

暖温帯域における広葉樹
人工林の育成技術

暖温帯域における広葉樹人工林の育成技術

I 試験担当者

林業試験場九州支場

育林部長	藤田桂治
造林第2研究室	田内裕之 埼田宏
土壤研究室	上中作次郎 中村松三
	森貞和仁 河室公康
	堀田庸 川添強
	長友忠行
樹病研究室	楠木学 河辺祐嗣
	清原友也 池田武文
経営研究室	堂園安生
	森田栄一

II 試験目的

九州及び南西諸島には常緑広葉樹林が広く分布しており、広葉樹林の公益的機能の評価が高まるとともに、一方では用材生産林としての価値が高く評価されてきた。常緑広葉樹資源の育成、再生産と森林自体が有する公益的機能の維持、増進を調和させる施業法の確立が強く要請されている。

熊本営林局管内の常緑広葉樹林については天然林施業を積極的に推進していくこととしているが、あわせて有用広葉樹種（ケヤキ・イチイガシ）の人工林施業への一部導入についても検討されている。すでに営林局管内の既存人工林136林分（主としてケヤキ、イチイガシ、クス）の実態調査も行われているが、この中には主伐林分も含まれており、伐採前に林分調査資料を急ぎ補強し解析を進めることによって、これら広葉樹人工林の育成技術の開発を行う必要がある。

本課題では広葉樹人工林の適地判定技術として、立地要因と成長の関係解析、（土壤研究室担当）広葉樹人工林の成長と適地（造林第2研究室担当）に関する調査を進めた。またケヤキ人工林については、用材林の密度管理を主体に将来の林況予測を行った（経営研究室担当）。主要病害についてはその検索と被害実態を明らかにした（樹病研究室担当）。

III 試験経過と得られた成果

1. 広葉樹人工林の適地判定

1) 立地要因と成長の関係解析

(1) 調査地及び調査方法

調査地は熊本営林局の資料1)に基き、比較的まとまって大面積に植栽された造林地を選定し、イチイガシは佐伯営林署41林班ら小班、ケヤキは大口営林署47林班ら小班とした。調査地の概況は表-1に記す。

表-1 調査地の概況

調査樹種	イチイガシ	ケヤキ
場所	佐伯営林署41林班ら小班	大口営林署47林班ら小班
植栽年度	明治42年	昭和5年
調査時の林齢	78年	58年
地質	砂岩	安山岩
土壤型	B _D (d)	B _D (d), B _D
標高	100-160 m	470-500 m

表-2 イチイガシ林の地形要因とカテゴリーの分類

地形要因	カテゴリーの分類				
標高 (m)	~210	210~240	240~		
凹凸	~-5	-4~-2	-1~-1	2~4	5~
傾斜 (°)	~20	20~30	30~		

表-3 ケヤキ林の地形要因とカテゴリーの分類

地形要因	カテゴリーの分類				
標高 (m)	~480	480~490	490~		
凹凸	~-5	-4~-2	-1~-1	2~4	5~
傾斜 (°)	~20	20~30	30~		

既往の調査から微地形が林木の成長に関与しているとみられるので、立地環境の中で特に地形条件と成長の関連性に着目した。現地調査では、毎木調査に並行して地形測量を行い、地形・毎木位置図を作成し、得られた地形図を用いて、微地形条件と成長の関係について検討し、微地形条件の解析から適地判定がどの程度可能かを検討することにした。

(2) 調査結果

(2)-i イチイガシ林調査結果

イチイガシは図-1に示すとおり、標高差約200mの山地の山脚緩斜面に植栽されている。調査地域の地形・毎木位置を図-2に示す。

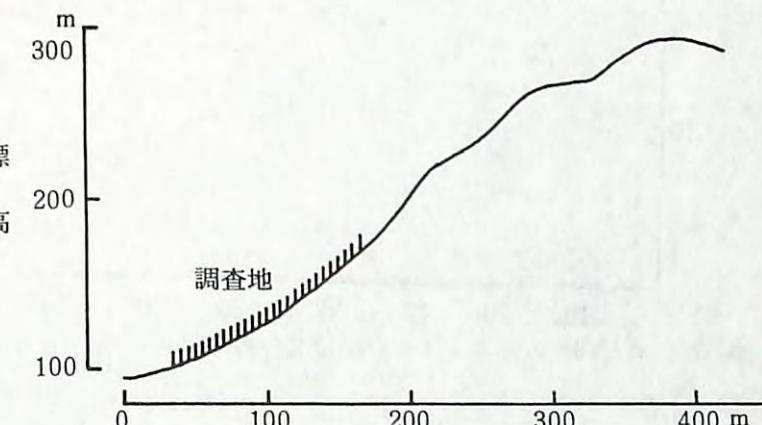


図-1 イチイガシ林調査地の縦断地形

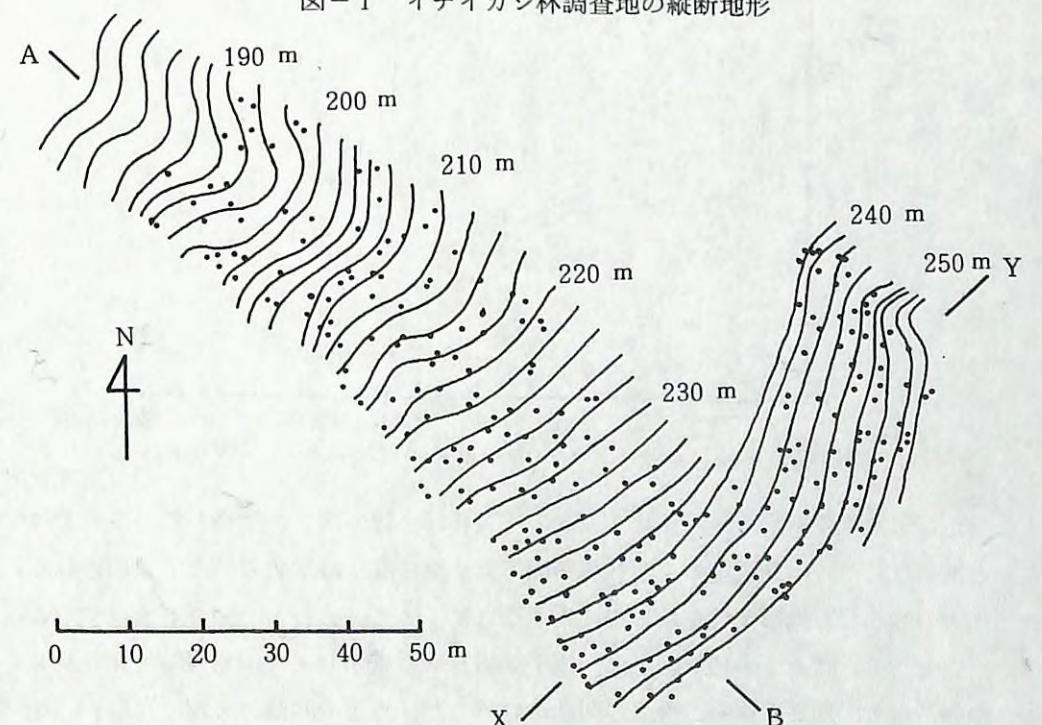


図-2 イチイガシ林の地形・毎木位置図

標高に沿って樹高成長を比較すると(図-3), 標高が高くなるにつれて、樹高がわずかながら低くなる傾向がみられた。また、調査地域上部のはぼ同標高地での樹高を比較すると(図-4), 樹高のバラツキはあるが、凸型地形より凹型地形の方が成長がよいとみら

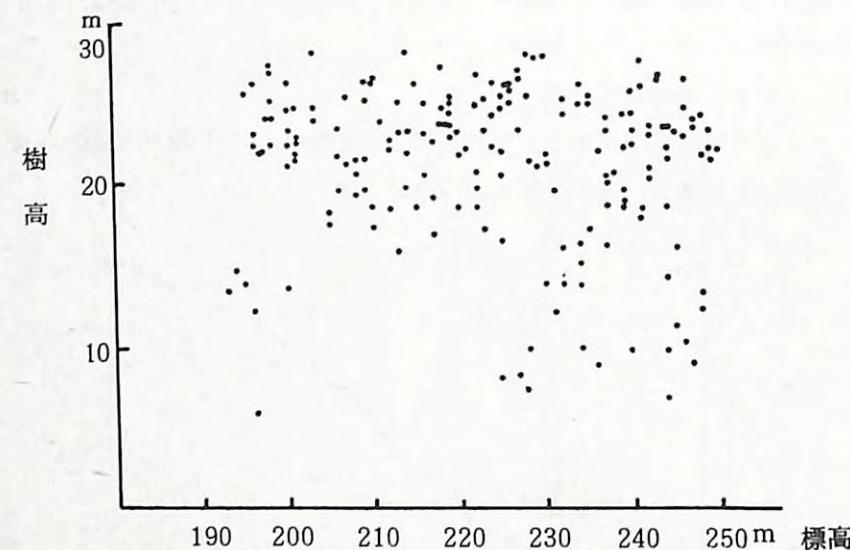


図-3 標高別にみたイシイガシの樹高分布(図-2, A-B方向)

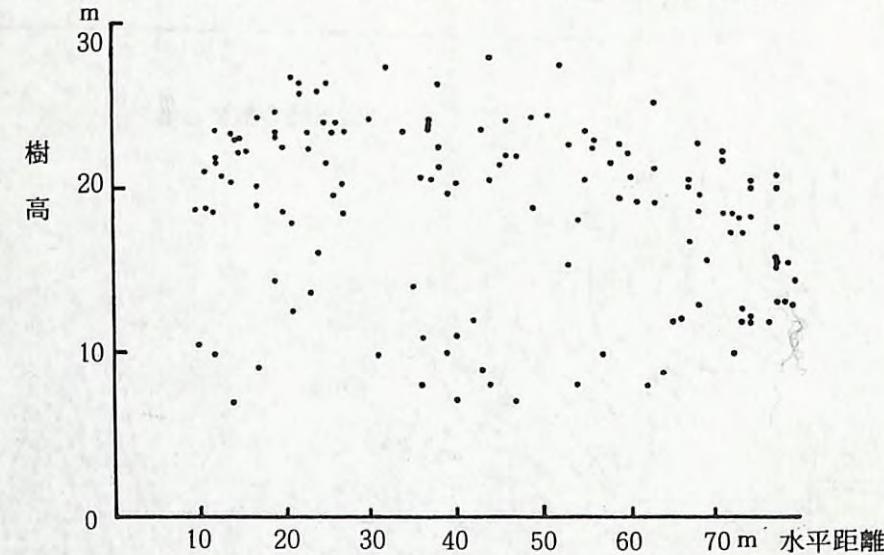


図-4 同標高で比較したイチイガシの樹高分布(図-3, X-Y方向)

れた。現地での観察から、イチイガシの成長には土壤の深さが関係しているのではないかと推測された。本調査地のような緩斜面では土壤の深さは地表の凹凸で表現されると考え、地表の凹凸など地形条件を数量的に表すことによって、成長との関連を検討することにした。そこで、図-2の地形図上に、格子間隔5mで東西および南北方向にメッシュを切り、各格子点毎に標高、傾斜、地表の凹凸を計算した。地表の凹凸の表現にはMITSUNO

et al. 2) の $(V^2 z)_0$ を用いた。凹凸については10mメッシュについても計算した。各格子点を中心とする10m×10mの方形区を設定しその間に分布するイチイガシの平均樹高をその格子点の樹高とした。数量化I類の手法を用いて、互いに重ならない10m×10mの方形区26点についてその標高、傾斜、地表の凹凸(5m)または、同(10m)をいくつかのカテゴリーに区分して地形条件によるイチイガシの樹高成長の説明を試みた(図-5, 6, 7参照)。

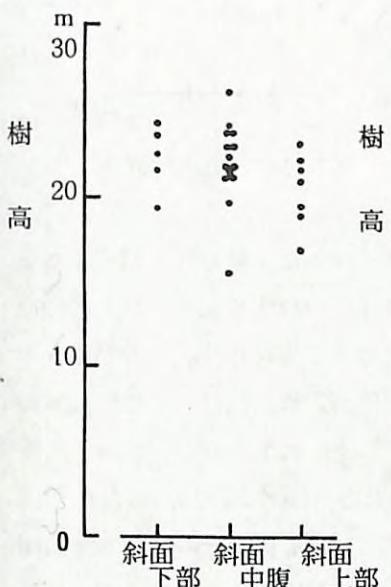


図-5 斜面位置と樹高

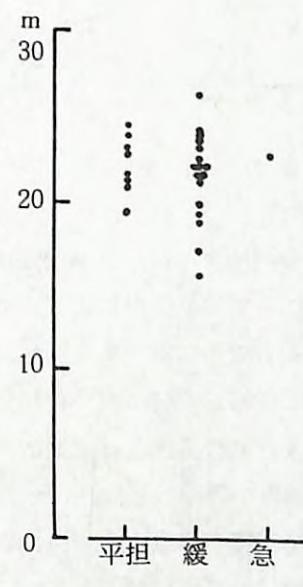


図-6 傾斜と樹高

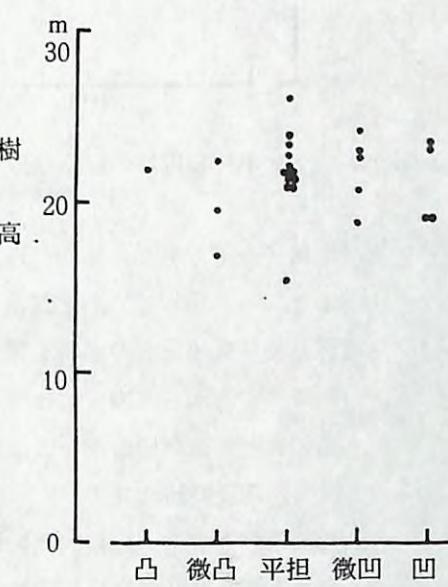


図-7 地表の凹凸と樹高

その結果、相関関係が0.55と高くなく適地判定には不充分であるが標高、地表の凹凸(10m)、傾斜の3要因による説明である程度の相関関係が得られた。標高による比較から斜面上の位置は成長にきいているといえる。即ち、斜面下部の方が成長がよい。また、地表の凹凸についてみると、イチイガシの成長は平坦地から凹状地でよいといえるであろう。従って、微地形条件の解析から、イチイガシの樹高成長を推定することは可能と考えられる。本調査地が概ね山腹以下の緩斜面で地形条件の変化に乏しかったことを考慮すると、異なる地形条件での成長例が追加されればイチイガシの成長に関与している微地形条件が明確になるであろう。

(2)- ii ケヤキ林調査結果

ケヤキは図-8に示すとおり、標高差約40m、斜面長約150mの山腹斜面に植栽されている。調査地域の地形・毎木位置図を図-9に示す。ケヤキ林の毎木調査では標高直径のみ測定した。イチイガシの場合と同様に図-9の地図上に5m間隔でメッシュを切り、

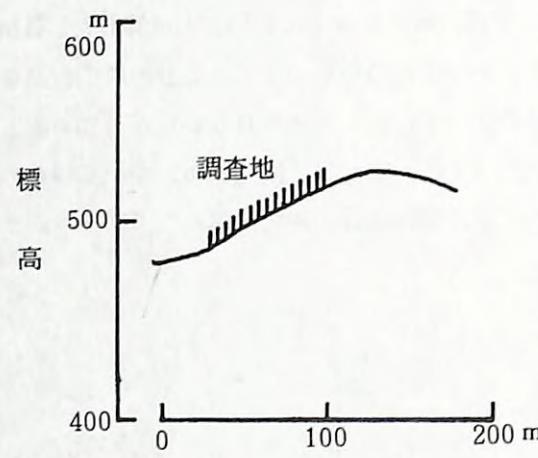


図-8 ケヤキ林調査地の縦断地形

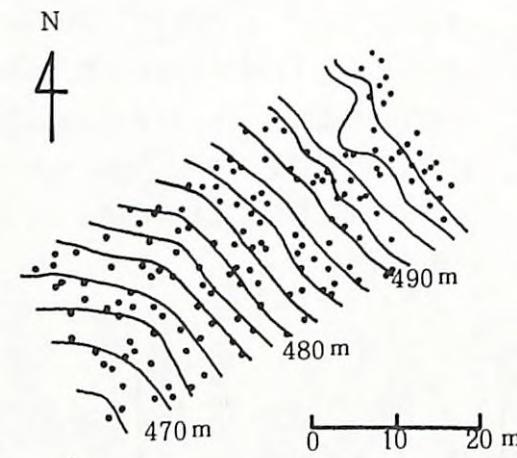


図-9 ケヤキ林の地形・毎木位置図

各格子点毎に標高、傾斜、地表の凹凸(10m)、平均直径を求めた。数量化I類の手法により $10m \times 10m$ の方形区25点について地形条件による直径成長の説明を試みた。その際直径成長は立木密度の影響を受けるので、立木密度も変数に加えて検討した。その結果、地形条件の方が立木密度に較べて直径値との間に高い相関関係が認められた。そこで、本調査における直径値の違いは地形条件に代表された立地条件の違いによる方が大きいと考え、標高、地表の凹凸(10m)、傾斜の3要因から検討したところ(図-10, 11, 12参照)、相関係数0.74と比較的高い相関関係が得られた。標高で示される斜面上の位置では斜面下部、凹凸では平坦地から凹状地で成長がよいという結果が得られた。従って、ケヤキについても微地形条件の解析による適地区分が可能であると考えられる。

