

## 針広混交林の造成技術に関する研究

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者	石川, 実
巻/号	20号
掲載ページ	p. 23-30
発行年月	2000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



## 針広混交林の造成技術に関する研究

石 川 実

### Studies on the afforestation system of the mixed forest of coniferous and broad-leaf trees

Minoru ISHIKAWA

針葉樹一斉造林地に広葉樹の導入を図るため、スギとケヤキを混交させた林分、スギとケヤキを列状に混植させた林分及びヒノキ-ケヤキ複層林を対象とし、森林構造の把握、更新保育技術の検討及び施業体系のモデル化を行った。ケヤキの樹冠サイズから、収穫目標に応じた必要樹冠サイズ及び推定密度が求められた。また、ケヤキを樹下植栽する場合、均一な配置で植栽するのではなく、なるべく光条件の良好なギャップを利用して植栽するのがよいと考えられた。

キーワード — ケヤキ、混植、樹下植栽、樹冠サイズ、針広混交林

#### 1. 緒 言

森林に求められる機能が、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中で、森林の造成管理技術についても、一斉林から地域の自然条件、経済社会等に適合した幅広い森林の造成管理技術が要請されている。スギ・ヒノキ林などの針葉樹一斉林は、風致・景観上、地力維持など公益的機能の面から見て、いくつかの問題点が指摘されている。その解決方法の一つとして、広葉樹の導入が考えられる。しかし、スギ・ヒノキ針葉樹一斉林に広葉樹を導入し、その維持管理に関する情報は非常に少ない小島ら(1998)、小島(1999)、前田(1998,1999)、中井ら(1998)、谷口ら(1996)。

このため、混交林等の実態調査に基づき、その造成管理技術の開発が必要である。そこで、本研究ではスギ・ヒノキ人工林に、ケヤキを導入した事例から針広混交林の造成管理技術の検討を行った。

なお、本研究は林野庁国庫補助事業の大型プロジェクト研究「混交林等多面的機能発揮に適した

森林の造成管理技術研究(1994~1998年度)」の一環で行った。

#### 2. 調査地と調査方法

##### 2.1 森林構造の把握

###### 2.1.1 スギ-ケヤキ混交林

スギとケヤキを混交植栽することで、枝下高を高くし直材部が長く収穫できるケヤキが育てられることや、スギを収穫した後にケヤキを残して樹幹形の優れたケヤキ林にできることが考えられる。このためスギとケヤキを混交させた林分の実態解析を行った。

調査地は、愛媛県宇和島市黒岩山にあるスギとケヤキを同時に植栽した47年生の林分を対象に行った。調査は1996年11月に全体で約0.2haある林分のなかに、20m×20mの試験地を設け、毎木調査、立木位置及び樹幹の形状を調査した。調査地の施業歴については、森林所有が国有林から市有林に代わったこともあって、残念ながら不明であった。

##### 2.2 更新・保育技術の検討

###### 2.2.1 スギ-ケヤキ列状混交林

スギとケヤキを列状に混交植栽する林分において、植栽密度をどれだけにして、初期段階はどのような保育が必要であるか。今試験では、既に植栽された幼齢なスギ・ケヤキ列状混交林の成長経過を調べることで、保育技術の手がかりを求めることとした。

調査地は愛媛県温泉郡重信町(民有林)にあり、ケヤキを等高線上にhaあたり約5,000本の密度で列状植栽した3年後に、ケヤキの植栽列の間にスギをhaあたり約4,000本の密度で植栽した林分である。調査は1994年に全体で約0.2haある林分のなかに、25m×15mの試験地を設け、1994年～1997年にかけて毎木調査を実施した。

### 2.2.2 ヒノキ・ケヤキ複層林

スギ・ヒノキの一斉造林した壮齢林を間伐後、スギ・ヒノキを樹下植栽する事例が見られるが、ケヤキを樹下植栽できないか。当試験は、既にヒノキ人工林に下木植栽し数年経過したヒノキ・ケヤキ複層林の成長経過から、とくにケヤキの樹幹形に着目し、保育技術の検討を行ったものである。

