

## 論文

クロマツの樹形に及ぼす立木密度及び相対照度の影響<sup>1)</sup>金 映辰<sup>2)</sup> ・ 矢幡 久<sup>3)</sup>

金映辰・矢幡久：クロマツの樹形に及ぼす立木密度及び相対照度の影響 九州森林研究 59：97-100, 2006 海岸マツ林は高密度に植林されるために、成長に伴い林内の光量不足によって樹冠が上方に偏奇し、遅れて間伐すれば防潮効果を損なうことが懸念される。クロマツ林の低密度林660本/haと高密度林11600本/haの2林分について、天空写真を撮影し樹冠内の光量を求めた。光量の減少が枝葉生育に与える影響を調べるため当年枝から2年目枝まで枝の長さ、直径、葉の長さ、表面積を計測した。RPPFDが18～28%以下になれば葉は枯死した。また、葉及び当年枝のそれぞれの長さは相対光強度と高い相関関係が認められた。1年生枝から枝齢が高くなるにつれて相関関係は低下した。樹冠を下方まで維持し、枯れ上りを少なくするには、RPPFDが常に30%以上になるように密度管理を行うことが示唆された。

キーワード：クロマツ、光環境、RPPFD、GLI

## I. はじめに

クロマツは塩害に強く砂浜でも育つため、各地の海岸に植えられ防砂林として維持されてきた。これらは海岸の景観を構成する重要な要素の一つとなっておりマツを主体とした著名な景勝地が多い。しかし海岸マツ林の多くは防潮目的として高密度に植林された人工林であるため、光不足によって枝葉が枯れ上がり樹冠は上方に偏奇している。林内でのレクリエーション活動に利用するには高密度のため空間が確保しにくく、間伐が遅れると樹冠量が不足して防潮機能が損なわれる。そのために林内活動を想定した新しい密度管理が必要である。一般に、海岸林造成のためのクロマツの植栽密度は10,000本/haと高密度である。この理由は、いち早く樹冠閉鎖をさせて飛砂防備や防潮機能を早期に発揮するためである(1)。しかし、生育初期に過度の枯損が生じない場合には、8～10年で林分が過密になる。そのまま放置すれば高密度による光量の減少によって下層の枝葉が枯れて個々の林木の肥大成長が抑制され、気象害に対して弱い林分が形成される。その結果、飛砂防備や防潮機能の発揮が困難になる恐れがある(2)。本研究では高密度に植栽されたクロマツ林内の光環境と枝葉の枯れとの関係を明らかにし、葉が枯れずに続けて光合成を行い肥大成長に貢献できる相対照度の下限を求めて間伐の時期を決め密度管理に利用することを目的としている。従来の松林の密度管理は密度管理図と相対幹距を利用して行われた。それによって間伐をした時、下方まで葉が付くかどうかは分からないので本研究では林内の光強度を利用した密度管理を試みた。

## II. 調査地概要

福岡市生の松原の九州大学早良実習場にある、材線虫被害を受けて枯死した後、1976年に植林された30年生高密度(11800本/ha)のクロマツ林と火事の後、1995年に植林された10年生の低密度(660本/ha)のクロマツ林を対象にした。植栽状況は表-1に示した。

表-1. 早良演習林調査地の植栽状況

	立木密度 (本/ha)	樹幹距離 (m)	最大樹高 (m)	胸高直径 (cm)
低密度	660	2.5	5.3	9.4
高密度	11,800	0.9	9.4	6.6
	生枝高 (m)	植栽年度 (年)	相対幹距	幹の形状比
低密度	0.65	1995	0.47	56
高密度	6.9	1976	0.1	142

## III. 材料と方法

## 1. 葉の長さ・表面積と枝の長さ・直径の測定

葉の形態と相対照度との関係を求めるため、異なる相対照度下の6ヶ所を選んで葉の長さとして表面積を測定した(測定地点は低密度区の1個体6ヶ所)。葉は1cm間隔に切ってマイクロームを利用し、厚さ0.3μmの切片にして、顕微鏡写真から周囲長を求め、各切片の長さを乗じて表面積を算出し、針葉の総表面積を求めた。

\*1 Kim, Y. J. and Yahata, H. : Effect of stand density and relative illuminance on the form of a pine tree.