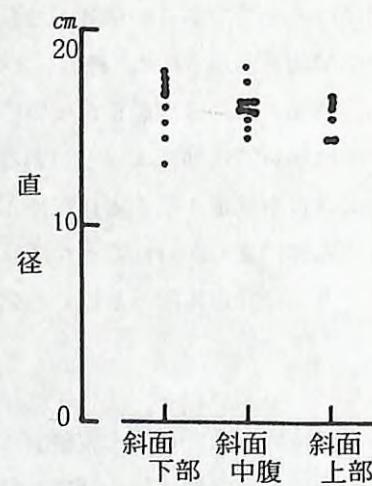


図-10 斜面位置と直径

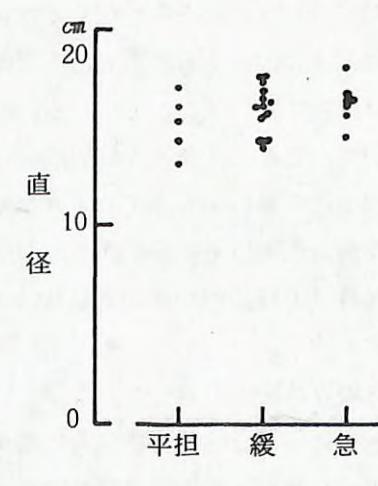


図-11 傾斜と直径

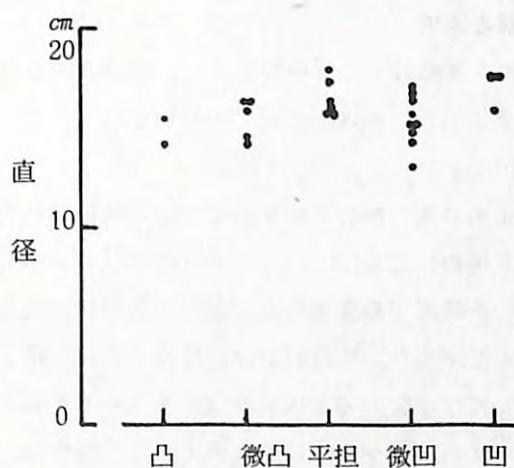


図-12 地表の凹凸と直径

(3) まとめと残された問題点

イチイガシとケヤキについて成長に関与している立地条件のうち、地形条件について検討した。それぞれ1箇所ずつの調査なので明確にはいえないが、両樹種とも地表の凹凸の微地形条件や、斜面上の位置が成長に関与しているとみられる結果が得られた。数量化I類を的確に適用するためには各々の要因が幅広い変異を持つことが必要である。従って現存の他の林分についても今回の様な精密調査を行うことにより各々の樹種の成長に関与する立地条件が明確になり、より細かい適地区分が可能になるであろう。

過去に行われた広葉樹造林は適地判定や施業の技術が未熟なまま行われた例が多いとみられるので、現在林分としてまとまって残っている場所はかなり恵まれた立地条件の場所と考えられる。このことは九州に現存するイチイガシ、ケヤキ林の土壤のほとんどがBD

(d)型ないしはBD型1)であることからもある程度裏付けられる。これらの場所は通常スギの適地とされているところであるので、イチイガシ、ケヤキの適地は大まかにスギの適地と重なっているといえる。その中を細かくみた場合には地表の凹凸のような微地形によって成長の差異が生まれるものと推察される。したがって実際の施業においてイチイガシ、ケヤキとスギ、またはイチイガシとケヤキの植栽区分を行うことはかなり困難であろう。(森貞和仁・河室公康・堀田庸・川添強)

引用文献

- 1) 熊本営林局計画課技術開発室：九州の国有林における広葉樹人工林の現況、技術開発資料 60-4, 128pp 1986
- 2) MITSUNO, T. et al : Soil water distribution in mountainous area and irrigation planning. Soil Physical Conditions and Plant Growth 42, pp 2 - 8. 1980

2) 広葉樹人工林の成長と適地

本研究では、イチイガシ高齢級人工林を対象とし、林分の成長ならびに構造を明らかにした。また、これらの結果をもとに適地についての検討を行った。

(1) 調査地及び調査方法

調査は、大口営林署布計国有林47ら林小班ならびに佐伯営林署青山国有林41ら林小班で行った。毎木調査は1地点当たり $97.1 \sim 691.4 m^2$ のプロットを数ヶ所設置し、樹高が1.2m以上の木本種全ての胸高直径を測定した。樹高の測定は、全個体の50%以上を実測し、残りはネズルトン式で推定した。樹幹解析は、佐伯の伐採個所より得た試料木について行った。林床植生については、佐伯で $1 \times 1 m$ のコドラートを数十個所設け、種ごとの被度、高さを測定した。またイチイガシについては実生および稚樹の個体数の調査も行った。

更に、比較のため、高岡営林署八久保国有林3り林小班および綾営林署中尾国有林92い林小班にあるイチイガシ天然林など、他地域のイチイガシ林、スギ人工林の調査データを参照した。

(2) 調査林分の概要および林分内容

林分の概要は、表-1のとおりである。両人工林とも詳細な過去の施業歴が保存されて

表-1 調査地の概要

調査地名	場所	調査面積		林齡	人天別	標高	地形	母岩	土壌	方位	傾斜
		(m ²)	(年)								
大口	大口営林署 布計国有林47ら林小班	404.3	59	人	480-505	山腹斜面～沢筋	安山岩	BD(d)	S50W	28-36	
佐伯	佐伯営林署 青山国有林41ら林小班	1947.1	78	人	90-160	山腹斜面～沢筋	粘板・砂岩	BD(d), BC	N5W-N40W	22-32	
高岡	高岡営林署 八久保国有林3り林小班	691.4	約135	天	205	谷筋斜面	頁岩	BD	S40W	12	
綾	綾営林署 中尾国有林92い林小班	599.5	約150	天	410	山腹斜面	砂岩	BD	N10W	32	

いないが、当時の施業案や林分内容等から下刈り、除間伐等の初期保育は良く行われたようだ、樹冠うっ閉後は放置されている。景観的には一斉林を呈しており、イチイガシ人工林としては良好な生育をしている林分といえる。

各調査地の林分内容を表-2に示す。これによると、全樹種の立木本数及び材積は、人工林、天然林共に大きな差はないが、綾では本数が少なく、材積が多いという特徴を示す。綾の林分は、原生状態を保ったほぼ極相といえる叢觀をなしており、この様な林分では、大径木が多く密度の低い構造を示す。

表-2 各調査地の林分内容

調査地	人天別	林齡	全樹種			イチイガシ		
			立木本数 (n/ha)	材積 (m ³ /ha)	断面積計 (m ² /ha)	立木本数 (n/ha)	材積 (m ³ /ha)	断面積計 (m ² /ha)
大口	人	59	7,900	410	49.7	2,010	25.4	403 98.3 47.0 94.5
佐伯	人	78	8,310	330	38.5	683	8.2	297 89.2 31.8 82.5
高岡	天	約135	8,060	340	37.0	72	0.9	156 46.6 15.7 42.4
綾	天	約150	4,410	700	72.4	50	1.1	207 29.4 16.6 30.0

一方、高岡の天然林は林齡の割に材積が少なく、人工林と同等もしくは、それより少ない値を示す。これより、人工林が材積成長においては、天然林に優っていることがわかる。

全樹種に対するイチイガシの占める割合は、立木本数で人工林がそれぞれ25.4, 8.2%, 天然林が1%前後である。材積率では人工林が90%前後以上を占めるのに対して、天然林は50%以下となっている。一般に、イチイガシ天然林は寡占状態となった純林型を取らず、他の高木性樹種と混交状態で存在するが多く、この特徴が本数、材積率となって現れている。

人工林のイチイガシの材積は、大口で403, 佐伯で297となっている。上層樹高や立木本数等から、同様の林分内容を持つ他樹種の林分密度管理図と比較すると、それぞれの林分に対してスギで $460 m^3$, $420 m^3$, ヒノキで $400 m^3$, $370 m^3$, シイ類で $330 m^3$, $280 m^3$ 程度の値を示す。これらより、イチイガシ人工林の材積量はスギよりも少ないものの、シイ類(天然生再生林)より大きい値を取ることがわかる。

(3) 胸高直径、樹高分布

人工林における、イチイガシの胸高直径分布は、山型を示す。しかし、その形は他の人工林に比べて、明らかに異なる。図-1にスギ人工林と比較した胸高直径分布を示す。比較したスギ人工林は挿し木によるもので、清水が60年生、祖母が58年生で、大口のイチイガシ人工林とほぼ同林齡のものである。それによると、スギ人工林では、変動係数が小さく(清水: 12.3%, 祖母: 18.3%), イチイガシ人工林では大きく(大口: 48.6%, 佐伯: 35.7%), 分布幅が大きい。

一方、天然林との比較をすると、全樹種の胸高直径分布は、図-2のとおりである。イチイガシ林は、人工林、天然林ともに、胸高直径階が大きくなると共に、指數的に本数が減少していく形を示す。但し、天然林は直径階の大きい方に他の高木性樹種が混交している。樹高分布について全樹種のそれを見ると、樹高階と立木本数との関係は、樹高階が高くなるほど本数が急激に減少する。いわゆる指數型曲線を示し、縦軸に樹高階、横軸に立木本数を置くと、その形は、天然林では逆J字もしくはL字に近い形を示し、人工林は

