100-128	109-226
D30(mm)							
平均値(標準偏差)	02,1-04,1	6.67(2.19)	10.02(4.99)	15.69(2.44)	18.04(3.53)	7.92(1.51)	9.49(2.28)
最小値-最大値		3.5-10.5	3.4-19.5	12.2-20.4	13.0-25.1	5.8-11.0	6.3-14.5

注) 上木は2001年1月に調査

N: 供試本数, H: 幹長, D30: 地上高30cmの直径

の 35~40 年生のスギ・ヒノキ人工林である。林内の下層植生を刈り払った後、2000 年 4 月に樹下植栽木としてカツラ 20 本、トチノキ 20 本、ヤマモミジ 20 本を面積約 1200m² の中に均等に植栽した(表-1)。

幹長は、2000 年 4 月に植栽木の新梢を除いた幹長を測定し、4 成長期間を経た 2004 年 1 月に再び測定した。直径は、2002 年 1 月に地上高 30cm の地点を測定し、2 成長期間を経た 2004 年 1 月に再び測定した。この間の保育管理は、植栽木に登った蔓類を切ったのみである。

林内の光測定は、林内相対積算日射量を 2003 年 8 月に測定した。測定機器は、画角が対角 180° の方形画像(写真-1)が得られる対角魚眼レンズ(PENTAX 製フィッシュアイ、1:4,17mm)と一眼レフカメラを用いた。撮影は雲天時に行い、その画像から開空度を求め、林内相対積算日射量を推定した(中岡ら, 2001)。

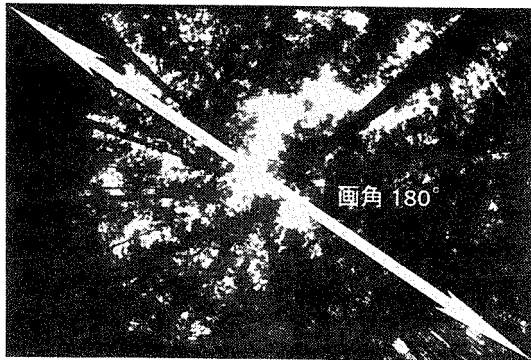


写真-1 対角魚眼レンズ撮影の全天空写真

また、相対積算直達光量を 2004 年 3 月に測定した。測定機器は、画角が 180° の円形画像(写真-2)が得られる円周魚眼レンズ(Nikon 製 Coolpix 用フィッシュアイ・コンバータ FC-E8)とデジタルカメラ(Nikon 製 Coolpix4500)を用いた。撮影は雲天時に行い、露光量は一眼レフカメラを用いて行う撮影に準じて決定した(中岡ら, 2001)。解析は、フリーウェアのソフトであるLIA32forWindows95(by 山本一清)を用い、樹下植栽木の主な成長期間である 6 月 1 日から 9 月 30 日までの PAR(光合成有効放射)内の相対積算

直達光量を推定した。

さらに、天頂角別に開空度を測定した。測定した画像は、相対積算直達光量を推定した全天空写真である。解析は、LIA32forWindows95を用い、天頂角 0° ~1° から 0° ~90° (画角が 180° の円形画像なので、天頂角 0° は画像の中心となり、天頂角 90° は画像の外縁となる)まで 1° 毎に開空度を推定した。

解析にLIA32forWindows95を用いたのは、円周魚眼レンズ(Nikon 製 Coolpix 用フィッシュアイ・コンバータ FC-E8)の画角と歪みの補正機能を活用するためである(Inoue et al., 2004)。