\*2 九州大学比較社会文化学府 Graduate school of social and cultural studies., Kyushu Univ., Fukuoka 642-3071

\*3 九州大学熱帯農学研究センター Institute of tropical agriculture., Kyushu Univ., Fukuoka 642-4219

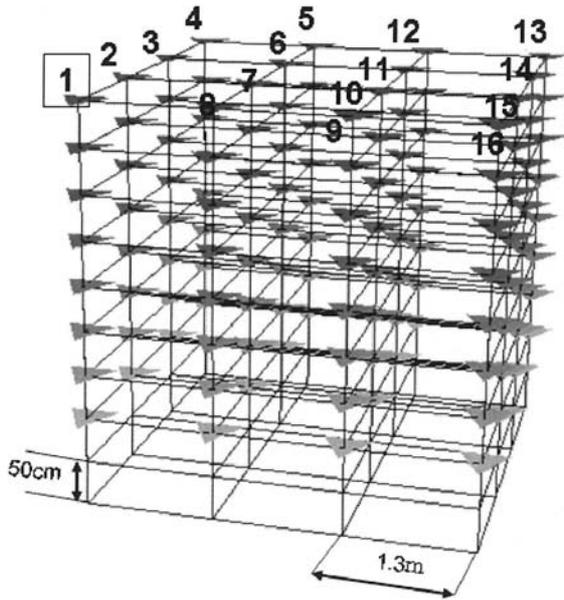


図-1. 低密度区の全天空写真の撮影地点

光量の減少が樹形に与える影響を求めため、葉が付いている当年枝から3年枝まで5ヶ所ずつ計20ヶ所、葉が付いてない1年枝から(葉が付いてない所は当年枝がない)4年枝まで5ヶ所ずつ計20ヶ所を選んで、合計40ヶ所の枝の長さや直径を測定した。

2. 全天空写真の撮影

樹冠内の立体的な光強度を求めため、林分内に縦、横それぞれ1.3m間隔で3.9mまで方形メッシュを設定し(図-1)、各段で16地点において、林床から高さ0.5m間隔で低密度区では8段までの128ヶ所(図-1の三角形の中心)、高密度林では12段までの192ヶ所で天空写真を撮影した。この場合、天空写真の撮影には魚眼レンズを装着したデジタルカメラ、常に天頂を視準できる撮影台、10mまで任意の高さに伸縮可能なポールを用い、カメラの方位を磁北に合わせて撮影した。

3. 全天空写真の解析

相対光量子束密度を表すには、RPPFD (Relative Photosynthetically active Photon Flux Density) と GLI (Gap Light Index) がある。前者は後者を含む概念であるが、本稿では、RPPFDは散乱光のみからなる光量子束密度の相対値を示すことにし、曇天時の光環境を代表させることにした。GLIは太陽からの直達光を含む林内外の光量子密度の積算値の相対値である。ここでは快晴時を想定した光環境を求めことにした。樹冠の魚眼写真画像をコンピュータに取り込み、プログラム言語Perlで作った専用ソフトで解析した(3)。林外と林内の散乱光のみの積算光量を算出し、相対値RPPFDを求めた。毎日快晴が続くことを仮定し、3月から12月まで10日間ごとに、1日については12分間隔で午前5時から午後7時までの積算値を算出し、GLIを求めた。

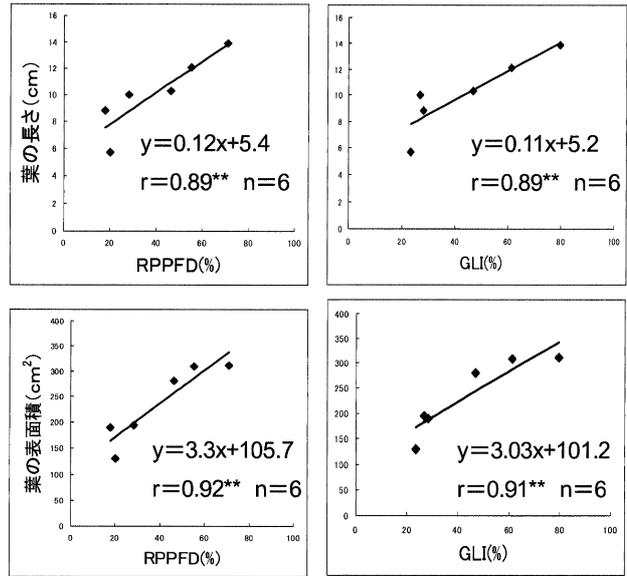


図-2. RPPFD、GLIと葉の長さ、葉の表面積との相関関係

IV. 結果と考察

1. 枝葉の生育と RPPFD、GLI の相関関係

葉の長さ・表面積、枝の長さ・直径は相対光強度と高い相関関係が認められた(図-2)。RPPFD、GLIの値が高い所は低い所と比較して葉と枝の生育の状態が良好だった。散乱光の影響が分かるRPPFDと直達光の影響が分かるGLIの間では有意な差は見られなかった。