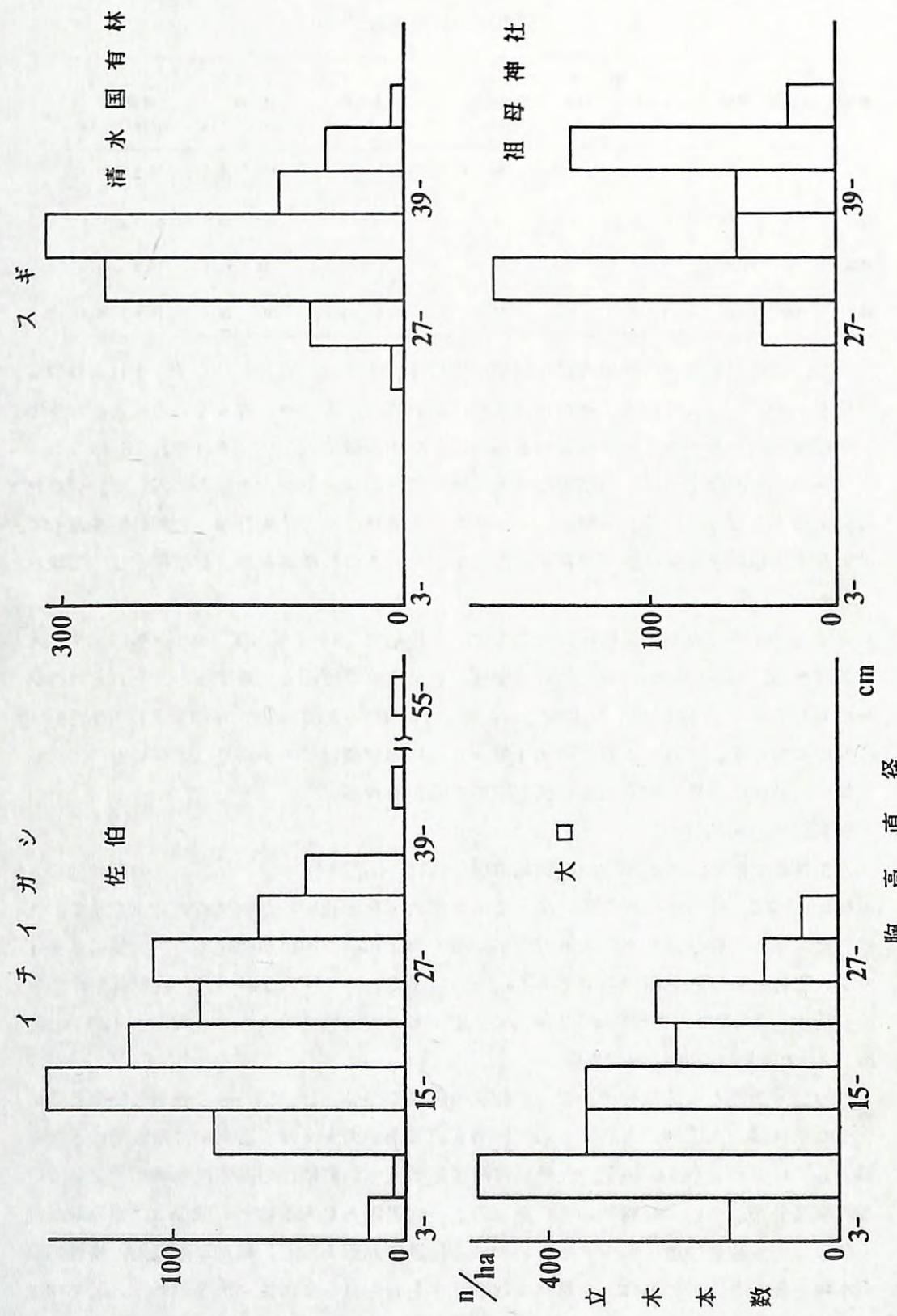


図-1 イチイガシ人工林とスギ人工林の胸高直径分布

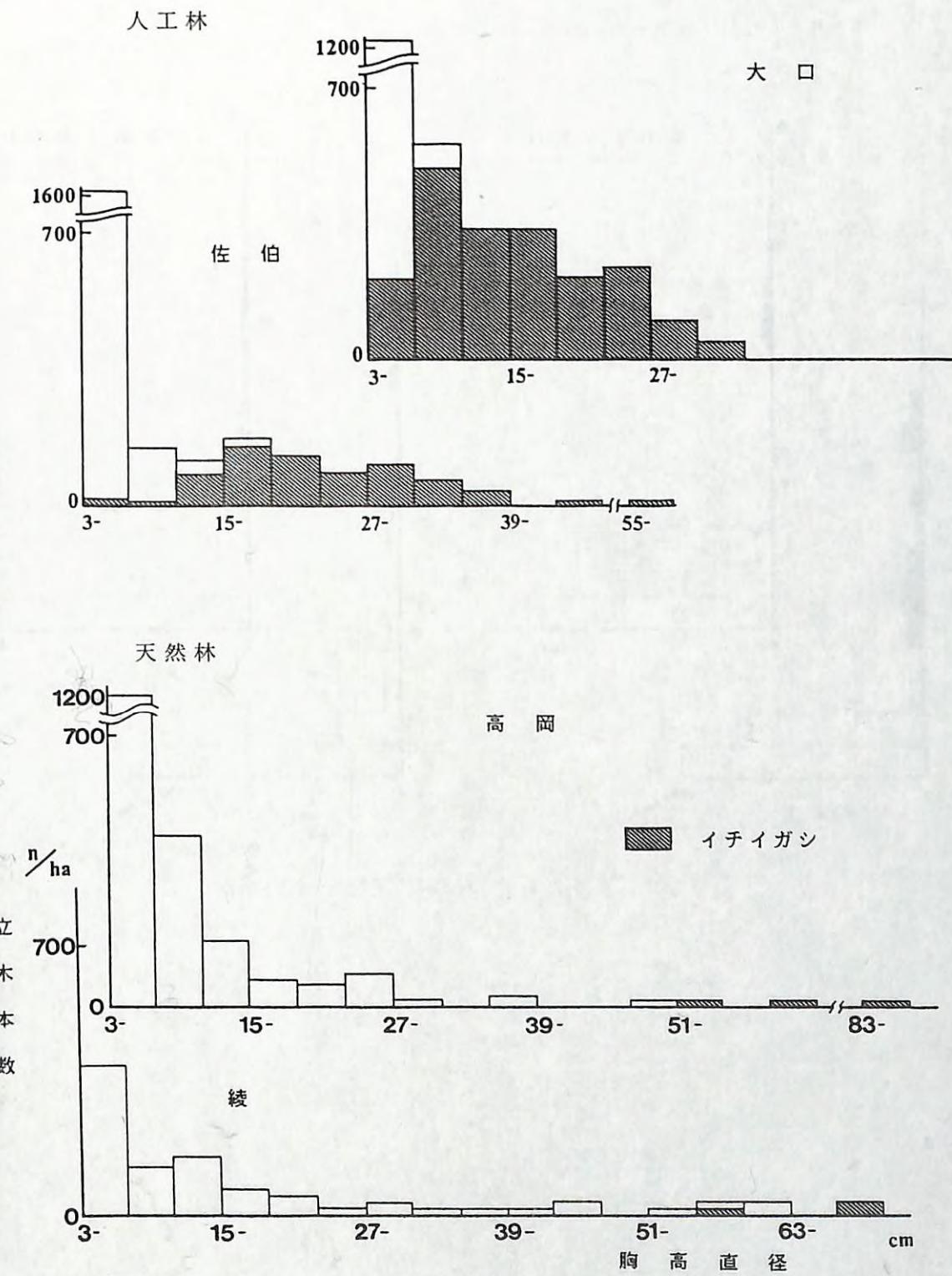


図-2 イチイガシ人工林と天然林の胸高直径分布

つきりとしたL字型を示す(図-3)。

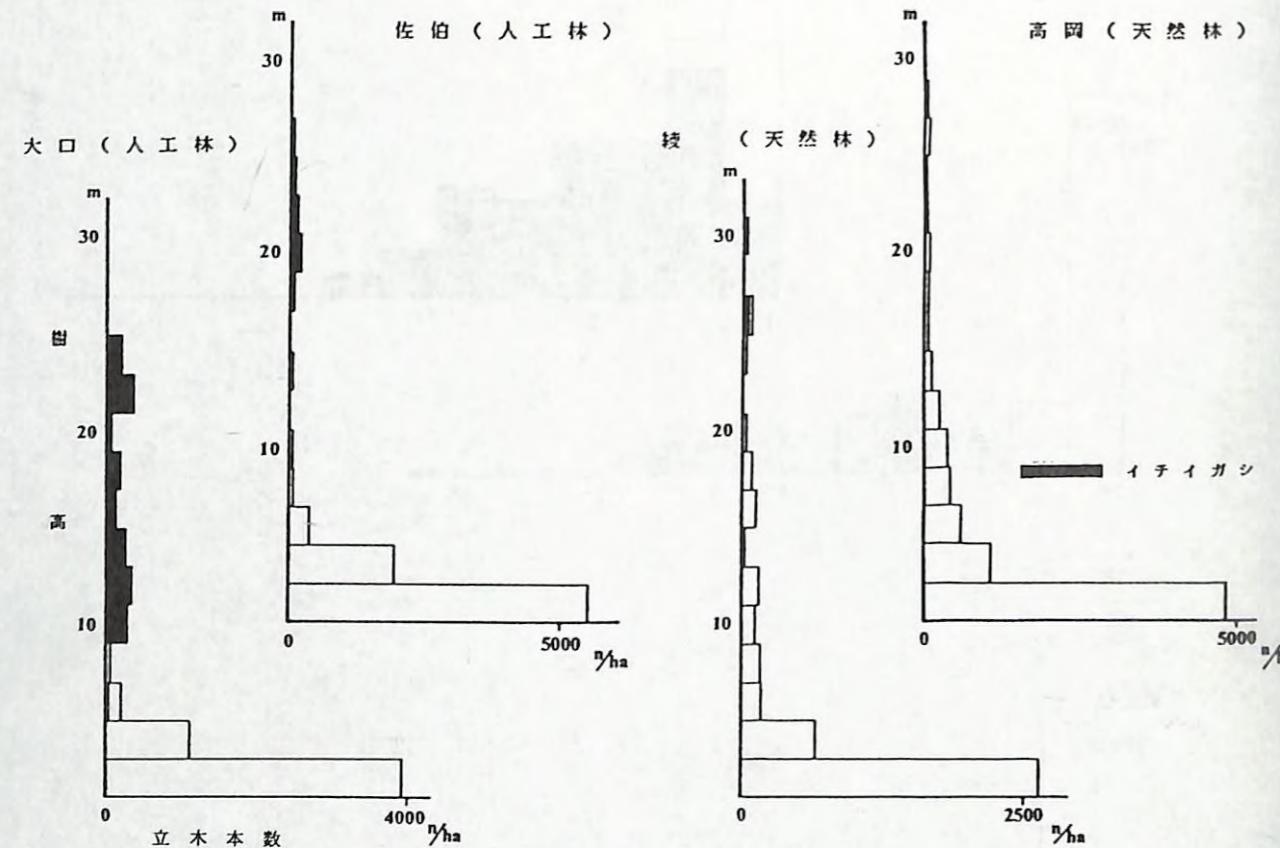


図-3 イチイガシ人工林、天然林の樹高分布

イチイガシは、人工、天然林とともに、低木層には殆ど見あたらない。高木層における樹高分布は、両者間で大きく異なる(図-4)。

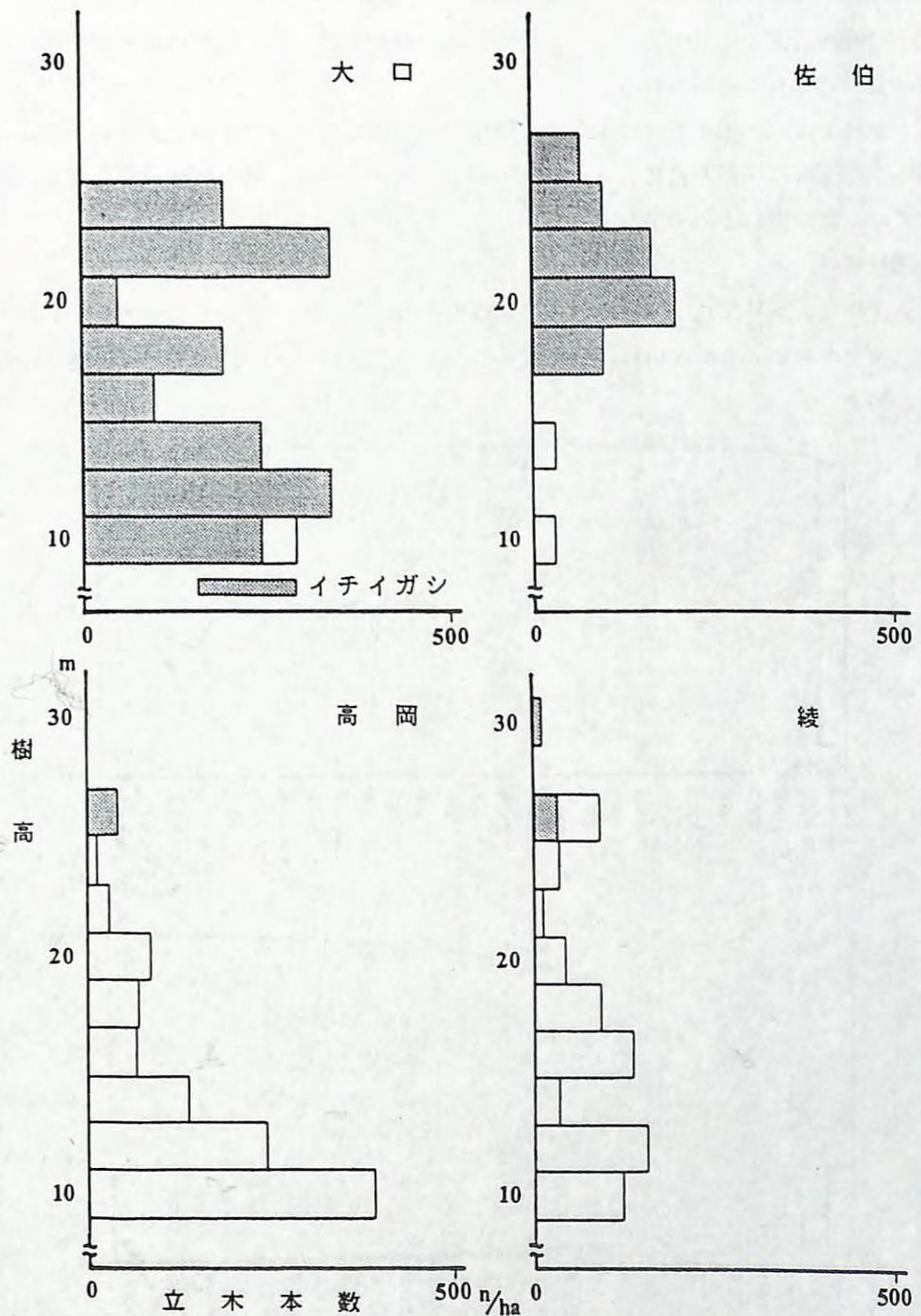


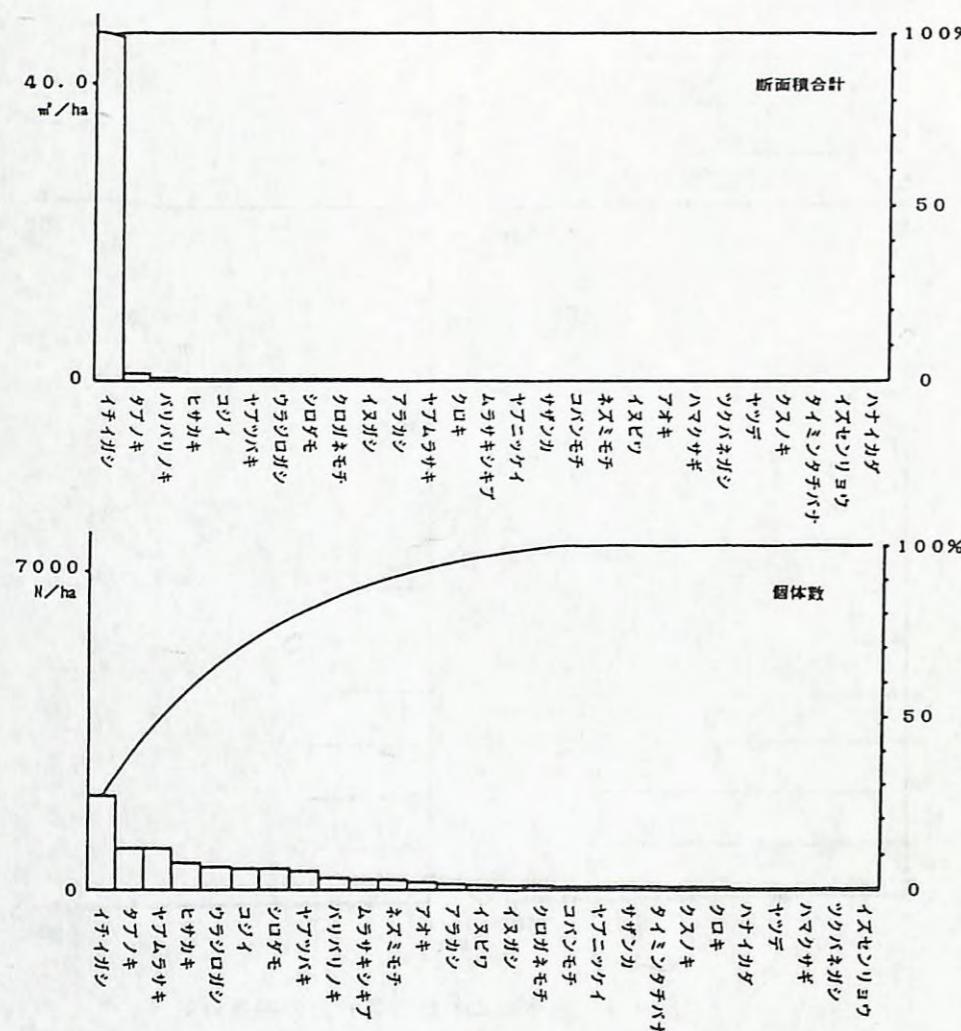
図-4 高木層における各林分の樹高分布

人工林ではイチイガシの分布が正規的な山型になる林分（佐伯），山を2つ持ち不明瞭ながらも2層になる林分（大口）があり，何れもスギ，ヒノキの針葉樹人工林にくらべて分布幅が広い傾向がある。イチイガシ人工林では，樹高の分布幅の大きい構造をなし，特に立木密度が過密で長期間間伐がなされていない林分では，樹高成長の優劣が明確になり，層が分かれるものと思われる。

天然林では，イチイガシの出現する階層の幅が狭く個体数の割合も少ない。更に，調査地のようなほぼ極相と考えられる林分では，イチイガシは，最上層にのみ存在し，綾の場合では1部が樹冠上に突出している。

(4) 種類構成

人工林は天然林に比べて，構成種の多様性が低いと言われている。イチイガシ林の場合は，両者の間に大きな違いはない。図-5，6に人工林（大口）と天然林（綾）の種類構成を示す。



(5) 成長の過程

単木の樹高成長及び肥大成長は樹幹解析によって明らかとなる。ここでは、佐伯の人工林の樹幹解析よりイチイガシの成長を推定すると共に、林分の発達過程を調べた。

今まで述べたように、イチイガシ人工林は、樹高、胸高の分布幅が大きい。この理由は、樹幹解析による樹高成長、肥大成長の推定からかなり明確に解明できる。

樹幹解析の試料木には、林冠を形成している最上層の個体（最上層木）、最上層木よりやや下の層に生育している個体（準上層木）、完全に被陰された個体（被圧木）を選んだ。イチイガシの樹高成長は、図-7のとおりである。各個体とも20年生までは同様な成長パターンを示すが、20年過ぎから優劣がつき始め、30年を越す頃には明確な上下関係が生じる。これより樹齢20年生頃に樹冠がうっ閉し、その後種内競争によって優劣が生じたものと推察できる。最上層木は樹冠うっ閉後も以前と同様な樹高成長を続け、年と共にやや成長量を減ずるもの全体として直線的な成長を示す。準上層木は、40年以降成長が鈍くなるが、最上層木との樹高差がつきながらも成長を続ける。また被圧木は、樹冠うっ閉後から劣勢となり、成長を殆どしないものの生存している。イチイガシは、林冠形成木のような強光条件下にあるものは、ほぼ一定の成長をするが、林冠下で被陰された条件下では、成長はしないが長期間にわたって生存が可能であることがわかる。一方、直径成長でも同様な傾向が認められる。ただし被圧木は幼齢期から成長が悪い。材積成長をみると、樹齢30年生頃までは被圧木を除くと成長に殆ど差がない（図-8）。しかし、その後の成長差は