調査地は、愛媛県温泉郡川内町(町有林)にある38年生ヒノキ林の間伐にあわせて、ケヤキをヒノキの下木に植栽した林分を対象に行った。調査は、1994年に全体で約2haある林分のなかに、25m×25mの試験地を設け、1994～1998年の5か年にわたり毎木調査及び樹幹の形状を継続調査した。樹幹の形状に関しては、2本の樹幹直径がほぼ同様になり枝分かれている高さを二股高とし、樹幹がそばに立てたポールと比べて曲がり角が認められた高さを曲がり高とした。調査地は、38年生のヒノキ林をhaあたり704本の密度に間伐した後、ケヤキの2年生苗をhaあたり3,000本の密度で等高線上に列状植栽した林分で、植栽後継続して下刈りを行っている。試験期間中の1997年3月に、試験地の一部で林内の光環境改善のためヒノキをhaあたり704本から432本の密度で間伐を行った。この時点で間伐を行わない調査区を追加し対照区とした。相対照度の測定は、1998年10月に魚眼レン

ズと一眼レフカメラを用いた全天空写真を撮影し、その開空度から相対照度を推定した。写真撮影は、樹下植栽したすべてのケヤキの樹上で行った。

## 2.3 施業体系のモデル化

### 2.3.1 密度管理

#### 2.3.1.1 混植

ケヤキをスギやヒノキと混植する場合に必要と考えられるのが、ケヤキの樹冠サイズである。胸高直径や樹齢に応じた樹冠サイズを持つのか、それとも林分の状態で樹冠サイズも変化するのか。樹冠サイズから密度管理を推測するために、さまざまな状態のケヤキの樹冠サイズを知る必要がある。

愛媛県下のケヤキの単純林(人工造林)、混交林及び単木的に残されている天然木の胸高直径と8方向の樹冠半径を測定した。測定は、単純林では南宇和郡城辺町の山出国有林の77年生ケヤキ人工造林地、混交林では2.1.1の47年生スギ・ケヤキ混交林、天然木については宇摩郡新宮村、別子山村、伊予三島市、上浮穴郡久万町、小田町、温泉郡川内町、北宇和郡津島町の7市町村で行なった。

#### 2.3.1.2 複層林下木

複層林下木としてケヤキを植栽した場合に、樹幹形がどのようなになるか、木材生産の面からは重要な点であると考えられる。上木のサイズや密度により光環境が変化するため、上木の密度管理とも密接な関係がある。この点を明らかにするため、成長にともなったケヤキの樹幹形の変化について検討した。