一連の一眼レフカメラ及びデジタルカメラの写真撮影は、樹下植栽したすべての樹木の樹上で行った。

以上の植栽したカツラ、トチノキ、ヤマモミジの幹長成長量及び直径成長量と各光測定の関係について検討を行った。

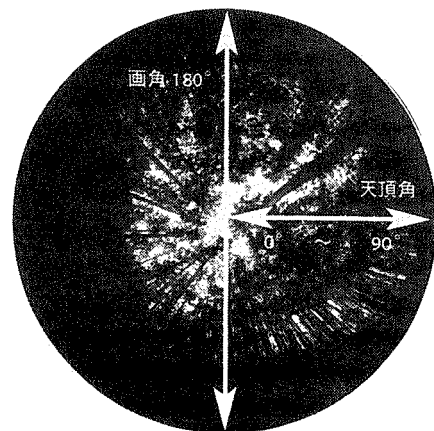


写真-2 円周魚眼レンズ撮影の全天空写真
注)写真-1と同じ地点の撮影

3. 結果と考察

3.1 樹下植栽木の成長状況

表-2に樹下植栽木の光測定、図-1に樹下植栽木の成長量と相対成長率を示す。

植栽した各樹種 20 個体のうちトチノキとヤマモミジ

表-2 樹下植栽木の光測定

各光測定	測定年月	カツラ(N=20)	トチノキ(N=18)	ヤマモミジ(N=18)
林内相対積算日射量(%)				
平均値(標準偏差)	2003.8	10.17(2.66)	10.06(3.01)	9.53(2.60)
最小値-最大値		4.28-14.50	4.33-14.92	6.16-14.02
相対積算直達光量(6~9月:%)				
平均値(標準偏差)	2004.3	20.16(5.32)	20.73(6.12)	20.75(3.89)
最小値-最大値		11.84-29.29	11.61-35.96	12.13-28.29
開空度(天頂角0~90° :%)				
平均値(標準偏差)	2004.3	9.94(0.80)	9.78(0.80)	9.81(0.68)
最小値-最大値		9.03-11.75	8.58-11.27	8.50-11.02

注)林内相対積算日射量: 対角魚眼レンズ+一眼レフカメラ撮影の全天空写真から推定

相対積算直達光量: 円周魚眼レンズ+デジタルカメラ撮影の全天空画像を用い、6月1日から9月30日までの相対積算値を推定

開空度: 積算直達光量を推定した全天空画像を用い、開空度を推定

各光測定とも樹種間で有意差無し(Kruskal-Wallis検定, Tukey-Kramer)

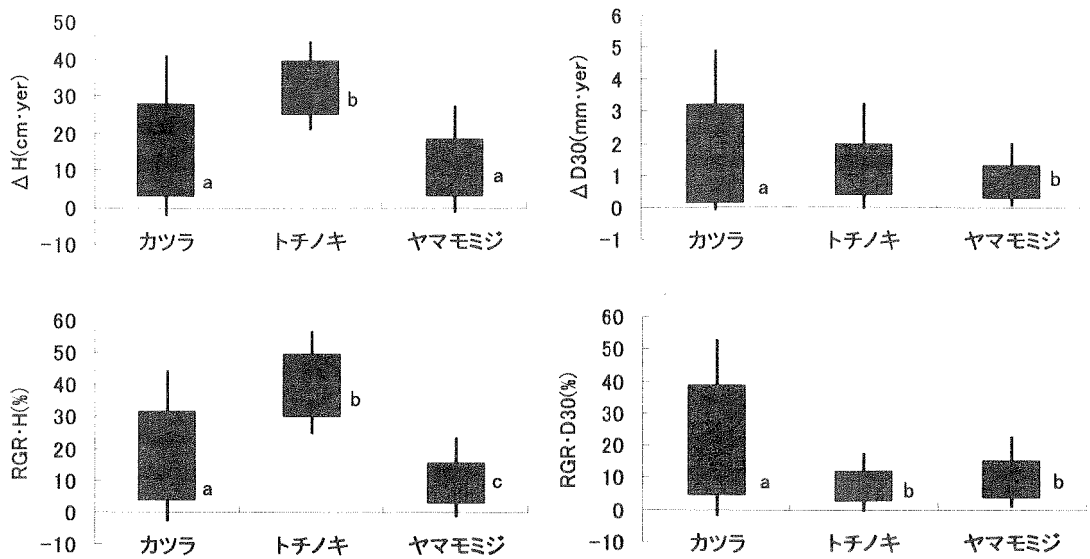


図-1 樹下植栽木の成長量と相対成長率

注) 供試本数: カツラ20本、トチノキ18本、ヤマモミジ18本

ΔH : 幹長の年平均成長量(成長期間:00.4~04.1)