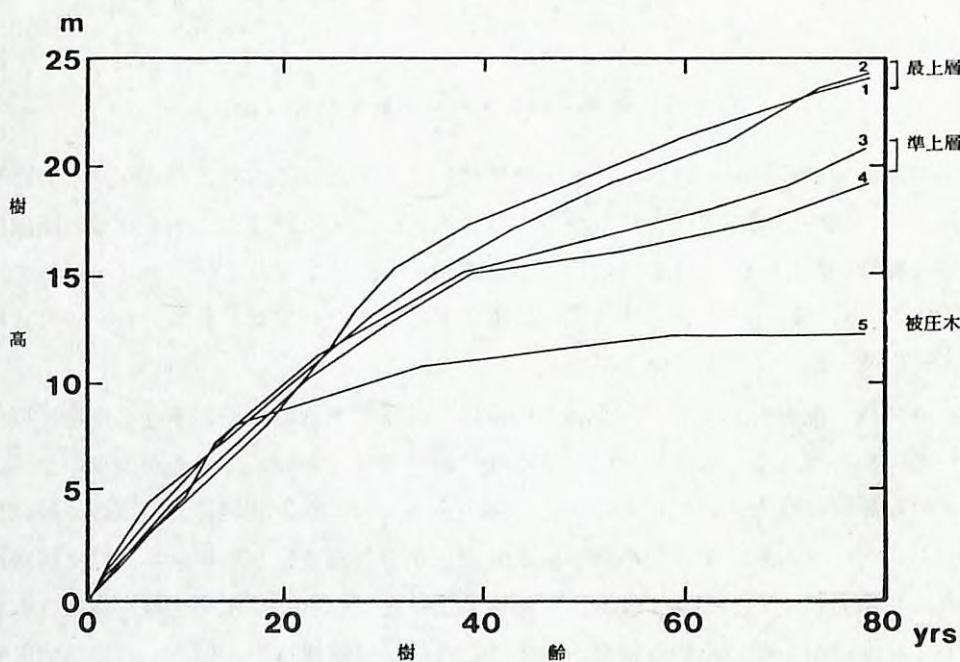


図-7 イチイガシの樹高成長

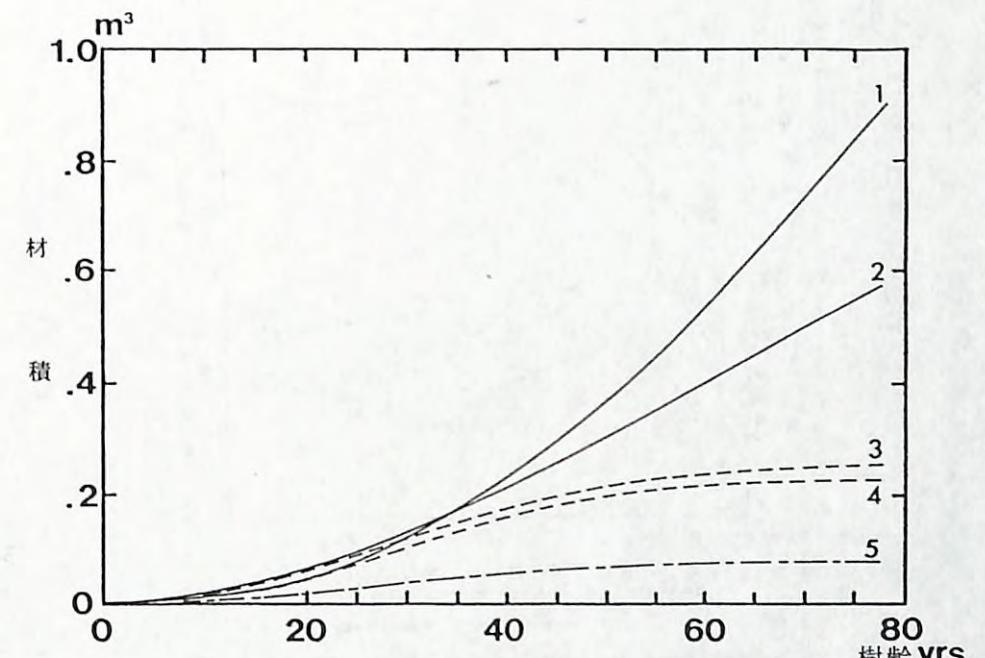


図-8 イチイガシの材積成長

顕著に生じてくる。これらから、幼齢期の直径成長が同じであれば、樹冠うっ閉後も樹高成長はある程度一定に続く。成長量の優劣は材積、つまり直径成長の差となって現れてくる。

以上の特性により、イチイガシ人工林では樹高分布、直径分布の幅が大きくなることがわかった。これは、イチイガシが林冠形成木（最上層木）で遮光された下の層でも生存できる、耐陰性の強い樹種であるからであろう。

(6) 立地の違いによる成長比較

ここでは、立地特に地形の差による生育の差異を検討してみた。地形による生育差については、スギ、ヒノキにおいても一般によく知られている。各プロットを地形差に注目して並べ替え、生育状況を比較したものが、図-9、10である。

佐伯の場合、高度差にして50m、面積3ha程度の比較的狭い林分であるが、平均樹高で12.4～19.0m、平均胸高直径で16.0～25.2cmと大きな差がある。立木本数は地形差による違いが僅かである。これらから、樹高、胸高直径は地形差による影響を受け、特に尾根部で成長の悪さが明確となり、斜面中下部から谷部にかけてが良好な成長を示すことがある。各個体の成長の良否が、材積量に影響しており、斜面下部で最大値を示す。調査地点番号（プロット）7では、尾根部のプロット5に比べ、3倍近い材積を占める。

大口の林分は単一斜面であるが、その上下にも生育に差があることがわかる。ここでも立木本数の差は僅かであるが、平均樹高、平均胸高直径は斜面上部より下部に向かって大きくなる傾向を示す。材積も下部の方が大きい。

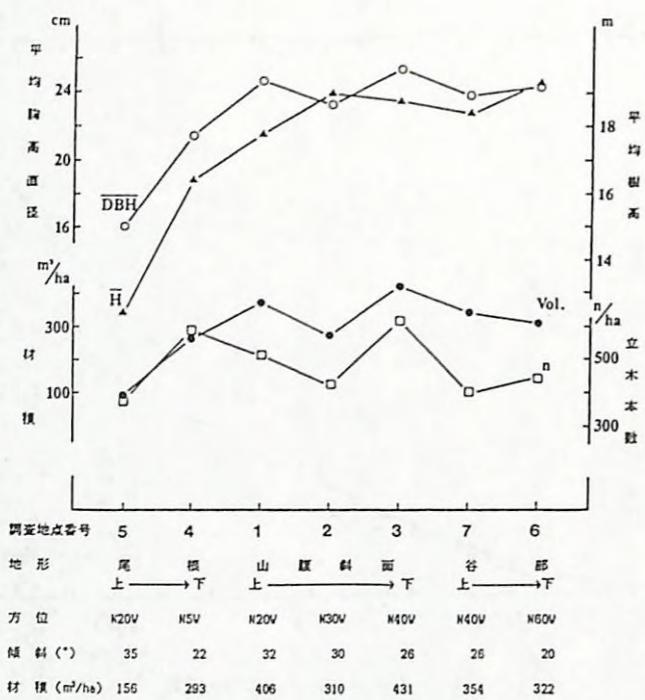


図-9 イチイガシの生育状況（佐伯）

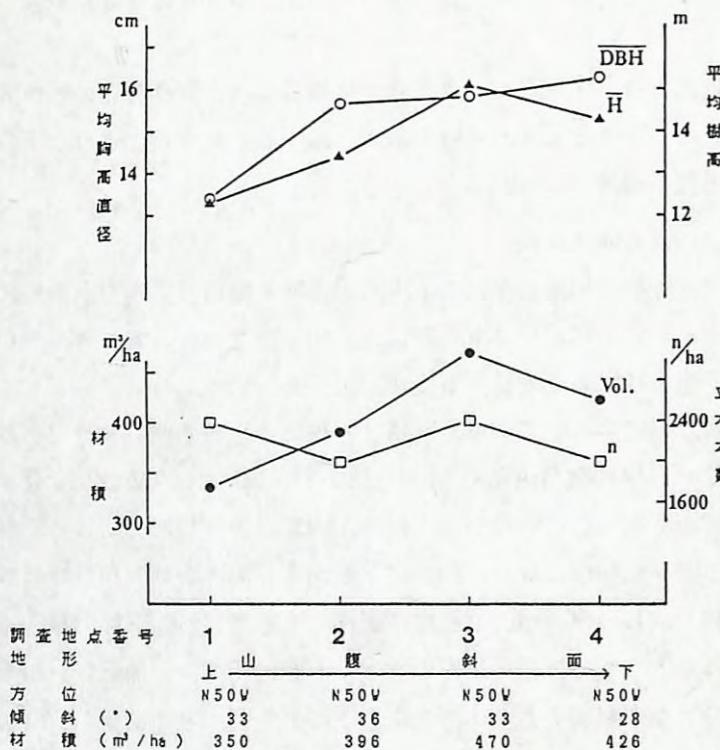


図-10 イチイガシの生育状況（大口）

以上より、イチイガシの造林適地は、尾根部よりも斜面下部ないしは谷部周辺にあることは明かである。これは、天然林の分布域とも一致する。一方、立木本数について地形差がみられないことは、イチイガシは定着さえすれば、長期間生存が可能であることがわかる。

(7) 林内および林床植生

林内植生の内容について、人工林と天然林を比較してみた。林内植生は高木性樹種、亜高木性樹種、低木性樹種等異なる生活形を持つ種群から構成されている。そこで最大樹高によって次のように種群を分けた。

高木性樹種 (MM 1, 樹高 : 20-30m)

高木性樹種 (MM 2, 樹高 : 10-20m)

亜高木性樹種 (M, 樹高 : 3-10m)

低木性樹種 (N, 樹高 : -3m)

佐伯人工林の場合MM 2にはイロハモミジ、アラカシ、ヤブニッケイ、サカキ等が含まれる。MM 1は極相林の林冠を構成する種群であり、例えばイチイガシ、タブノキ、ウラジロガシがそれに当たるが個体数はわずかであるため、ここではMM 2に包括してある。Mにはサザンカ、シロバイ、ヒサカキ等が、Nにはミツバツツジ、コガクウツギ、ヤブムラサキ等が含まれる。これらの種群のそれぞれの最大樹高 (MM 2 : 20m, M : 10m, N : 3 m) を1.0としたときの階層構造の発達状況を図-11に示す。

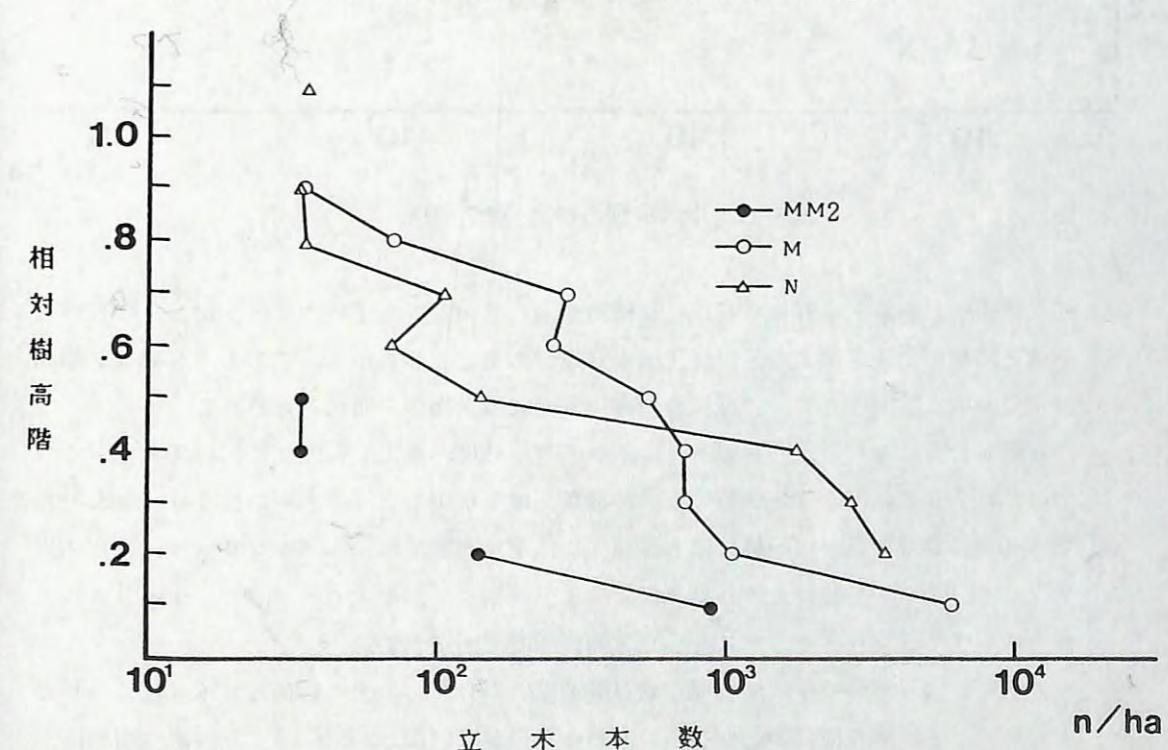


図-11 生活形別の樹高分布（佐伯）

これによると、MおよびNは最大樹高階（1.0）まで達し、樹高が低くなるほど立木本数が指数的に増加する。MM 2は樹高階0.5（10m）までしか発達していない。この様な傾向は大口でも見られる。天然林特に極相林では、各種群とも1.0まで発達し樹高階が低くなるほど本数が増加する形を取る（図-12）。つまり、各種群とも成木が存在し、若い世

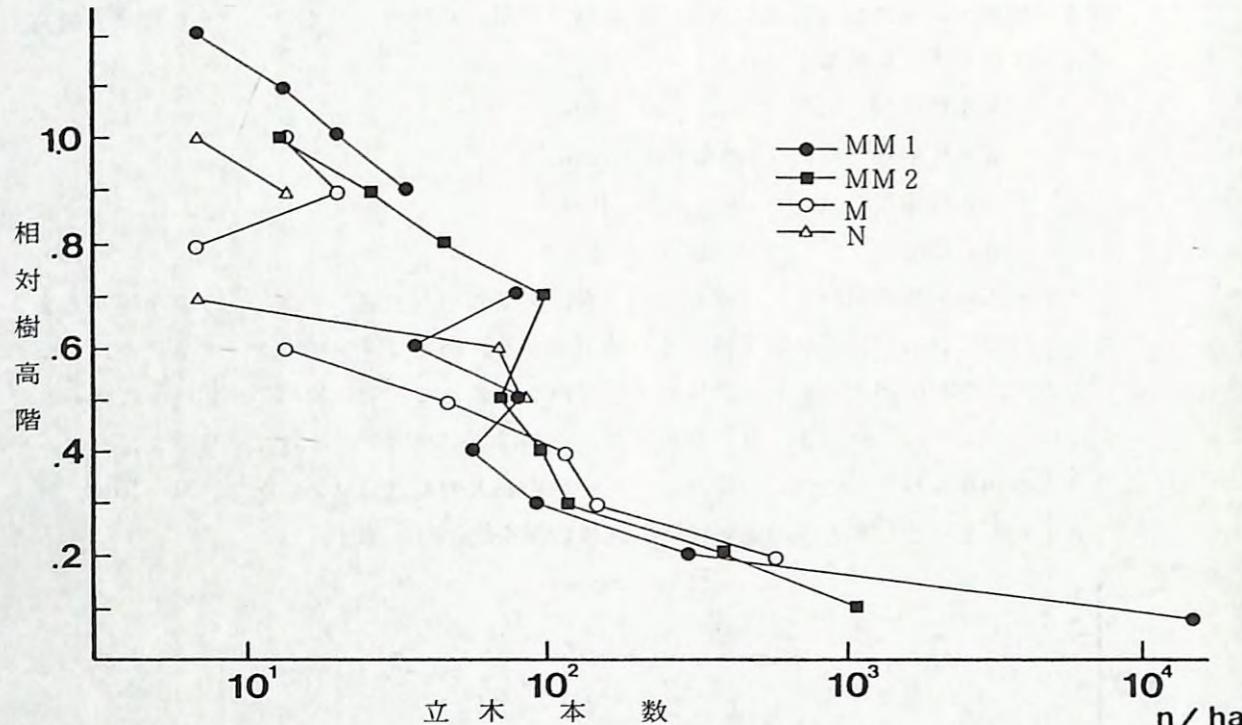


図-12 生活形別の樹高分布（綾）

代（稚幼樹）を数多く有する安定した構造を示している。人工林内では、MおよびNが天然林と同様な発達を示すが、MM 2は未発達であることがわかる。このような異なる樹高分布型を取る原因として、林冠構造の違いや過去の人为的影響が考えられる。

壯齢もしくはそれ以上の林齡をもつイチイガシ林は、人工、天然共に、林床植生（ここでは、約0.5m以下の草本層をいう）の種数、被度が少ない。草本層の被度は、おおむね10~30%の間である。どの林分にも共通して出現する種には、イズセンリョウ、コバノカナワラビ、タブノキ、ハナミョウガがあり、ツルコウジ、オオカナワラビ、ティカカズラ、ヤブニッケイ、シロダモ、センリョウも高い頻度で出現する。

佐伯における林床植生の構成種を乗算優占度（MDR）の大きい順に並べると表-3のとおりになる。構成種の中でシダ類の占める割合が高いことがわかる。また高木性樹種は、アラカシ、イチイガシ等わずかである。