2.2.2で測定したヒノキ林に樹下植栽したケヤキの二股高と曲がり高から樹高成長と二股高及び曲がり高の変化を見た。

## 3. 結果と考察

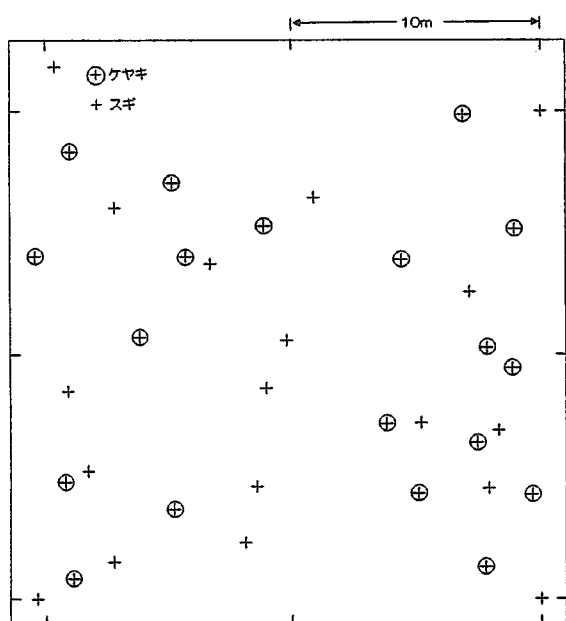
### 3.1 森林構造の把握

#### 3.1.1 スギ・ケヤキ混交林

林分の概況を表-1に、立木位置を図-1に示した。調査地は谷筋にあり土壤水分が適潤で、スギ・

表一 スギ-ケヤキ混交林林分概況

試験地の所在地	標高 m	斜面方位	斜面傾斜	斜面位置	土壌型
宇和島市黒岩山	350	N	30~35°	谷筋	B <sub>D</sub>
林齢	立木密度 本/ha	胸高直径cm	樹高 m	枝下高 m	
		平均 最小-最大	平均 最小-最大	平均 最小-最大	
ケヤキ 47	375	30.8 17.2-39.5	21.7 16.5-26.8	5.0 1.6-11.0	
スギ 47	325	26.4 18.2-34.5	20.0 13.5-25.5	6.6 1.8-14.0	

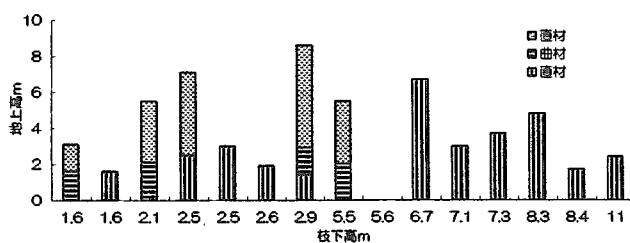


図一 スギ-ケヤキ混交林(宇和島)の立木位置図

ケヤキとも良好な成長を示していると思われた。立木密度は、スギが325本/haでケヤキが375本/haとほぼ同様な密度で、過去に幾度かの間伐が行われた形跡があった。現存する立木の位置から、列状に混植されたのではないかと考えられた。胸高直径及び樹高をスギとケヤキで比べてみると、平均胸高直径はスギが26.4cmでケヤキが30.8cm、平均樹高はスギが20.0mとケヤキが21.7mで、ややケヤキが上回っていた。現状ではスギは利用径級に達しているので、ケヤキの成長を促進させるため、スギを収穫しケヤキ林にすることも可能で

はないかと考えられた。

ケヤキの樹幹形については、調査区内15本のケヤキを対象にして、外観から直材のとれる地上高を調べ、枝下高の低いものから高いものへと示したものが図-2である。これによると、枝下高が6.7mを越えた個体については元玉で直材が採材でき、直材部は最も低いもので1.7m、最も高いものでは枝下高6.7mまで直材がとれると判断された。それに比べて、枝下高が5.5mより低い個体では、枝下高付近での樹幹の曲がりが見られるため、低いながらも枝下高までの元玉で直材が採材できるか、または枝下高以上の2番玉において直材が採材できる個体も見られた。このことから、枝下高を高くすることで、元玉で長い直材が採材できるのではないかと考えられた。



図二 ケヤキ樹幹の直材部と曲材部

### 3.2 更新・保育技術の検討

#### 3.2.1 スギ-ケヤキ列状混交林

林分の概況を表-2に示した。調査地は山腹の

表-2 スギ・ケヤキ列状混交林林分概況

試験地の所在地		標高 m	斜面方位	斜面傾斜	斜面位置	土壌型
温泉郡重信町		400	NW	20°	山腹中～上	Bc
樹種	林齢	立木密度 本/ha	胸高直径cm	樹高 m	二股高 m	曲がり高m
			平均 最小-最大	平均 最小-最大	平均 最小-最大	平均 最小-最大
1994年 ケヤキ	7	4,960	1.1 0.2-2.9	2.3 1.1-4.2		
スギ	4	4,150	4.2 0.7-8.1	4.1 1.3-4.9		
1995年 ケヤキ	8	4,720	1.4 0.5-3.2	2.5 0.8-4.5	1.4 0.3-2.7	0.4 0.1-1.4
スギ	5	4,096	4.8 1.4-7.8	3.8 1.7-5.5		
1996年 ケヤキ	9	4,933	1.5 0.2-3.8	2.6 1.1-4.6	1.4 0.3-2.9	0.6 0.1-1.7
スギ	6	4,070	5.4 1.6-8.9	4.1 2.0-5.8		
1997年 ケヤキ	10	4,586	1.7 0.4-4.4	2.8 1.6-4.9	1.5 0.6-2.6	0.7 0.1-1.7
スギ	7	4,106	6.0 2.0-9.9	4.4 2.2-6.2		