光環境によって葉の長さは、異なったが、葉の切片毎の表面積は大きな差はなかった。葉の先端の尖った部分で表面積が急に減る傾向は同じであった。クロマツの場合は広葉樹の葉のように陰葉と陽葉の区別がつきにくいといわれているが、このことと関係しているように思われる。葉の長さや表面積との間には、高い相関関係が得られた(図-3)。したがって、葉の長さの計測によって関係式から葉の表面積を推測できることが示された。

葉の付いている当年枝の長さや直径はRPPFD及びGLIとそれぞれに高い相関関係が認められた(図-4、図-5)。しかし1年生枝から3年生枝に枝齢が高くなるにつれて相関関係は低下した。この理由は、光環境が枝の伸長時に比べ若年枝によって被陰され変化したためと考えられる。葉が付いてない枝は殆ど相関関係が見られなかった。RPPFDとGLIが25%以下(図の矢印の左側)になると葉の枯れが始まると思われる。RPPFDとGLIの間では有意な差は認められなかった。しかし、RPPFDの方が若干相関関係は高かった。

2. RPPFD、GLIと葉の有無

全天空写真の撮影地点最上段(低密度の8段4.5m、高密度の12段6.5m)はRPPFD、GLIが60%以上で枝葉の生育が良好である。最下段(低・高密度の1段1m)は20%以下で枝葉が枯れ上がっていた(表-2)。低密度区の1段から3段までの撮影地点1から5まで(図-1参照)は道に面しているため光が下方まで入り、このために葉が付いていた。葉が付いてない所の光環境を求めため解析資料からは除外した。低密度の葉が付いてない

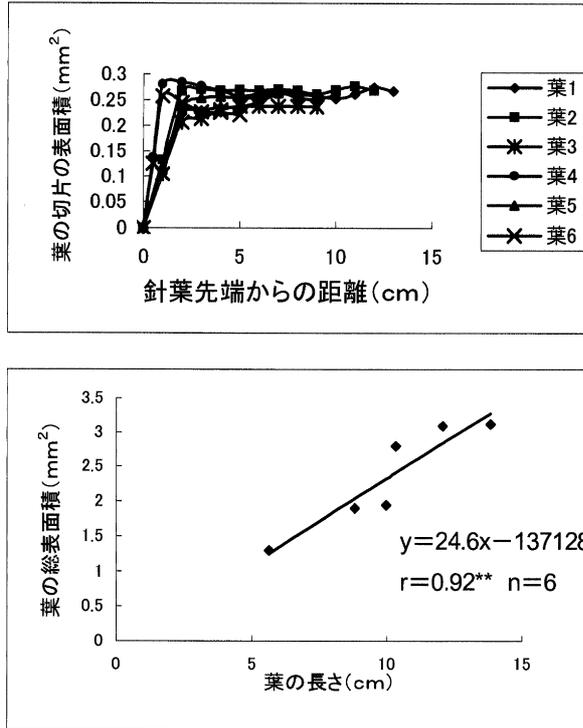


図-3. 葉の長さとの関係

所の光環境は3段(2m)がRPPFD $22.0 \pm 3.1\%$ 、GLI $22.5 \pm 3.2\%$ で1段(1m)がRPPFD $20.5 \pm 2.7\%$ 、GLI $21.0 \pm 2.1\%$ であった。すなわち、26%以下で葉が枯れ始める。高密度の場合は6段(3.5m)がRPPFD $27.4 \pm 2.6\%$ 、GLI $25.7 \pm 4.0\%$ で1段(1m)がRPPFD $17.7 \pm 1.2\%$ 、GLI $17.4 \pm 2.5\%$ であった。28%以下で葉が枯れ始めると思われる。高密度の6段と1段の10%の差があるのは上の幹によって下方が被陰されるからだと思われる。ここでもRPPFDとGLIの間では有意な差は見られなかった。

図-6は、低密度区の128箇所の測定地点中で葉が着生する箇所(縦軸の10)と無い箇所(縦軸の0)とRPPFDとGLIが重なる範囲(矢印)を表した。曲線は測定地点中の相対照度に対する葉のある所とない所の10%刻みでの出現頻度を表している。RPPFDの値が重なる範囲は18%~28%でGLIの値が重なる範囲

表-2. 地上高別の光環境 (16地点の平均値±SD)