表-3 林床植生の種構成と乗算優占度（佐伯）

MDR	種名
0.007	サネカスラ
0.005	イチイガシ
0.005	ススピトキ
0.004	タチトコロ
0.003	シロダモ
0.002	サルトリハイラ
0.002	ネスマモチ
0.001	ヘクカスラ
0.001	キタチニントウ
0.001	ヤマハゼ
0.000	ヤマウルシ
0.000	サシカシクヒツウ
0.000	カンアオイ
0.019	ムラサキシキブ
0.016	カツモウイノテ
0.008	トキワカモヅル
4.900	マルハベニシタ
3.259	フモトシダ
2.316	コハナカナワラビ
2.100	ナツメタ
2.000	ナカハモミシイチコ
1.276	ホソハカナワラビ
0.658	ホソハトウケシハ
0.576	ミヤマトベラ
0.492	タイミンチハナ
0.480	ヤマフジ
0.391	チヂミザサ
0.216	キッコウハグマ
0.201	ムラサキシキブ
0.192	カツモウイノテ
0.170	トキワカモヅル

注) MDRはCxHで算出した

(8) 更新の可能性

林床に存在するイチイガシの実生及び稚樹は、極めて少なく、佐伯で5,400本/ha、高岡で1,500本/ha、綾で3,500本/haである（表-4）。これらは、いずれも1~3年生

表-4 イチイガシ林内の稚樹数

調査地点	林令 (年)	調査面積 (m ²)	本数 (本/ha)	樹齢 (年)
佐伯人工林（林内）	78	59.0	5,400	1-3
高岡天然林（林内）	135	19.6	1,500	1-3
綾天然林（林内）	150	20.0	3,500	1-3
佐伯人工林（伐採跡地）*	3	8.0	2,700	1-2

* 架線支障木として幅約6mで、帯状に伐採された個所

のもので、樹高はせいぜい15cm迄であり、それ以上に成長した個体は見あたらない。つまり、うっ閉した林内では、人工、天然を問わず、種子供給が行われ発芽はするもののそれ以上の成長をしないことがわかる。これは、うっ閉した林内での更新が困難であることを示している。

更に、佐伯で架線支障木として3年前に伐採された、幅約6.0 mの疎開地でも、稚樹の数は林内と比べ十分多いとはいえない。これは、天然林の上層木の倒壊によって生じた狭い（単木サイズの）ギャップ内の稚樹数も同様で、イチイガシ林の実生での更新については、更に調査を行って解析する必要がある。

一方、大口（59年生）で本数率45%の間伐を行ったところ、その伐採木の株から萌芽が認められた。伐採後1年目では、萌芽率は45%（伐採した全株中萌芽した株数の割合）、萌芽本数は平均9.2本/株であった。これは、萌芽更新の可能性を示している。

(9) まとめ

既往の報告によると、人工林のイチイガシは、天然林のそれに比べ形質が不良であると

されている。これは、植栽本数、初期の保育内容等に起因する。本研究で取り扱った人工林は、何れも初期密度が高く、保育が良好に行われたものと考えられ、天然林と比較して、形質、特に枝下高や通直性では劣っていない。また、他の常緑広葉樹、特にコジイに比べて材質の劣化を引き起こす病虫害の発生も少ない。

イチイガシは、林冠形成木では樹高成長が高齢級（80年）に達しても頭打ちにならない。直径成長も同様である。また、耐陰性が強い樹種と考えられ、被圧下でも長期間生存が出来る。これは、高密度仕立てで、択伐等によって長期間収穫が可能であることを示唆している。

造林適地は、イチイガシ林が九州の低海拔地域の極相林と考えられることから、広範囲にわたっている。地形的には、斜面下部の崩積地で成長がよく、林床にイズセンリョウ、ルリミノキ、ハナミョウガ、カナワラビ類などの適潤地を指標する植物がみられる個所が適地となる。一般にスギの適地とオーバーラップしているといえる。（田内裕之・塙田宏・上中作次郎・中村松三）

2. 密度管理技術—ケヤキ人工林—

当研究室では、熊本営林局から提示された広葉樹人工林の林分一覧表の中で最も資料数が多かったケヤキ林分を対象に調査を行い、その施業方法を検討した。なお、本報告ではその内容の一部は、既報^{11), 12)}にゆずり簡略した。

1) 現況の解析

資料には熊本営林局「人工広葉樹林の現況調査」の調査原表のうち、以下の条件にかなう林分を用いた。

- (1) 面積は0.2ha以上とした。
- (2) 林分の平均胸高直径D・平均樹高H（以下、直径D・樹高Hという）は、単木の調査表（d : 2cm括約、h : 1m括約）を再計算し、いずれも単位少数以下2位まで求めた。
- (3) 材積は、広葉樹I類の立木幹材積式（38熊経第4074号、S39.4.1）により、少数以下3桁までに再計算した。
- (4) 標準地調査のうち、一部の樹高だけが測定され、しかも直径階別樹高曲線が計算されていない林分については、1m括約の樹高曲線を求めた。
- (5) 標準地の全木の調査野帳のみ添付されている資料については、直径階別樹高階別の本数を集計の上、各林分因子を計算した。
- (6) 資料に示された混交率は、材積混交率であったが、将来、ケヤキ林の林分管理のための情報として望ましい本数混交率に改めた。なお、混交する樹種は、主として広葉樹であるが、一部には針葉樹を含む林分も見られ、その樹種構成も一定していなかった。

以上の条件を満たした林分数は76林分となった。

本報告の中で解析に用いた林分因子は、林齡t、直径D、樹高H、本数密度N、本数混交率N

%、地位指数 S. I. 等である。

その中の主な林分因子の平均・分布または範囲を以下に示す。

- (1) これらの林分の総面積は、約 130 ha。その面積の構成は、平均 1.76 ha, 1 ha 以下が 50 % を占め、5 ha 以上は僅かに 4 林分 (5.3 %) である。

面積	~ 1 ha	~ 2 ha	~ 5 ha	~ 10 ha	~	計
林分数	38	16	18	1	3	76

- (2) 林齢の構成は、平均 58 年。林齢 55~70 年 (T 5 ~ S 6 年植栽) が 72.4 % を占め、一部に林齢 28~36 年 (S 25~33 年植栽) の若い林分が含まれている。

林齢	~ 30	~ 40	~ 50	~ 60	~ 70	~ 80	~ 90	~ 100 年
林分数	1	4	7	34	21	7	1	1

- (3) 本数混交率 (N %) の構成は、平均 53 %。70 % 以上 31.6 %, 50 % 以上 52.6 % と本数混交率の低い林分がかなり多い。

N %	~ 19	~ 29	~ 39	~ 49	~ 59	~ 69	~ 79	~ 89	~ 99	100
林分数	11	14	7	4	9	7	4	3	1	16

- (4) 本数密度 (本/ha) の構成 (平均約 500 本) は、かなり散らばっている。

本数密度	~ 199	200~300	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000
林分数	4	15	9	11	11	9	7	3	3

これは本数混交率の影響もあるので、林齢 t・本数密度 N・混交率 N % の図に改めてみると、図-1 に示すように、本数混交率の低い林分が本数密度 500 本/ha 以下に集中しているものの混交率の高い林分であっても本数密度 500 本/ha 以下にかなり点在し、明確なちがいは認められない。

- (5) 蓄積 (ha 当り・ケヤキのみ) の構成は、平均で約 170 m³, 100 m³ 台が 57.9 % と圧倒的に多く、300 m³ 以上の林分は僅かに 7 林分 9.2 % に過ぎない。

蓄積	~ 100	100~200	200~300	300~ (m ³ /ha)
林分数	13	44	12	7

(6) 土壌型の分類

ケヤキの適地¹⁾は、「空気の流通・水分透過の良好な砂質壤土の適潤地で地層の深い場所が良く、石灰質を好み、酸性土壌・粘土質土壌では成育が良くない」とされている。今回の資料を土壌型別に分類してみると、B_E・B_D 土壌は約 54 % と半分を占め、ついで B_D(d)・B_{1D}(d) 土壌が約 38 %、残る約 8 % が B_C 土壌であり、全般的にかなり良い立地に植栽されている。

以上のように、ケヤキ林の現況は、長期間放置されていたこともあって、あまり良い林相とはいえない林分も含まれていたが、目標伐期の 120~160 年までに果たしてどれだけ改良できるか、どんな保育の手を打つか、その方法を求めるのが本研究の課題である。

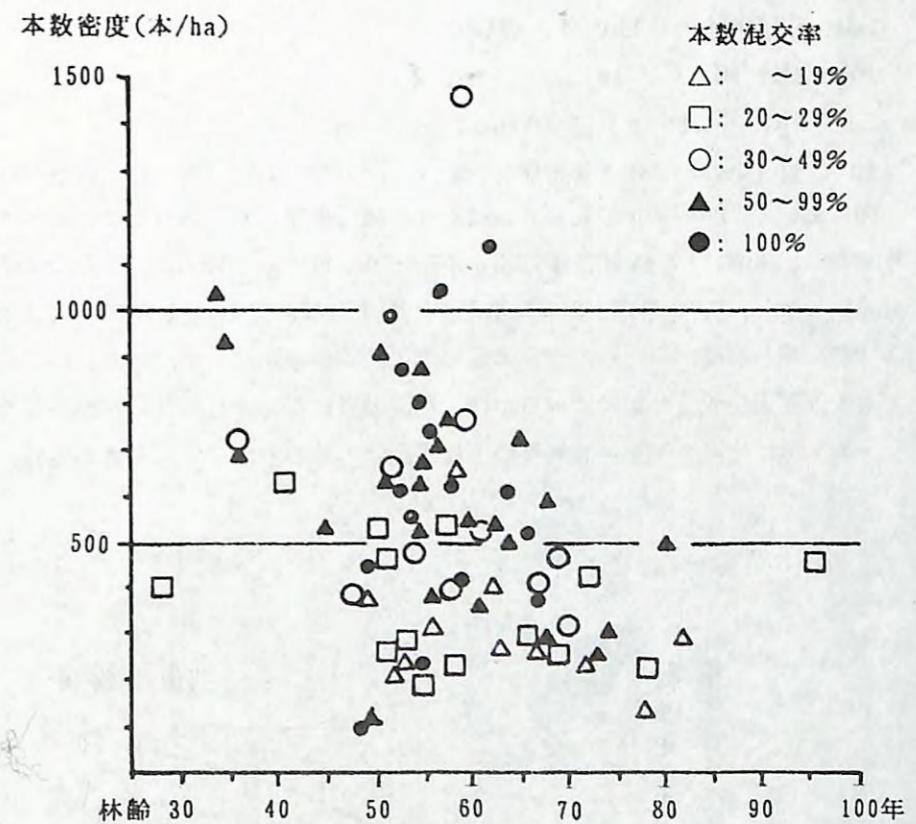


図-1 本数密度に対する林齢・本数混交率の関係

2) 地位指数表の作成

地位指数曲線には、西沢¹³⁾が提唱した修正指數曲線式を用いた。この方法では樹幹解析木が必要であるが、数少ない貴重なケヤキを大量に樹幹解析木として伐採することはできない。そこで、コジイ林の研究に際して作成した個別林分資料による修正指數曲線式のプログラム⁸⁾を用いた。その結果、全資料（林齢 96 年を除く 75 林分）によるガイドカーブでは、林齢 55 年以上においてほとんど成長しない曲線となった。この原因には高齢でありながら樹高がかなり低い林分が含まれているためと考えられたので、これら 9 林分を除き、残る 67 林分によって再計算し、次式により図-2 の地位指数曲線図と表-1 の地位指数表を作成した。なお、林分の地位指数はその樹高から(2)~(4)式で求まる。

$$H(t) = K - a \cdot b^{t'} = 17.9496 - 7.7052 \times 0.774436^{t'} \quad \dots(1)$$

$$t' = (\text{林齢} \div 5) - 7 \text{ or } t' = (\text{林齢} - 35) \div 5$$

$$Sd = 5.74961 + 0.13054 t \text{ (林齢)}$$

…(2)

$$RR = (H - H(t)) / Sd$$

…(3)

$$S.I. = (RR + 1.1616) / 0.07064$$

…(4)

$H(t)$: ガイドカーブの t 年の樹高 Sd : その標準偏差 RR : 修正係数 $S.I.$: 地位指数

図において、80~90年の樹高成長はかなり緩慢に見える。ちなみに、ガイドカーブの林齢別樹高は、90年 17.49 m, 120年 17.85 m, 特に、150年は 17.93 m と $K = 17.95$ に近い。しかし、100年以上の高齢なケヤキが十分な占有領域を確保して上層木層を形成する状態に達した時、果たしてさらに旺盛な上長成長を続けるか、あるいは、枝の拡張によってある程度上長成長が緩慢になるかは、今後の資料を待つしかないが、少なくともスギ・ヒノキ人工林に比べてケヤキ高齢林の上長成長は劣るのではないかと考えられる。

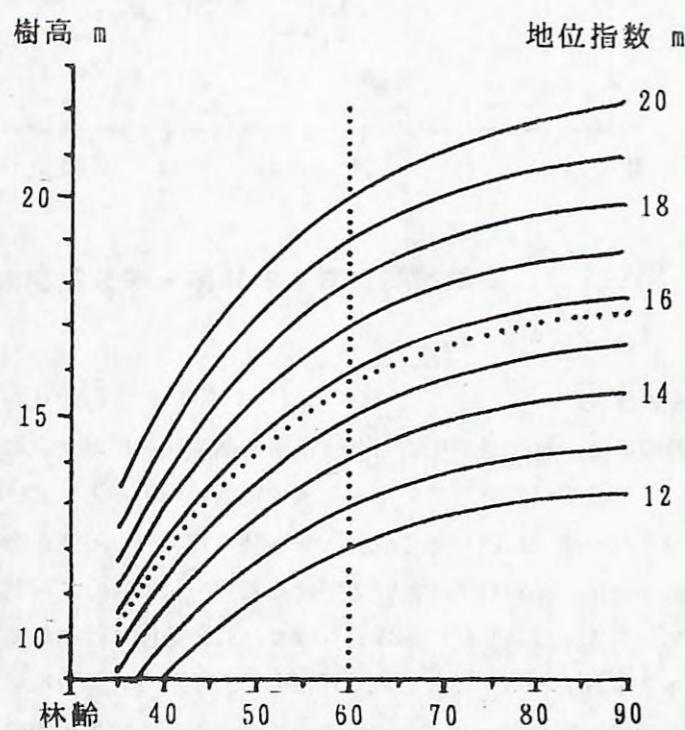


図-2 ケヤキ林の地位指数曲線

……: ガイドカーブ

表-1 ケヤキ林分地位指数表 (基準齢60年)