中部から上部にかけてあり、やや乾燥気味の土壌であったためか、試験地設定当初からスギ・ケヤキとも成長不良と思われた。立木密度は、設定当初スギが4,150本/haでケヤキが4,960本/haとややケヤキの密度が高く、全体としてみるとかなり高密度な状態であった。胸高直径及び樹高をスギとケヤキで比べてみると、設定当初の平均胸高直径はスギが4.2cmでケヤキが1.1cm、平均樹高はスギが4.1mとケヤキが2.3mで、後から植栽されたスギが上回っていた。1994～1999年の成長経過を図-3に示した。4年間の成長経過を見ると、スギ・ケヤキとも良好な成長を示しているとは考えられず、むしろ成長不良な状態ではないかと思われた。この原因の一つは、土壌型がBc型でスギ・ケヤキとも植栽するには適地ではなかったことがあげられる。とくにケヤキでは、樹勢が弱りクワカミキリやカイガラムシの被害が見られた。

当試験地では、高密度な植栽と植栽地の土壌条件が不適切だったところから、成長不良な林分と

なり、スギとケヤキとを混交させた利点など、スギ・ケヤキに比べての評価が得られなかった。

### 3.2.2 ヒノキ・ケヤキ複層林

林分の概況を表-3に示した。試験区を設定して樹下植栽したケヤキの3年間の成長経過をみると、旺盛な成長をしているとは考えられなかったことから、試験地のヒノキを一部間伐した。間伐区と対照区の比較を表-4に示した。上木ヒノキの立木密度は、間伐区がhaあたり432本に対して、対照区がhaあたり460本とよく似た値を示すのに対して、相対照度を見てみると、間伐区が平均相対照度が25.2%で対照区が15.2%と、平均値で10%の差が認められた。それぞれの個体ごとに相対照度と樹高の年間成長率((1998樹高-1997樹高)/1997樹高)との関係を求め、図-4に示した。これを見ると、表-4の結果から得られたように、相対照度が間伐区では25%付近にピークを持って20%台に分布し、対照区が15%付近にピークを持ち10%台に分布をしていた。年間成長率では全体