$\Delta D30$: 地上高30cmの直径の年平均成長量(成長期間:02.1~04.1)

RGR·H: 幹長の年平均相対成長率(成長期間:00.4~04.1)

RGR·D30: 地上高30cmの直径の年平均相対成長率(成長期間:02.1~04.1)
(年平均相対成長率は、(期末一期首)/期首/成長期回数×100で計算)

異なるアルファベットの添字は、 $p < 0.05$ で有意差あり(Tukey-Kramer)

最大値

最小値

■ 平均値±標準偏差

の各2個体については、幹折れや野兎害等により著しく成長を阻害されたので以下の分析に用いなかった。

樹下植栽木に受ける光は、各樹種間でいずれの測定方法でも有意差が見られず、偏りが少ないことが認められた(表-2)。

この林分では、トチノキが幹長の年平均成長量、年平均相対成長率で他樹種と比較して有意に大きかった。カツラは、地上高30cm直径の年平均相対成長率で他樹種と比較して有意に大きかった(図-1)。

3.2 樹下植栽木の成長率と各光測定の関係

表-3 に樹下植栽木の年平均相対成長率と各光測定の相関係数を示す。

カツラ、トチノキ、ヤマモミジは、地上高30cm直径の年平均相対成長率と天頂角別開空度(天頂角 $0^\circ \sim 20^\circ$ まで)が他の光測定方法と比較して正の相関が最も高かった。カツラ、ヤマモミジは、幹長の年平均相対成長率と天頂角別開空度(天頂角 $0^\circ \sim 14^\circ$ まで)が他の光測定方法と比較して正の相関が最も高かった。トチノキは、幹長の年平均相対成長率と林内相対積算日射量が他の光測定方法と比較して正の相関が最も高かった。

カツラ、トチノキ、ヤマモミジの幹長、地上高30cm直径の年平均相対成長率と相対積算直達光量、開空度(天頂角 $0^\circ \sim 90^\circ$)は、いずれも有意な正の相

関は認められなかった。

各樹種の年平均相対成長率と有意な正の相関が見られなかった光測定方法の相対積算直達光量、開空度は、植栽木の頭上から地面までの全体の画像(天頂角 $0^\circ \sim 90^\circ$)で測定したものであった。一方、正の相関が高かった光測定方法の天頂角別開空度、林内相対積算日射量は、植栽木の頭上の狭い範囲の画像(狭い天頂角)を測定したものであった。

つまり、相対積算直達光量、開空度は、円周魚眼レンズ+デジタルカメラでの撮影により植栽木の頭上から地面までの天頂角 $0^\circ \sim 90^\circ$ (画角 180°)の全天空写真全体を解析した測定値である。一方の、天頂角別開空度は、植栽木の頭上部分のみの狭い天頂角範囲の測定値である。また、林内相対積算日射量は、対角魚眼レンズ+一眼レフカメラでの撮影による違いから、画像の長辺方向と短辺方向は、植栽木の頭上部分の狭い範囲しか写らない全天空写真となりこれを測定したものである。

したがって、この林分の植栽木は、頭上の狭い範囲の光測定値と年平均相対成長率の相関が高かったことから、植栽位置上空の狭い範囲(狭い天頂角)の隙間から入ってくる光を成長に利用していることが示唆された。