林齢	地位指数											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
40	10.6	11.4	12.1	12.9	13.7	14.4	15.2	15.9	16.7	17.4	18.2	
41	10.9	11.7	12.4	13.2	13.9	14.7	15.5	16.2	17.0	17.7	18.5	
42	11.2	12.0	12.7	13.5	14.2	15.0	15.7	16.5	17.3	18.0	18.8	
43	11.5	12.2	13.0	13.7	14.5	15.3	16.0	16.8	17.5	18.3	19.0	
44	11.7	12.5	13.2	14.0	14.8	15.5	16.3	17.0	17.8	18.5	19.3	
45	11.8	12.7	13.5	14.3	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6	19.4	20.2	
46	12.0	12.9	13.7	14.6	15.4	16.3	17.1	17.9	18.8	19.6	20.5	
47	12.3	13.1	13.9	14.8	15.6	16.5	17.3	18.2	19.0	19.8	20.7	
48	12.5	13.3	14.2	15.0	15.8	16.7	17.5	18.4	19.2	20.1	20.9	
49	12.7	13.5	14.4	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6	19.4	20.3	21.1	
50	12.7	13.6	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	21.8	
51	12.9	13.8	14.7	15.6	16.5	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1	22.0	
52	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.4	21.3	22.2	
53	13.2	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5	21.4	22.3	
54	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.9	19.8	20.7	21.6	22.5	
55	13.4	14.4	15.4	16.3	17.3	18.3	19.2	20.2	21.1	22.1	23.0	
56	13.6	14.5	15.5	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3	21.3	22.2	23.2	
57	13.7	14.7	15.6	16.6	17.6	18.5	19.5	20.4	21.4	22.4	23.3	
58	13.8	14.8	15.8	16.7	17.7	18.6	19.6	20.6	21.5	22.5	23.4	
59	14.0	14.9	15.9	16.8	17.8	18.8	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6	
60	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	
61	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1	
62	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.2	23.2	24.2	
63	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	
64	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	
65	14.4	15.5	16.5	17.5	18.6	19.6	20.6	21.6	22.7	23.7	24.7	
66	14.5	15.5	16.6	17.6	18.6	19.7	20.7	21.7	22.8	23.8	24.8	
67	14.6	15.6	16.7	17.7	18.7	19.7	20.8	21.8	22.8	23.9	24.9	
68	14.7	15.7	16.7	17.8	18.8	19.8	20.9	21.9	22.9	23.9	25.0	
69	14.7	15.8	16.8	17.8	18.8	19.9	20.9	22.0	23.0	24.0	25.0	
70	14.8	15.8	16.9	17.9	19.0	20.0	21.1	22.1	23.2	24.2	25.3	
71	14.8	15.9	16.9	18.0	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.3	25.4	
72	14.9	15.9	17.0	18.1	19.1	20.2	21.2	22.3	23.3	24.4	25.4	
73	14.9	16.0	17.1	18.1	19.2	20.2	21.3	22.3	23.4	24.4	25.5	
74	15.0	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.3	22.4	23.4	24.5	25.5	
75	15.0	16.1	17.2	18.2	19.3	20.4	21.5	22.5	23.6	24.7	25.7	
76	15.1	16.1	17.2	18.3	19.4	20.4	21.5	22.6	23.7	24.7	25.8	
77	15.1	16.2	17.3	18.3	19.4	20.5	21.6	22.6	23.7	24.8	25.8	
78	15.2	16.2	17.3	18.4	19.5	20.5	21.6	22.7	23.7	24.8	25.9	
79	15.2	16.3	17.4	18.4	19.5	20.6	21.6	22.7	23.8	24.9	25.9	
80	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.7	22.8	23.9	25.0	26.1	
81	15.3	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.0	25.0	26.1	
82	15.3	16.4	17.5	18.6	19.6	20.7	21.8	22.9	24.0	25.1	26.2	
83	15.3	16.4	17.5	18.6	19.7	20.8	21.9	22.9	24.0	25.1	26.2	
84	15.4	16.5	17.5	18.6	19.7	20.8	21.9	23.0	24.1	25.1	26.2	
85	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	
86	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4	
87	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4	
88	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4	
89	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	
90	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	
91	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.3	24.4	25.5	26.6	
92	15.5	16.6	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	
93	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	
94	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	
95	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.4	24.5	25.6	26.7	
96	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7	
97	15.6	16.7	17.8	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7	
98	15.6	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7	
99	15.7	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7	
100	15.7	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.6	25.7	26.8	

3) 林分因子と林分蓄積の関係

林分因子（林齢 t, 直径 D, 樹高 H, 本数密度 N 等）により林分蓄積 V を推定するこれまでの方法は、林分密度管理図や林分収穫表に見られるように、いわゆる 3 段論法的に一部の林分因子間の関係を求め、逐次段階を踏んで林分蓄積の推定に到達する方法が取られてきたが、既報¹⁰⁾のとおり、スギ、ヒノキ人工林においては「みかけの蓄積と実蓄積の比 VR」による推定方法がかなり精度も高く、かつ簡便であった⁷⁾。したがって、これまでいかにも独立なように取り扱ってきた林分因子（D, H, N）は、いずれも林分蓄積 V の構成因子であって、その内部相関は極めて高い因子であったわけであり、これらの林分因子の同時解は、

$$V = a + b_1 D + b_2 H + b_3 N \quad \cdots (5)$$

林分蓄積の推定式ではなく、関係式と見るべきであり、表-2 に示すように、どの林分因子が欠如してもその精度は著しく低下することから「(5)式の関係から新しい林分あるいは将来の林分の蓄積を予想する」と解釈する方が妥当と考えられる。

表-2 林分因子と林分蓄積の関係（対数式）

式番号	独立変量 X	従属変量 Y	t	D	H	N	V	R	s	CV (%)
1	○	○	●	0.9790	19.6245	13.33				
2	○	○	●	0.6142	68.6159	46.61				
3	○	○	●	0.9212	36.7347	24.95				
4	○	○	○	0.9904	11.9742	8.13				
5	○	○	○	0.9904	12.0634	8.19				

$$\text{Log}_{10} V = -0.66715 + 1.65767 \text{ Log}_{10} D + 0.84499 \text{ Log}_{10} H + 1.02224 \text{ Log}_{10}(N/1000) \quad \cdots (5)$$

そこで、ケヤキ林における林分因子と林分蓄積との関係（表-2, (5)式）から表-3を作成した。ここで重要なことは、これまで度々のべてきたように、本数密度 N の変化（間伐前後など）に対する直径 D の関係は、ライネッケ式¹⁴⁾のような単純なものとは考えられず（推定誤差大），その解明に必要な時系列データの不足から未だ明確な推定式を求める事はできない現状である。したがって、表-3 では、直径 D と林分蓄積 V は、樹高 H と本数密度 N を介して、常に連動的関係にあり、その値は決定値ではなく、人為的な期待値として用いることとなる。たとえば 表値 H=20mにおいて、N=500 本/ha の林分に管理する場合、D=20cm では V=191 m³、D=30cm では V=374 m³となり、正しい答は不定となる。

そこで、これまで林木の育成に関し、林況診断の一つの目安として取り上げてきた D/H 比⁴⁾に対する地位指数 S.I. と本数密度 N との関係を求め、当面の便法として(6)式による D/H 比の推定表 表-4 を作成した。

$$\log_{10} D/H \text{ 比} = 0.15657 - 0.04285 \log_{10} (\text{S.I.}) - 0.17885 \log_{10} (N/1000) \cdots (6)$$

$$R = 0.6257 \quad s = 0.1797 \quad CV = 12.04\%$$

この(6)式を用いれば、上記の例 H=20m の林齢が 100 年とすれば、図-1 からその地位指数はほど 18m となり、つぎの値が推定できる。

$$\text{その } D/H \text{ 比は、表-4 から } 1.434 \text{ (18m, 500 本/ha)}$$

$$\text{推定直径 } D \text{ は, } 28.7 \text{ cm } (=20 \text{ m} \times 1.434)$$

$$\text{推定蓄積 (表-3) は, } 347 \text{ m}^3 \text{ (333 + 41} \times 0.7 / 2)$$

この表-3 の活用方法については、5) で後述する。

表-3 ケヤキ林分の蓄積推定表 [H・N・D↔V] (一部のみ表示)

D	H=20m											
	N	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
20		74	113	152	191	230	269	308	348	388	427	467
22		87	132	178	223	269	315	361	408	454	500	547
24		101	153	205	258	311	364	417	471	524	578	632
26	56	115	175	234	295	355	416	477	538	599	660	
28	64	130	197	265	333	402	470	539	608	677		
30	72	146	221	297	374	450	527	604	682			
32	80	163	247	331	416	501	587	673				
34	88	180	273	366	460	554	649					
36	97	198	300	402	506	609						
38	106	216	328	440	553	667						
40	116	236	357	479	602							
42	126	256	387	520	653							
44	136	276	418	561								
46	146	297	450	604								
48	157	319	483	649								
50	168	341	517	694								
52	179	364	552									
54	191	388	588									
56	203	412	624									
58	215	437	662									
60	227	462	700									

D	H=22m											
	N	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
20		81	122	164	207	249	292	334	377	420	463	506
22		95	143	193	242	292	342	392	442	492	542	593
24	54	109	166	223	280	337	395	452	510	569	627	685
26	61	125	189	254	319	385	451	517	583	649		
28	69	141	214	287	361	435	510	584	659			
30	78	158	240	322	405	488	572	655				
32	87	176	267	359	451	543	636					
34	96	195	296	397	499	601						
36	105	215	325	436	548	661						
38	115	235	355	477	600							
40	126	256	387	520	653							
42	136	277	420	563								
44	147	299	453	609								
46	158	322	488	655								
48	170	346	524									
50	182	370	561									
52	194	395	598									
54	207	421	637									
56	220	447	677									
58	233	474										
60	246	501										

表-4 地位指数S.I.・本数密度Nに対するD/H比の早見表

S.I. N	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
100	1.933	1.928	1.922	1.917	1.913	1.908	1.904	1.900	1.896	1.893	1.889
150	1.798	1.793	1.788	1.783	1.779	1.775	1.771	1.767	1.764	1.760	1.757
200	1.708	1.703	1.698	1.694	1.690	1.686	1.682	1.679	1.675	1.672	1.669
250	1.641	1.636	1.632	1.628	1.624	1.620	1.616	1.613	1.610	1.607	1.604
300	1.588	1.584	1.579	1.575	1.571	1.568	1.564	1.561	1.558	1.555	1.552
350	1.545	1.541	1.536	1.532	1.529	1.525	1.522	1.519	1.516	1.513	1.510
400	1.509	1.504	1.500	1.496	1.493	1.489	1.486	1.483	1.480	1.477	1.474
450	1.477	1.473	1.469	1.465	1.462	1.458	1.455	1.452	1.449	1.446	1.444
500	1.450	1.445	1.442	1.438	1.434	1.431	1.428	1.425	1.422	1.419	1.417
550	1.425	1.421	1.417	1.413	1.410	1.407	1.404	1.401	1.398	1.395	1.393
600	1.403	1.399	1.395	1.392	1.388	1.385	1.382	1.379	1.376	1.374	1.371
650	1.383	1.379	1.375	1.372	1.368	1.365	1.362	1.359	1.357	1.354	1.352
700	1.365	1.361	1.357	1.354	1.350	1.347	1.344	1.342	1.339	1.336	1.334
750	1.348	1.344	1.341	1.337	1.334	1.331	1.328	1.325	1.322	1.320	1.318
800	1.333	1.329	1.325	1.322	1.319	1.316	1.313	1.310	1.307	1.305	1.302
850	1.319	1.315	1.311	1.308	1.304	1.301	1.299	1.296	1.293	1.291	1.288
900	1.305	1.301	1.298	1.294	1.291	1.288	1.285	1.283	1.280	1.278	1.275
950	1.293	1.289	1.285	1.282	1.279	1.276	1.273	1.270	1.268	1.265	1.263
1000	1.281	1.277	1.273	1.270	1.267	1.264	1.261	1.259	1.256	1.254	1.251
1050	1.270	1.266	1.262	1.259	1.256	1.253	1.250	1.248	1.245	1.243	1.241
1100	1.259	1.255	1.252	1.249	1.246	1.243	1.240	1.237	1.235	1.233	1.230
1150	1.249	1.245	1.242	1.239	1.236	1.233	1.230	1.228	1.225	1.223	1.221
1200	1.240	1.236	1.233	1.229	1.226	1.224	1.221	1.218	1.216	1.214	1.211

4) 局所密度と直径成長の関係

局所密度と直径成長の関係を求めるためには、まず、林内単木の成育環境を揃える意味から孤立木・疎開木を中心木（Central tree: ケヤキのみ）から除く必要がある。そこで、今回調査した表-5に示すケヤキ林分の立木位置図⁶⁾による中央木の選択には、各立木の座標点とその高低差および直径・樹高を用いて、以下の条件により計算した⁹⁾。

- i) 中央木からの距離が8 m以内を隣接木の候補木とする。
- ii) そのうち、中央木の直径の1/4以下隣接木は除く。
- iii) また、傾斜補正後の樹高が中央木の60%以下の隣接木も除く。
- iv) 他の隣接木の後方に重なる隣接木は除く⁵⁾。

v) さらに、周囲を隣接木に十分に囲まれていない中央木は除外する⁵⁾。

以上の条件によって選ばれた中央木は、アカケヤキ99本、アオケヤキ70本、合計169本であった。また、これらの中央木を取りまく隣接木の本数は、最小4本から最大9本の範囲を示し、平均6.6本（モード7本は50、約30%）であった。なお、このプログラムは、これまでの林分シミュレーション（単木モデル）²⁾の研究の中には、「たゞ一種の隣接木本数を選択しようとする方法」があったことと異なり、現実林分の立木配置に即して隣接木の範囲を自動選択させる特色を持ち、他に例を見ない。

表-5 ケヤキ林分標準地調査一覧表

林分 No.	管林署	林小班	面積 (標準地) ha	林班 区分	D cm	H m	N (%) 本/ha	V (%) m ³ /ha
1	矢部	10た	1.01(0.057)	57	アカ アオ 計	24.1 15.0 18.7	246 (41.2) 351 (58.8) 597 [70.8]	114.6 (64.1) 64.1 (35.9) 178.7 [68.4]
2	矢部	11り	1.35(0.029)	47	アカ アオ 計	24.3 15.6 18.4	243 (31.8) 521 (68.2) 764 [61.1]	101.3 (52.5) 91.7 (47.5) 193.0 [73.3]
3	水俣	17ち	0.50(0.040)	52	アカ アオ 計	28.4 15.3 22.9	596 (58.6) 422 (41.4) 1018 [56.2]	326.8 (82.6) 69.0 (17.4) 395.8 [86.1]
4	水俣	63よ	2.32(0.119)	65	アカ アオ 計	29.3 21.7 27.3	420 (73.6) 151 (26.4) 571 [76.4]	288.9 (84.6) 52.6 (15.4) 341.5 [96.4]
5	多良木	29½	0.70(0.049)	68	アカ アオ 計	25.8 19.0 23.6	387 (67.9) 183 (32.1) 570 [82.4]	199.0 (81.3) 45.7 (18.7) 244.7 [84.1]
(6)	多良木	29½ (参考)	0.70(0.077)	68	アカ アオ 計	30.1 20.9 29.1	442 (89.5) 52 (10.5) 494 [100]	
7	大分	24に	1.48(0.086)	62	アカ アオ 計	24.7 25.3 25.0	295 (51.0) 283 (49.0) 578 [52.1]	143.0 (48.7) 150.7 (51.3) 293.7 [84.7]
8	綾	37に	2.06(0.098)	59	アカ アオ 計	24.0 26.0 24.1	509 (98.1) 10 (1.9) 519 [100]	265.3 (98.1) 5.2 (1.9) 270.5 [100]
9	加治木	26い	14.72(0.078)	73	アカ アオ 計	24.6 22.2 24.0	258 (74.1) 90 (25.9) 348 [50.0]	299.8 (82.1) 65.2 (17.9) 365.0 [84.1]
10	加治木	26い	14.72(0.077)	78	アカ アオ 計	27.0 24.4 26.1	182 (63.6) 104 (36.4) 286 [66.7]	362.9 (79.4) 94.4 (20.6) 457.3 [92.6]

注) 計の欄[%]は、標準地内の全本数に対する%

(1) ケヤキ立木の直径に対する望ましい樹間距離の算出

ケヤキ林の標準伐期を150年と仮定すれば、残された約100年の期間において、より好適なケヤキ用材林に誘導するための本数管理として、何時、どの程度の間伐を実施すべきかの目安を設定することは極めて重要である。しかし、そのためのより正確な情報である時系列データは僅か2年の研究期間では収集できないので、今回は暫定的な便法として、上述の方法で選ばれた169本の中央木を取りまく隣接木との平均占有半径⁵⁾を求め、その2倍を樹間距離Lとし、中央木の直径Dと樹間距離Lとの関係を求めた。

$$L'_{ij} = L_{ij} \times D_i / (D_i + D_j) \quad \dots(7)$$

L'_{ij} : 中央木の占有半径

L_{ij} : 中央木 i と隣接木 j との樹間距離

樹間距離 $L = 2 \times$ 平均 (L'_{ij})

$$L = a + b D \quad \dots(8)$$

その結果、(8)式の関係は、真数式よりも対数式の精度が高かったが、その精度は際立って良好な精度といえるまでには至らなかった。

$$\log_{10} L = -0.37231 + 0.51845 \log_{10} D \quad \dots(8)$$

$R = 0.7864 \quad s = 0.3952 \quad CV = 18.28\%$

一方、表-5にも示したように、アオケヤキの直径成長は幾分、アカケヤキに劣る傾向が見られたが、(8)式による両者の共分散分析では有意な差は見られず、その精度の向上は、今後の資料にゆづることとして(8)式を用いて目標直径に誘導するための望ましい樹間距離およびその本数密度の目安として表-6を作成した。

この表-6において、最上段はその林分の平均直径に対する樹間距離と本数密度を示し、それ以下には間伐木選定の目安として異なる2立木間のそれぞれの直径に対する望ましい樹間距離と局所密度(本/ha)を示した。

(2) 林齢・樹高および局所密度と直径の関係

上述の4)-(1)のほか、任意の林齢時における単木の直径をどの程度の精度で推定できるかを確かめるために、単木の直径Dに対する林齢t、樹高H、局所密度としての平均占有半径(L'_{ij})および隣接木本数nとの関係について回帰計算を行った。