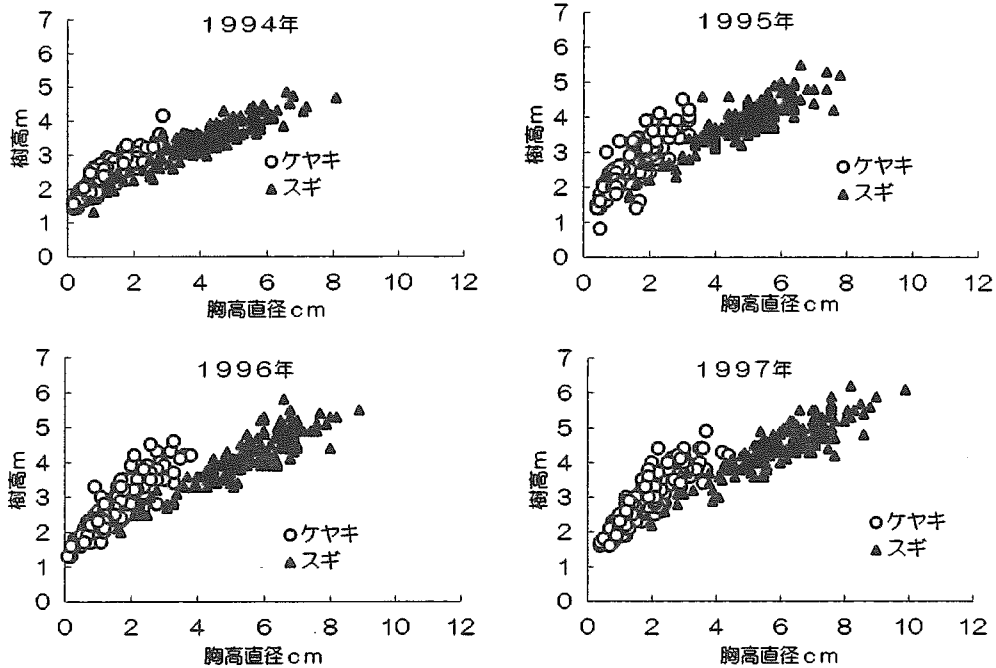


図-3 スギ-ケヤキ列状混交林の成長経過

表-3 ヒノキ-ケヤキ複層林林分概況

試験地の所在地	標高 m	斜面方位	斜面傾斜	斜面位置	土壌型	
温泉郡川内町	450	S E	25°	山腹中~上	B <sub>D</sub>	
樹種	林齢	立木密度 本/ha	胸高直径cm 平均 最小-最大	樹高 m 平均 最小-最大	二股高 m 平均 最小-最大	曲がり高m 平均 最小-最大
1994年 ケヤキ	3	2,496	0.5 0.1-1.0	1.8 0.8-2.8		
ヒノキ	40	704	22.5 16.2-29.0	16.8 3.9-19.4		
1995年 ケヤキ	4	2,496	0.9 0.1-1.9	2.4 1.0-3.4	1.1 0.0-2.1	0.3 0.0-1.1
1996年 ケヤキ	5	2,496	1.1 0.2-2.1	2.7 1.0-4.2	1.1 0.0-2.4	0.6 0.2-1.1
間伐前 ヒノキ	42	704	23.9 16.2-29.0	未測定		
1997年 ケヤキ	6	2,176	1.4 0.3-2.5	2.9 1.4-4.3	1.3 0.5-2.4	0.6 0.2-1.5
間伐後 ヒノキ	43	432	25.5 20.6-31.8	17.2 15.8-18.9		
1998年 ケヤキ	7	2,160	1.8 0.4-3.4	2.7 1.1-4.9	1.3 0.5-2.4	0.5 0.2-1.0

表-4 間伐区と対照区と林分概況

上木ヒノキの概況					
		間伐区		対照区	
1997		DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)
立木密度(本/ha)		432		460	
平均		25.5	17.2	27.0	16.4
最大	最小	31.8 20.6	18.9 15.8	37.9 20.5	17.9 14.2
標準偏差		2.89	0.81	4.46	0.77

試験区の相対照度(%)					
		間伐区		対照区	
平均		25.2	15.2		
最大	最小	30.2 18.7	19.4 8.6		
標準偏差		2.42	2.34		

間伐によるケヤキの成長差

間伐によるケヤキの成長差					
		間伐区		対照区	
1996(間伐前)		DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)
立木密度(本/ha)		2,400		1,540	
平均		1.1	2.7	1.2	2.8
最大	最小	2.1 0.2	4.2 1.0	3.3 0.4	4.3 1.8
標準偏差		0.43	0.59	0.49	0.54
1998(間伐後)					
立木密度(本/ha)		2,176		1,480	
平均		1.4	2.9	1.5	2.9
最大	最小	2.5 0.3	4.3 1.4	4.7 0.4	4.3 1.7
標準偏差		0.55	0.59	0.66	0.56

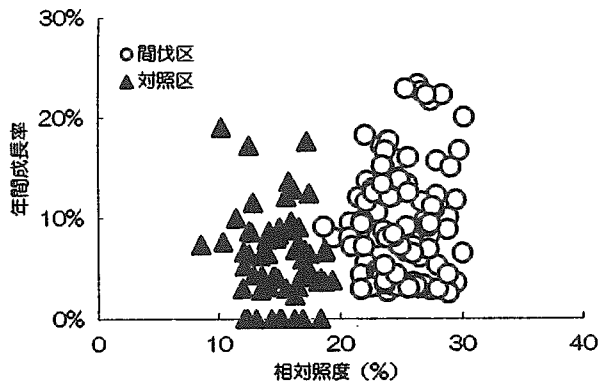


図-4 相対照度と年間成長率(1998年)