成長率と相関が高かった光測定方法や天頂角範囲は、樹種によって違いが見られ最適な光測定方法

表-3 樹下植栽木の年平均相対成長率と各光測定の相関係数

樹種	年平均相対成長率	成長期間	各光測定			
			林内相対積算日射量	相対積算直達光量 6~9月	開空度 天頂角0~90°	天頂角別開空度 (天頂角範囲)
カツラ	RGR・H	00,4-04,1	0.504*	-0.448*	0.350	0.835*** (0-11°)
	RGR・D30	02,1-04,1	0.543*	-0.357	-0.144	0.824*** (0-13°)
トチノキ	RGR・H	00,4-04,1	0.572*	0.086	0.151	0.321 (0-1°)
	RGR・D30	02,1-04,1	0.223	-0.419	0.299	0.548* (0-20°)
ヤマモミジ	RGR・H	00,4-04,1	0.352	-0.058	0.305	0.608** (0-14°)
	RGR・D30	02,1-04,1	0.084	-0.360	0.188	0.486* (0-8°)

注)林内相対積算日射量:対角魚眼レンズ+一眼レフカメラ撮影の全天空写真から推定(2003年8月撮影)

相対積算直達光量:円周魚眼レンズ+デジタルカメラ撮影の全天空画像を用い、6月1日から9月30日までの相対積算値を推定(2004年3月撮影)

開空度:相対積算直達光量を推定した全天空画像を用い、開空度を推定

天頂角別開空度(天頂角範囲):0~1° から0~90° の天頂角別開空度の中で最も相関係数が高かった天頂角範囲

RGR・H:幹長の年平均相対成長率, RGR・D30:地上高30cmの直径の年平均相対成長率

(年平均相対成長率は、(期末一期首)/期首/成長期回数×100で計算)

*は0.01<p<0.05, **は0.005<p<0.01, ***はp<0.0001で有意

が見つからなかった。落葉広葉樹は、葉の着生角度や葉の表面・裏面の光合成能力に樹種特性があり、さまざまな光順化を行っているとの報告がある(田中, 2002)。このことから、樹下植栽した樹種によって成長に利用する光に違いが見られたものと考えられる。本報告では、1 林分のみでの検討であったので、スギ・ヒノキの上木密度や植栽樹種を変えた組合せのデータ収集が今後の検討課題と考える。

4. 結言

定性間伐後のスギ・ヒノキ人工林に樹下植栽した広葉樹の成長に影響する光の計り方について、以下の知見を得た。

- 1) 植栽木は、植栽位置上空の狭い範囲(狭い天頂角)の隙間から入射してくる光を成長に利用していることが示唆された。
- 2) 植栽木の成長率と相関が高かった光測定方法や天頂角範囲は樹種間で違うことから、樹種によって成長に利用する光に違いがあると考えられた。

引用文献

- Inoue A., Yamamoto K., Mizoue N. & Kawahara Y. (2004) Calibrating view angle and distortion of the Nikon fish-eye converter FC-E8. *Journal of Forest Research* 9:177-181
- 井鷲祐司・加茂皓一 (1990) ヒノキ壮齢林の群状伐区内における立体的光環境. 関西支部講演集 41:183-186
- 石川 実 (2000) 針広混交林の造成技術に関する研

究. 愛媛県林試研報 20:23-30

金本知久・三好誠治・豊田信行 (1995) 複層林造成管理技術の開発. 愛媛県林試研報 16:1-18

小島 正 (1999) 混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発. 群馬県林試研報 6:1-20

中井 聖・石塚森吉・小島 正 (1998) スギ人工林の群状択伐地における路焼きの光環境と光合成. 日林論 109:295-296

中岡圭一・豊田信行・金本知久 (2001) スギ・ヒノキ複層林造成後の成長と光環境. 愛媛県林試研報 21:1-9

田中 格 (2002) 落葉広葉樹 7 種の陽葉と陰葉における光-光合成曲線の曲率. 日本生態学会誌 52:229-232

谷口真吾 (1998) 針広混交林の造成技術に関する研究(Ⅲ)-ヒノキ林人工ギャップの相対積算日射量とケヤキ下木の伸長成長との関係-. 森林応用研究 7:63-66