式	独立变量		従属变量		n = 169			
	林齢	樹高	平均	隣接木	直径	R	s	CV
	占有半径	本数					%	
真数式	○	○	○	○	●	0.8590	4.6420	19.89
対数式	○	○	○	○	●	0.8828	4.5738	19.59
真数式	○	○	○		●	0.8586	4.6335	19.85
対数式	○	○	○		●	0.8822	4.5864	19.65

表-6 ケヤキ林の径級別 樹間距離と推定本数の早見表(一部のみ)

中央木 Dcm	樹間距離 m										本数密度 本/ha									
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60				
28	4.86	4.95	5.03	5.11	5.18	5.26	5.33	5.41	5.48	5.54	5.61	5.68	5.74	5.81	5.87	5.93				
	423	408	395	383	372	361	351	342	333	325	317	310	303	296	290	284				
30	4.95	5.03	5.11	5.19	5.27	5.35	5.42	5.49	5.56	5.63	5.70	5.77	5.83	5.89	5.96	6.02				
	408	394	382	370	359	349	340	331	323	315	307	300	294	287	281	276				
32	5.03	5.12	5.20	5.28	5.36	5.43	5.50	5.58	5.65	5.72	5.78	5.85	5.91	5.98	6.04	6.10				
	394	381	369	358	348	338	329	321	313	306	298	292	285	279	273	268				
34	5.11	5.20	5.28	5.36	5.44	5.51	5.59	5.66	5.73	5.80	5.87	5.93	6.00	6.06	6.12	6.18				
	382	369	358	348	338	329	320	312	304	297	290	284	278	272	266	261				
36	5.19	5.28	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.81	5.88	5.94	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26				
	370	358	348	337	328	319	311	303	296	289	282	276	270	265	259	254				
38	5.27	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.95	6.02	6.09	6.15	6.22	6.28	6.34				
	359	348	338	328	319	311	303	295	288	282	275	269	264	258	253	248				
40	5.35	5.43	5.51	5.59	5.67	5.75	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42				
	349	338	329	319	311	302	295	288	281	275	268	263	257	252	247	242				
42	5.42	5.50	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.17	6.24	6.30	6.37	6.43	6.49				
	340	329	320	311	303	295	288	281	274	268	262	257	251	246	241	237				
44	5.49	5.58	5.66	5.74	5.82	5.89	5.96	6.04	6.11	6.18	6.24	6.31	6.37	6.44	6.50	6.56				
	331	321	312	303	295	288	281	274	268	262	256	251	246	241	236	232				
46	5.56	5.65	5.73	5.81	5.89	5.96	6.03	6.11	6.18	6.25	6.31	6.38	6.44	6.51	6.57	6.63				
	323	313	304	296	288	281	274	268	262	256	250	245	240	236	231	227				
48	5.63	5.72	5.80	5.88	5.95	6.03	6.10	6.18	6.25	6.31	6.38	6.45	6.51	6.58	6.64	6.70				
	315	306	297	289	282	275	268	262	256	250	245	240	235	231	226	222				
50	5.70	5.78	5.87	5.94	6.02	6.10	6.17	6.24	6.31	6.38	6.45	6.52	6.58	6.64	6.71	6.77				
	307	298	290	282	275	268	262	256	250	245	240	235	230	226	222	218				

その結果は、上記のとおり相関係数Rについては(8)式よりもかなり高いが、平均値に対する変動係数をみると、いずれも約20%の誤差を示し、現在の段階でこれらの式を活用することは望ましくないと判断したので解析結果の記述に止める。

5) ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法への提言

文献¹⁾によれば、ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法としては、林内単木の大部分の目標直径を40cmとするならば、その伐期は100~160年、60cmとするならば150~200年といわれている。このことに関連して、直径40~60cmを目標に本数管理を行うための本数密度の範囲を確かめてみるために、今回の解析における表-3を図-3のように図化してみると(樹高21mは表-3の20mと22mの中間)、直径40cm、蓄積500m³の交点の本数密度は400本/haとなり、もし、400本以上の本数密度では林内の直径階別の本数分布を考慮

すれば、直径40cm以上の本数はかなり少なくなることが予想される。この図において、期待する林分蓄積を200～500m³、直径を40～60cmの範囲に育成するための本数密度は、100～400本/haとなることが予想される。これに対して、資料とした現実林は、林齢50～70年（約70%）において、本数密度は500本以上の林分が約50%を占めている。このような現状から直ちに断定的な本数管理法を決定することなく、まず、第一段階として、林齢100年を目標に段階的な利用間伐を実施しながら今後の成長状態を熟視し、その結果を基にさらに第二段階の修正を行うことが望ましいと判断した。

以上のことからケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法としては、対象林分の現状をよく把握し、林分の地位に応じた目標直径・目標蓄積を定め、4) - (1)で示した表-6を参考に、利用間伐を行うことが肝要であろう。

以下には、その施業方法の試案を提示する。

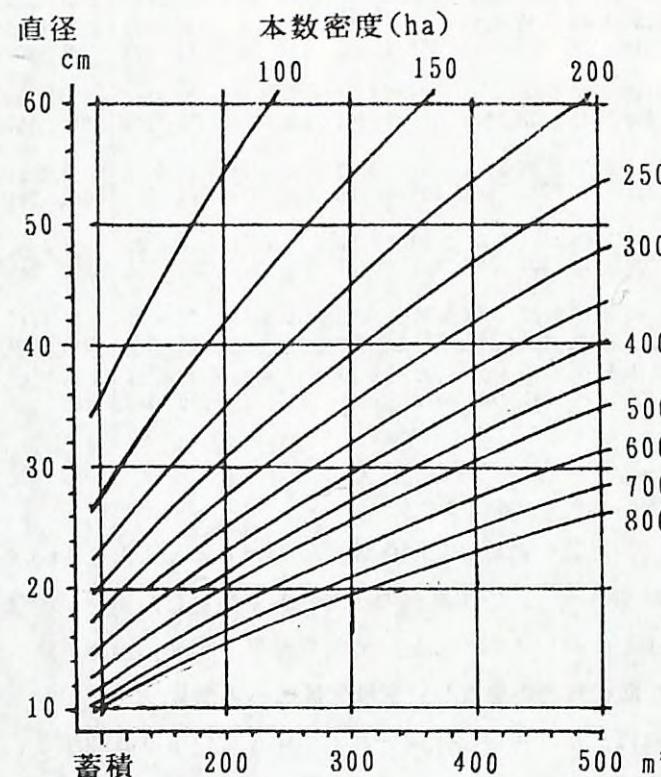


図-3 ケヤキ林分管理図 [D ← (N) → V] (樹高21 m)

ケヤキ用材林の密度管理法（試案）

この案は、主として大正末期から昭和初期に植栽され、今日に至った林齢50～70年の林分を対象に残された約100年間にできる限り大径用材に誘導することを目的とした密度管理法の試案である。

I 伐期

伐期は、林況により120～170年とし、つきの3種に区分した。

- | | |
|--------|----------|
| 1 標準伐期 | 150年 |
| 2 短縮伐期 | 120～140年 |

林木の成長が良好な林分または本数密度が少なく利用径級に達する見込みの林木が多い林分。

- | | |
|--------|----------|
| 3 延長伐期 | 160～170年 |
|--------|----------|

この案に即して林分管理を行っても、なお直径成長に不足が認められる時、またはさらに伐期を延長する方が有利と判断される時。

なお、ここでは第一種林地の制限項目については言及しない。

II 間伐計画

- 1 間伐回数は、次式により求める。

$$(100 - \text{現在林齢}) \div 20 + 1 \quad (\text{少数以下切り捨て})$$

例 現在林齢58年の時

$$(100 - 58) \div 20 + 1 = (42 \div 20) + 1 = 3.1 \rightarrow 3 \text{回} (58, 78, 100 \text{年})$$

2 間伐時期

第1回間伐は、施業計画年（施業案編成）後の初年度に実施する。第2回以降の間伐は、間伐回数が2回の時は100年、3回以上の時は第1回間伐年から100年までの年数を勘案して決定する。ただし、間伐間隔は20年以上とする。

3 間伐本数

間伐本数は、現在本数と100年時の目標本数を目安に、間伐回数に応じて、下記の例を参考に現地の林分に即して決定する。さらに、これまで長期にわたって放置されたケヤキ林であるから急激な疎開は林内環境の変化をもたらす恐れがあり、加えて優勢木も間伐することから広葉樹特有の幹曲がり（D/H比≈1の介在木・劣勢木）の恐れもあるので、間伐率はN30%程度までとしたい。

現在本数	将来本数			
	50～60年	70～80年	100年	125年
~1000	800	600	450	300
1000～750	—	500	400	250
750～	—	—	300	200
				150年

注) 空欄一は、現在本数と100年の目標本数により勘案する。

4 間伐木の選定方法

間伐木は、表-6の「ケヤキ林の径級別 樹間距離と推定本数の早見表」を参考に以下により選定する。なお、ここでは収入を伴わない除伐は、国有林の現状にかんがみ取り上げなかった。

◎ 間伐する木

- 1) 残しても将来性のない育ち遅れ木や不整形木で、目標本数以上のものは伐る。
- 2) 枝下高の低いふたまた以上の立木は、枝下が利用径級に達していれば優勢木であっても隣接木との樹間距離を考慮して収穫する。
- 3) 樹間距離以内であれば、残存木の将来性を考慮して、良木であっても収穫してもよい。

◎ 間伐しない木

- 1) 枝下高の高い木(4m材一玉以上、特にアカケヤキ)で将来性のある木は優先的に残す。
- 2) アカケヤキとアオケヤキが並立する時は、将来性を考慮して、アカケヤキを優先的に残す。
- 3) ふたまたの高さが低い木であっても、ふたまたから上の幹が通直で、その部分が大径材に達するまで残した方が有利と判断される木は残す。
- 4) 50年以下の林分にあっては、疎開すると分枝が起こるケヤキの特性を考慮し、枝下高を高める分枝防止の側圧と残存木の直径成長のバランスを見ながら間伐木を選定する。

III 将来の林況予測

- 1 図-1により地位指数S.I.を査定し予想したい林齢の将来樹高H_fを求める。
- 2 目標とする間伐後の将来の本数密度Nを決める。
- 3 間伐後(20年)の平均直径Dは、上述の地位指数S.I.と本数密度Nを表-4に当てはめ、D/H比を求めた後、予想したい林分の樹高H_fから推定する。
$$D = H_f \times D/H \text{ 比}$$
- 4 表-3または図-3の中から上記1の樹高H_fに該当する図表を選び、上記2の本数密度N、上記3の平均直径Dの交点からおおよその蓄積Vを推定する。なお、表-3はH=14, 16, ..., 24, 26cmの範囲で作表した。
- 5 以上の推定直径・推定蓄積が不満足な場合は、本数密度を変更して、上記2以下の手順により再度推定し、密度管理の年次計画を決定する。
- 6 なお、第2回以降の間伐では、第1回の間伐による成長の変化を熟視し、その適否を判定した後に実施する。
- 6) ケヤキ立木の品等区分とアカケヤキ・アオケヤキの判別法

(1) ケヤキ立木の品等区分

前述の熊本営林局の調査資料では、これまでの針葉樹人工林と同様、直径・樹高のみの調査であったことからケヤキ用材生産を目途とする今回の研究においては、以下の項目を調査した。

立木No 樹種 立木配置 直径 樹高 品等 採材長 ふたまた高
ここで、品等区分は ◎：優良 ○：良 △：可 ×：不可の4段階とし、元玉の採材長を併記すると共に、ふたまた(大きな枝も含む)の高さも調べた。

表-7 ケヤキ幹材の品等区分

林分 No	営林署	林小班	区分	品等区分					◎+○ (%)	◎+○ (%)			
				◎	○	△	×	計					
1 矢部	10た	アカ	2	7	3	2	14	(64.2)	(47.1)				
			アオ	1	6	11	2	20	(35.0)				
			計	3	13	14	4	34					
2 矢部	11り	アカ	1	6	0	0	7	(100)	(54.6)				
			アオ	2	3	7	3	15	(33.3)				
			計	3	9	7	3	22					
3 水俣	17ち	アカ	7	12	4	1	24	(79.2)	(56.1)				
			アオ	2	2	8	5	17	(23.5)				
			計	9	14	12	6	41					
4 水俣	63よ	アカ	11	19	12	8	50	(60.0)	(58.8)				
			アオ	2	8	2	6	18	(55.6)				
			計	13	27	14	14	68					
5 多良木	29ほ	アカ	3	10	6	1	20	(65.0)	(58.6)				
			アオ	1	3	1	4	9	(44.4)				
			計	4	13	7	5	29					
6 多良木	29ほ	アカ	5	16	13	0	34	(61.8)	(60.5)				
			アオ	1	1	1	1	4	(50.0)				
			計	6	17	14	1	38					
7 大分	24に	アカ	1	7	3	15	26	(30.8)	(29.4)				
			アオ	2	5	3	15	25	(28.0)				
			計	3	12	6	30	51					
8 綾	37に	アカ	12	16	16	6	50	(56.0)	(56.9)				
			アオ	1			1	(100)					
			計	13	16	16	6	51					
9 加治木	26い	アカ	6	8	4	2	20	(70.0)	(70.4)				
			アオ	0	5	1	1	7	(71.4)				
			計	6	13	5	3	27					
10 加治木	26い	アカ	5	5	3	1	14	(63.6)	(68.2)				
			アオ	1	4	2	1	8	(62.5)				
			計	6	9	5	2	22					
全 体			アカ	53	106	64	36	259	(61.4)				
			アオ	13	37	36	38	124	(40.8)				
			計	66	148	100	74	383	(54.6)				

その結果、現存するケヤキ林の品等は、表-7に示すように、幹形良好な◎・○印の割合は全体で約55%，そのうちアカケヤキとアオケヤキの割合は6：4であった。また、個々の林分別に見ると、その範囲は約30～70%で林分によってかなりの差が見られた。

一方、採材長は、2～10mまでに区分したが、その本数割合は全本数の約40%であり、そのうち4～10mの採材が可能と見られた本数割合は約30%であった。このように、ケヤキ林の採材歩止まりはあまり良いとはいえないが、約30年間放置された林分としてはやむを得まい。

(2) アカケヤキとアオケヤキの判別法

従来からケヤキには、アカケヤキ（ホンケヤキ）とアオケヤキ（イシケヤキ）があって、その材質の差から価格もかなり異なるといわれている。

このことについて、既存の文献を見ると、熊本営林局¹⁾と宮城県林試³⁾とでは、かなり異なった説となっていた。たとえば、ホンケヤキとはアカケヤキ・アオケヤキのいずれが正しいのか。また、判別上の特徴もアカ・アオ入り混じっているように思われる。さらに、枝や葉の大きさによる判別法については、現地で見るかぎり、立木の疎密や優劣および高さの関係から、明らかにアカケヤキとアオケヤキの判別の指標になり得るとは思われなかった。したがって、現地で両者を判別する簡単な方法として、以下のことを提唱したい。

i 樹皮による判別

アカケヤキ：樹皮は赤味（赤褐色）を帯び、大径木では鱗片状の剥離がみられる場合。

アオケヤキ：灰白色に青味を帯び、割合平滑で粗皮の剥離が見られない場合。

なお、小径木や被圧木では判別困難なものも見られた。また、アカケヤキに比べて枝下が高い傾向の林分も見られた。

音による判別

現地では、アカケヤキかアオケヤキか判別しにくい立木にしばしば出会ったが、この場合、輪尺を当てた時の音による判別が有効と考えられる。

アカケヤキ：比較的に鈍重な音で、柔らかさを感じる。

アオケヤキ：カチンという音から比較的に堅い感じが強い。

試みに、伐採現場において、上記の方法による判定を伐採木の断面から検証してみると、アカケヤキをアオケヤキと判定した例は皆無であった。このように、アカケヤキとアオケヤキが明確に判別できない原因の一つとして、両者の開花・授粉時期に差があるかどうかという基本的な問題が考えられるが、このことは他の研究部門の範ちゅうにあるので、本研究では取り扱わなかった。