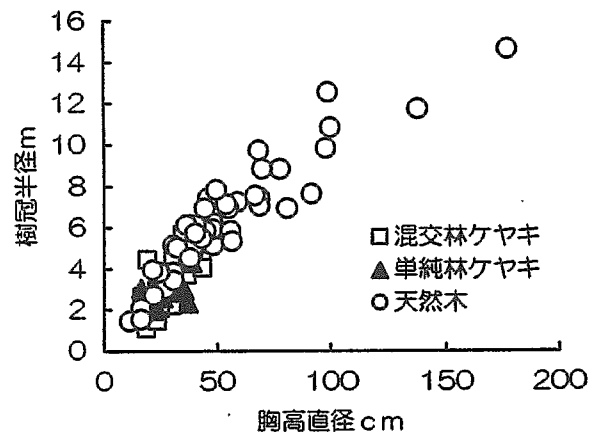


図-5 ケヤキの胸高直径と樹冠半径  
(混交林・単純林・天然木)

としてやや間伐区が上回るように思われるが、大きな差は認められない。このことは、間伐後2年目の結果で、まだ成長に差が出るには早すぎるのか、また相対照度が10%台と20%台とでは大きな差がないのかは分からなかった。

### 3.3 施業体系のモデル化

#### 3.3.1 密度管理

##### 3.3.1.1 混植

胸高直径と8方向の平均樹冠半径の関係を図-

5に示した。得られた測定値を単純林・混交林及び天然木と区別したが、林分の状態に関係なく相関があるのではないかと考えられたため、林分を区別せずにまとめて図-6に示し近似曲線を追加した。この結果、林分の状態に関わらず、胸高直径と樹冠の半径には相関が認められる。すなわち収穫目標とする胸高直径が決まれば、その胸高直

径に必要な樹冠半径が求められるため、立木密度も推定されると考えられた。そこで図-6から得られた計算式を用いて、ケヤキのみで林分を構成した場合の推定密度を表-5に示した。これによると、胸高直径100cmを収穫目標とすると推定樹冠半径が10mで推定密度がhaあたり25本となり、胸高直径50cmを収穫目標としても推定樹冠半径が5.8mで推定密度がhaあたり111本となる。これはケヤキのみでの推定密度なので、スギ・ヒノキと混交させる場合にはそのまま使用できないが、参考数字として使用は可能ではなかろうか。

### 3.3.1.2 複層林下木

1995年と1998年の調査結果から、樹高と二股高の関係及び樹高と曲がり高の関係を図-7,8に示した。表-3の結果もあわせて考えると、樹高成長に伴って二股高や曲がり高が大きくなっている

とは考えられず、地上高の低い位置で枝分かれや樹幹が曲がった樹幹形となり、直材部が長く収穫できるような樹幹形からはかけ離れた樹幹形となっていた。これは上木のヒノキにより、林内の場所によって照度にばらつきが生じたため、光によりケヤキが屈曲しているのではないかと考えられた。このことは、樹下植栽を行う上で重要な点で、下木を均一な配置で植栽して曲がりや枝分かれするケヤキを育てるよりも、間伐の際にできた大きなギャップを中心に植栽し光条件のよい場所で密度を高めて保育するのが有効ではないかと考えられた。