段数	高さ (m)	低密度		高密度	
		RPPFD	GLI	RPPFD	GLI
1	1.0	20.5±2.7	21.0±2.1	17.7±1.2	17.4±2.5
2	1.5	21.3±2.8	21.5±2.6	18.2±1.8	22.8±3.4
3	2.0	22.0±3.1	22.5±3.2	19.2±1.5	24.1±2.8
4	2.5	29.6±5.2	28.3±4.8	18.2±1.7	25.0±2.6
5	3.0	34.2±7.2	36.4±6.3	25.5±3.0	25.6±3.9
6	3.5	43.2±9.6	45.2±10.2	27.4±2.6	25.7±4.0
7	4.0	57.4±12.1	58.6±12.8	29.5±3.0	28.6±3.9
8	4.5	68.4±10.6	77.1±13.3	35.1±4.3	38.0±5.7
9	5.0			42.3±8.2	45.1±8.1
10	5.5			52.0±10.3	50.7±13.8
11	6.0			61.6±14.3	63.5±17.5
12	6.5			67.5±7.7	67.1±13.3

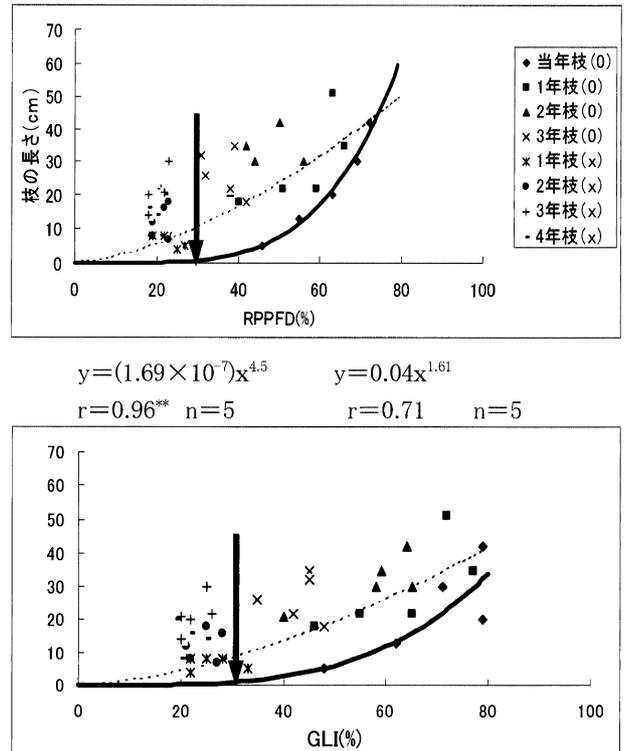


図-4. RPPFD、GLIと枝の長さの相関関係

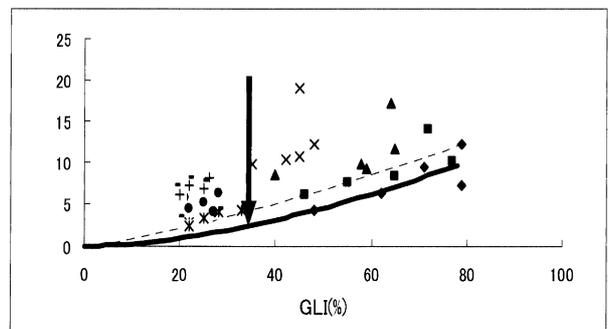
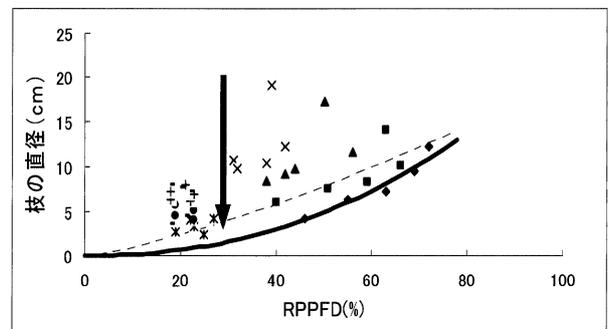


図-5. RPPFD、GLIと枝の直径の相関関係

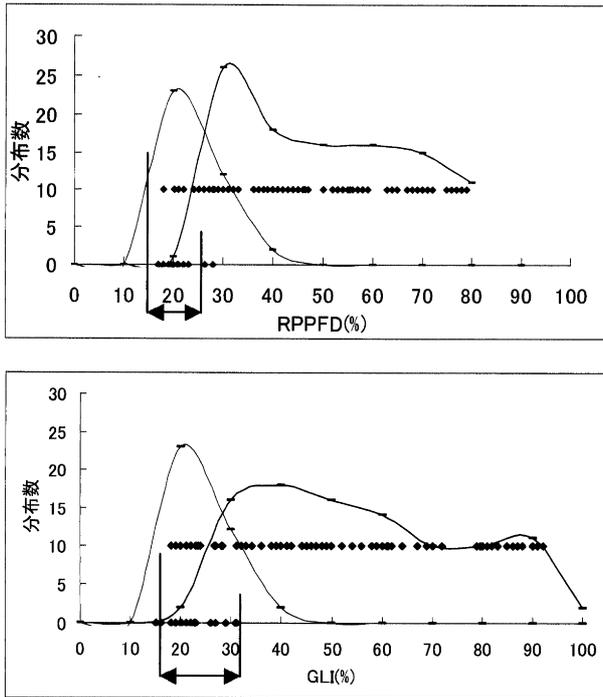


図-6. 葉の有無と RPPFD、GLI の関係

は18%~31%であった。枝葉の生育には直達光の影響が大きいと思われたのでGLIの重なる範囲が狭くなると予測したが、実際にはRPPFDの方が狭かった。すなわち、RPPFDを利用すれば、充分にクロマツの葉の着生有無を判定できると考えられた。

海岸クロマツ林を開放してレクリエーション活動の空間を確保するために遅れて間伐をした場合に、陽樹であるために下方の枝葉が枯れ上がって樹幹長が短く樹冠は上方に偏奇した林になる。早期から適正な密度管理を行うと樹幹長が長く防風防潮効果維持できる林に育てることが可能と考えられる。しかし、多くの場合、植栽木を伐採することの抵抗感と、過剰な伐採による防潮機能の低下などに対する危惧のために、適切な間伐の時期と伐採量の決定が可能となるのが望まれる。これまでの事例によれば、秋田県ではクロマツが枝折れなどの冠雪害を受けたが、被害を受けた木の多くは形状比80以上であった。保安林として海岸の厳しい気象条件に耐え、衰退することなく成長し続けるためには形状比(樹高/胸高直径)60~70で本数管理をするのが適当であると報告されている(4)。低密度区の形状比は56であった(表-1)。さらに、福岡市百道浜のクロマツ林は、市民に開放するために、

5年ごとに間伐を行っている。そこでは、相対幹距(樹幹距離/樹高)が0.3以下になれば、枝の枯れ上がりが生じ、相対幹距0.2程度では形状比は60以上を示し、最大で86となってかなり細い幹になっており、樹幹距離が大きすぎると、防風機能等の維持が困難になるので相対幹距は0.3~0.4程度の範囲に維持するのが望ましいとされている(5)。低密度区の相対幹距は0.47であった(表-1)。相対幹距を大きくし、形状比が小さくなるように林を管理すればよいが、過剰な伐採にならないように、形状比60の林分(収量比数がほぼ0.7)に近づけるように保育伐を行うことが提案されている(6)。しかし、この程度の密度管理では、やはり葉の枯れ上がりが生じることは避けられないと予想される。実際に低密度区の樹冠下方も葉の枯れ上がりが生じていた。

## V. まとめ

林内の見通しがいよように下枝は払っても、高さ2~3m以上には隣接木との樹冠が繋がるように管理するには、葉が生存できる光環境を正確に求め、これをもとに密度管理の方法を構築することが重要と思われる。

本研究ではクロマツを取り囲む立体的な光環境を全天空写真の解析を用いて測定した。その結果から葉が枯れ始めるRPPFDとGLIの下限値を求めて、密度管理のための間伐の時期と林内の光量減少が樹形に与える影響を考察した。クロマツ林では隣の木同士が干渉し始めRPPFDが28%以下になると葉がほとんど枯れてしまうので、その以前に即ちRPPFDが30%当たりになったら間伐を行うのが望ましい。密度管理図と相対幹距を利用した密度管理と併用してRPPFDとGLIの値を使えば利用目的に合う林に育てることが容易になると思われる。

## 引用文献

- (1) 佐藤創 (2003) : 光珠内季報129 : 11-14
- (2) 河合英二 (1993) : 森林立地35 (2) : 30-38
- (3) Yahata, H. (1991): Annual report of PUSREHUT.1: 25-47
- (4) 金子智紀・田村浩喜 (2002) : 秋田県森林技術センター業務年報平成14年度 : 11-12
- (5) 矢幡 久 (2003) 海浜公園松林第2期管理計画報告書 : 6-17
- (6) 鈴木正・鈴木久雄 (1992) 静岡県林業試験場研究報告13 : 35-41

(2005年11月14日 受付 : 2006年1月23日 受理)