## 4. 結 言

スギーケヤキ混交林の実態解析では、ケヤキの樹幹形に着目し枝下高が高い個体では元玉で直材

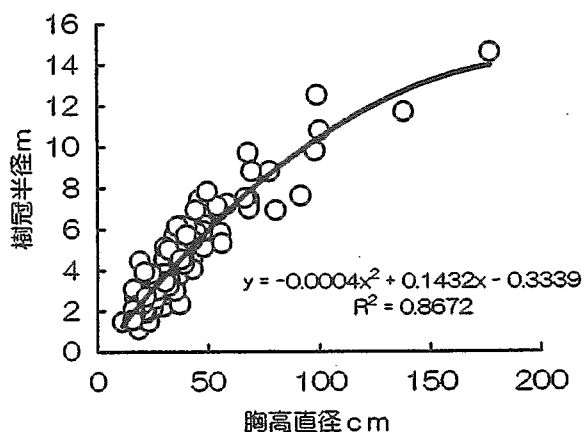


図-6 ケヤキの胸高直径と樹冠半径  
—2次曲線のあてはめ—

表-5 ケヤキ樹冠半径による推定密度

胸高直径 (cm)	推定樹冠 半径(m)	推定密度 (本/ha)
10	1.1	2,233
20	2.4	445
30	3.6	193
50	5.8	111
100	10.0	25

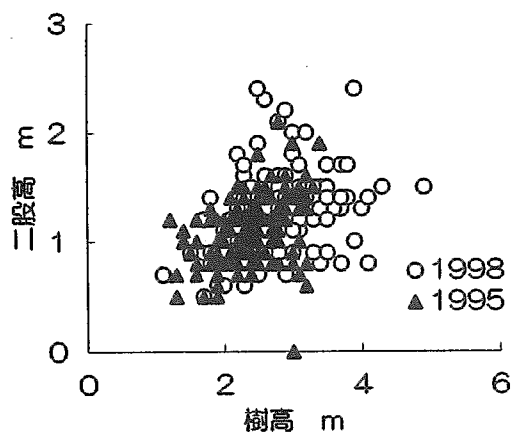


図-7 樹高と二股高

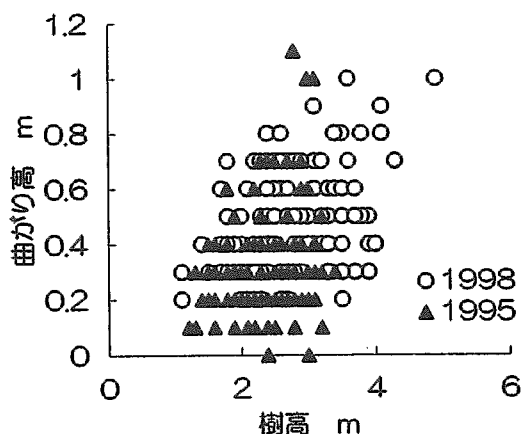


図-8 樹高と曲がり高



を採材できるが、枝下高の低い個体では枝下高付近で曲がりを伴っている。枝下高を高くすることで曲がりも少なくなるのではないかと考えられた。

ヒノキ人工林に樹下植栽したケヤキの成長は、相対照度が10%台と20%台とでは大きな差が見られなかった。またケヤキの樹幹形は、林内の位置により光環境が異なるため、屈曲した個体や大きく枝分かれした個体などがあり、枝下高が高く直材が採材できるような目標とはかけ離れていた。

ケヤキの胸高直径と樹冠サイズ(樹冠半径)には、林分の状態に関係なく相関が認められ、収穫目標とする胸高直径が決まれば必要とする樹冠サイズ及び密度が推定されたので、スギ・ヒノキとの混交林にする場合も得られた推定値は使用できると考えられた。

#### 参考文献

- 小島 正・石塚森吉(1998) スギ林人工ギャップの光環境と植栽した苗木の成長について. 日林論109: 297-298.
- 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. 群馬林試研報6: 1-20.
- 前田雄一(1998) スギ一斉林内に進入したケヤキの樹幹形と成長経過. 日林論109: 313-314.
- 前田雄一(1999) スギとの混交により、ケヤキの優良木がつかれるか?—桑畑からケヤキ・スギ混交林に転換した事例紹介—. 森林応用研究8: 193-196.
- 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.
- 谷口真吾・吉野 豊・前田雅量(1996) 針広混交林の造成技術に関する研究(I)—ケヤキ・スギ、ヒノキ混交林の林分構造と成長—. 日林関西支論5: 119-122.