7) ケヤキ材の価格

九州におけるケヤキ材の価格については、別件の研究「広葉樹材の流通」¹⁵⁻¹⁸⁾において分

類した都城市売市場における昭和58年度の一般市（初期・中期・後期）と特市（中期・後期）の5例を表-8に示す。

表-8 ケヤキ材の価格（都城）n：本数 単価：千円/m³

長 級 m	径 級 cm	一般市			特 市	
		1983.4 n	1983.9 n	1984.3 n	1983.9 n	1984.2 n
3	13～17	3	24.5		2	25.5
	18～24	9	82.9	2	36.7	3
	25～30	7	66.3	2	48.5	19
	13～30	8	54.2		3	37.8
	13～40	5	102.3		17	124.3
	30～50	2	79.8		4	74.9
	40～60				1	20.6
4	13～17	3	52.6		3	24.3
	18～24	6	65.2		1	42.0
	25～30	3	62.5	1	69.0	3
	13～30	4	85.3		3	34.9
	13～40	7	89.2	3	76.6	5
	30～50			8	88.8	5
	40～60			1	74.0	5
5	13～17	1	22.3			1
	18～24				3	84.3
	25～30	1	37.0	2	101.5	2
	13～30			2	55.5	2
	13～40			7	145.8	4
	30～50				2	177.4
	40～60				2	194.1
全本数（総材積）		316 (48m ³)	127 (22m ³)	184 (40m ³)	429 (75m ³)	821 (223m ³)
全平均単価		51.2	46.9	49.7	73.2	143.3
スギ（参考）						
3	18～24		22	54.9	85	42.2
	25～30		1	143.4	8	88.8
4	18～24		54	30.9	120	23.4
	25～30		15	55.8	25	40.9
全本数（総材積）		3169(212m ³)			5672(527m ³)	7728(671m ³)
全平均単価		18.1			19.2	24.9
ヒノキ（参考）						
3	18～24		3	262.5	22	121.4
	25～30		2	179.2	1	334.5
4	18～24		4	72.3	37	65.7
	25～30		3	220.5	1	388.9
全本数（総材積）		2879(145m ³)			5810(315m ³)	5124(411m ³)
全平均単価		16.7			18.9	51.2

この表によれば、全般的な傾向としては一般市よりも特市の方が良材の搬入が多いと見られ、取り扱い本数も単価も一般市を凌駕している。また、長級別・径級別の内容を見ると、長級が長いほど、径級が大きいほど高値の傾向を示している。これらの価格を同市の特定の長級・径級のスギ・ヒノキ材と比較してみると、単木売りのスギ・ヒノキ材の中にはかなり高値の材も認められるが、全販売本数の平均単価では、ケヤキ材の方がはるかに高いことがわかる。

8) 考 察

以上のように、本研究の主流は、ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法であるが、特に、その裏づけとしてスギ・ヒノキ人工林における単木モデルの林分シミュレーションを応用したケヤキ人工林における局所密度と直径成長の関係ならびに林分因子と林分蓄積の関係、さらに、これまでほとんど放置の状態にあったケヤキ人工林であるために、その他の問題点としてケヤキの品等、アカケヤキ・アオケヤキの判別法および価格の動向にも言及した。したがって、全体としてはやゝまとまりがないとの「そしり」をまぬがれなくもないが、新しい研究課題としてやむを得なかった。(森田栄一)

引 用 文 献

- 1) 熊本営林局：主要樹種造林提要 叢書6, p 190～227, 1942
- 2) 木梨 謙吉：Growth Model について、85日林講, 61～62, 1974
- 3) 宮城県林試：56年度 林試業務報告 15, 28～29, 1982
- 4) 箕輪 光博：線形システムとしての林分の成長 林統研誌 10, 1～24, 1985
- 5) 森田 栄一：間伐率の変化にともなう成長予測 (II) 日林九支研論26, 33～34, 1973
- 6) 森田 栄一：椎林 俊昭：X Yプロッタによる立木位置図の作成、林試研報 296, 41～76, 1977
- 7) 森田 栄一：コジイ林分密度管理図の作成 (I), 日林九支研論37, 117～118, 1964
- 8) _____: _____ (II), 日林九支研論38, 33～34, 1985
- 9) _____: _____ (III), 日林九支研論39, 31～32, 1986
- 10) _____: 同齡単純林における蓄積推定の一方法、林統研誌11, 48～57, 1986
- 11) _____: ケヤキ人工林の生育に関する研究 (I), 林統研誌12, 53～62, 1987
- 12) _____: _____ (II), 林統研誌13, 101～117, 1988
- 13) 西沢 正久・真下 育久・川端 幸藏：数量化による地位指数の推定法、林試研報 176, 1～54, 1965
- 14) 坂口 勝美：間伐の本質に関する研究、林試研報 131, pp 95, 1961
- 15) 安永 朝海・森田 栄一：暖帶性広葉樹材の流通 (1) 日林九支研論38, 7～8, 1985
- 16) _____: _____ (2) 日林九支研論39, 3～4, 1986

- 17) _____: _____ (3), 日林九支研論40, 3～4, 1987
- 18) _____: _____ (4), 98日林論, 61～62, 1987

3. 広葉樹人工林における主要病害の検索と被害実態

1) はじめに

広葉樹に発生する病害のうち、コジイについては総合的な調査が行われ⁴⁾新病害であるシイビスケットタケによる幹腐れ病が明らかにされ、病原菌についての生理的性質のほか発生生態などについて研究報告がなされた⁵⁾。しかしながら、そのほかの広葉樹の病害については、石狩川源流の針葉樹原生林の総合調査の中で一部報告がみられる²⁾ほかは、葉枯れ性あるいは胴・枝枯れ性病害などについての断片的研究があるだけで、広葉樹に発生する病害を対象とする総合調査は皆無に等しい。そこで、昭和61, 62年度と限られた期間ではあったがコジイ以外の広葉樹に発生する病害についての発生実態調査を行ったので概要を報告する。

2) 広葉樹林における病害の実態調査

(1) 調査場所と方法

佐伯営林署41林小班78年生イチイガシ林、加治木営林署26林小班ケヤキ林、水俣市ケヤキ民有林、大口営林署8林班コジイ、イスノキ林において病害の実態調査を行った。調査は外観から枝や幹の胴枯れ症状の有無を調べたほか、間伐木あるいは主伐木では木口から変色や腐朽の有無を調査した。変色や腐朽の見出された試料については、約5mm角の大きさの分離片を切り出し、火炎により軽く表面殺菌⁶⁾した後、カンジタ培地、ジャガイモ寒天培地(PDA)上に静置し、そこから伸長した菌を分離した。さらに菌の分離頻度などから被害原因との関連性を考察した。

(2) 結果と考察

イチイガシ、ケヤキ、コジイ、イスノキ林における病害の実態調査結果を総合すると、絹皮病が重要病害と考えられた。絹皮病は担子菌の一種*Corticium argenteum* Kobayashiによる多犯性の病害⁷⁾で、これまでにコジイ、アラカシなど21科37種の樹木に寄生する病害として報告³⁾されている。表-1に大口8林班、佐伯41林班で見出された絹皮病の

表-1 絹皮病発生樹種

調査地	樹種
佐伯41林班	タブノキ、ヤブニッケイ、イスノキ、ヒサカキ、ヤブムラサキ、コガクウツギ、バリバリノキ、アラカシ
大口8林班	ウスギモクセイ、ヒサカキ、ヤブツバキ、イスノキ、トキワガキ、イヌビワ、アラカシ、コジイ

罹病木の種類を示した。このうちバリバリノキはこれまで絹皮病の発生記録のない新寄主

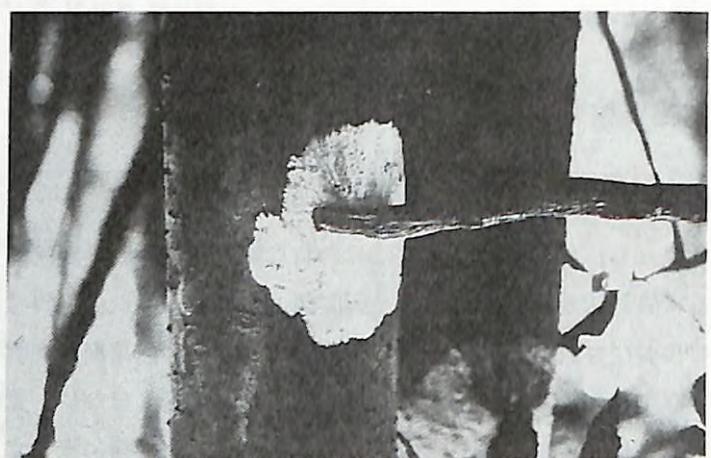


写真-1
発病枝の接触部から
感染、進展する絹皮
病菌の菌糸



写真-2
絹皮病に感染し、白色腐朽
を起こしたコジイ

である。本病は罹病枯死したヒサカキの枝などが健全木の樹幹部に接触し（写真-1），そこから菌糸が健全木に伝染し（写真-2），胸高直径40cmを越す樹木でさえ数年間の内に菌糸が樹幹部を一周し，枯死に至らしめる。大口8林班や佐伯41林班のコジイ，イスノキなどでこのような激しい被害が高い頻度で見出された。本病は罹病木上に子実体を形成するため，野外では胞子による伝染もあり得るが，実態調査で観察した範囲では，本病の伝染方法としては病患部の接触によるものがほとんどと考えられた。また本病の発生は光との関連が深く，風倒などにともない林内が明るくなることにより，病気の進展が抑えられた例がいくつか見出された。従って本病による被害を回避するためには，罹病した枝条はなるべく林外へ搬出するとともに，日光がさし込むような林内環境にコントロールすることが重要と考えられた。

佐伯41林班のイチイガシ林では枝折れ，被圧による枝枯れ部にミノタケ，ニクウスバタケなど腐朽菌の寄生が認められたが，枝の基部には一種の防衛組織が形成され，樹幹部へ進展する腐朽は見出されなかった。

水俣市民有林，加治木26林班のケヤキ林で病害の実態調査を行った結果，水俣市民有林のケヤキでは，樹幹部に数例の腐朽被害が見出された。被害木はいずれも尾根の直下の落石が当たり易い場所に分布していた。被害部別に菌の分離を行った結果，分離菌の種類が部位ごとに違っており，尾根からの落石が最初の傷の原因と考えられ，そこに数種類の菌がそれぞれ定着したものと考えられた。加治木26林班のケヤキでも1，2例腐朽被害が見出されたが，一種類の菌が強い病原性を發揮して起こす流行病などとは異なり，なんらかの原因でできた傷口から腐朽菌が二次的に寄生して発生した被害と考えられた。

以上イチイガシならびにケヤキについては，2年間の限られた期間内の不十分な調査からの結論ではあるが，広葉樹の中では，胴枯れ，枝枯れ，腐朽被害などが比較的起こりにくい樹種と考えられた。

4) 数種の広葉樹に対する腐朽菌の接種試験

(1) 材料と方法

広葉樹林において高い頻度で見出される数種の腐朽菌を，立田山実験林内の数種の広葉樹に接種し，生立木に対する影響を調べた。胸高直径10~20cmのコジイ，クヌギ，コナラ，アラカシ，クスノキに対して，広葉樹林で枝あるいは幹の腐朽菌として高い頻度で出現するウチワタケ，カワラタケ，コガネカワラタケ，シマウチワタケ，それに数年前の調査で大口，川内営林署管内で発見され，コジイの幹腐れ病菌として報告されたシイビスケットタケ⁵⁾，さらにシイタケを加えて接種を行い，それぞれの樹種の生立木に対する腐朽力の有無を調べた。接種は昭和61年5月に行った。接種方法は，あらかじめオガクズ・米ヌカ培地とともに培養した径9mm，長さ10cmの大きさの種駒を，それぞれの樹種に開けたドリ

ル穴に打ち込んで行った。接種1年後の昭和62年5月に伐倒し、玉切り、割材して変色、腐朽の有無、腐朽長の測定を行った。併せて接種部位周辺から約5mm角の大きさの分離片を切りだし、軽く火炎殺菌¹⁾したのちPDA平板、カンジタ平板培地上に静置して再分離試験を行った。

(2) 結果と考察

接種試験に供試した樹種のうちコジイはほとんどの菌の接種区で明瞭な腐朽を現し、特に辺材部に激しい腐朽が認められた。クヌギ、アラカシ、クスノキは接種部位を中心に変色を現したが、接種時の傷から色素が広がったものと考えられ、腐朽へは進まないものと考えられた。コナラでは変色から腐朽への移行段階と判断される変色部が見出された。

表-2に腐朽菌の接種により形成された変色、腐朽長をとりまとめた。コジイではカラタケとシイタケの接種区で腐朽長はわずかであったが、他の樹種への接種結果と比較すると腐朽程度ならびに腐朽長が著しく長く、腐朽菌の侵入に対してきわめて弱い樹種と考えられた。なお、コジイのシイビスケットタケ接種区に示された α は、腐朽長が玉切り長以上に進展していたため正確に測定できなかったものである。

表-3に再分離試験の結果を示した。この結果からもコジイには各種の腐朽菌が定着しやすい傾向が認められた。またコナラに対するカラタケ、アラカシに対するコガネカラタケとシマウチワタケ、クスノキに対するシマウチワタケの接種区でそれぞれ接種した菌が再分離されたが、変色、腐朽の程度と併せて考察すると、生立木に対してはそれほど強い殺傷力は発揮せず、腐朽力も弱いものと考えられた。（楠木学・河辺祐嗣・清原友也・池田武文・堂園安生）

引用文献

- 1) 青島 清雄：木材変色菌の分離法、日菌報、3, 8~10, 1957
- 2) 今関 六也・青島 清雄：石狩川源流原生林総合調査報告Ⅱ-2 菌害, pp 275, 日林協, 東京 1955
- 3) 伊藤達次郎：絹皮病の研究、東大演習林報、8, 79~87, 1951
- 4) 河辺 祐嗣・橋本 平一・清原 友也：コジイ天然林における主要病害4種について、日林九支研論、38, 179~180, 1985
- 5) 河辺 祐嗣・清原友也・橋本平一：シイ林の立木腐朽調査(3)-川内・大口地方のコジイ4林分における被害実態、日林九支研論、39, 203~204, 1986
- 6) 小林 義雄：絹皮病菌の位置と*Cyphella pulchra*、日菌報、12, 70~78, 1971

表-2 腐朽菌の接種により形成された変色、腐朽長

樹種	接種菌	変色、腐朽長 (cm)		
		接種部上方向	下方向	合計
コジイ	ウチワタケ	27	24	51
	カラタケ	10	11	21
	コガネカラタケ	30	30	60
	シイタケ	10	11	21
	シイビスケットタケ	32	31+ α	63+ α
	シマウチワタケ	30	26	56
	対照区（駒のみ）	-	16	(32)
クヌギ	ウチワタケ	7	6.5	13.5
	カラタケ	-	1.5	(3)
	コガネカラタケ	-	3.5	(7)
	シイタケ	7	7.5	14.5
	シイビスケットタケ	-	4.5	(9)
	シマウチワタケ	6	6	12
	対照区（駒のみ）	1	-	(2)
コナラ	ウチワタケ	10	10	20
	カラタケ	13	12	25
	コガネカラタケ	11	14	25
	シイタケ	15	14	29
	シイビスケットタケ	12	11	23
	シマウチワタケ	12	11.5	23.5
	対照区（駒のみ）	7.5	7	14.5
アラカシ	ウチワタケ	4.5	4.5	9
	カラタケ	7.5	7.5	15
	コガネカラタケ	5	6.5	11.5
	シイタケ	7	6.5	13.5
	シイビスケットタケ	5.5	5.5	11
	シマウチワタケ	7.5	6.5	14
	対照区（駒のみ）	4.5	5	9.5
クスノキ	ウチワタケ	4.5	4.5	9
	カラタケ	9	11	20
	コガネカラタケ	7	7	14
	シイタケ	9	8	17
	シイビスケットタケ	5	7	12
	シマウチワタケ	3.5	3.5	7
	対照区（駒のみ）	-	4	(8)

表-3 腐朽菌の接種と再分離試験

樹種	接種菌	再分離
コジイ	ウチワタケ	+
	カワラタケ	+
	コガネカワラタケ	+
	シイタケ	+
	シイビスケットタケ	+
	シマウチワタケ	NT
	対照区（駒のみ）	+
クヌギ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	-
	対照区（駒のみ）	-
コナラ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	+
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	NT
	シマウチワタケ	-
	対照区（駒のみ）	-
アラカシ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	+
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	+
	対照区（駒のみ）	-
クスノキ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	+
	対照区（駒のみ）	-

+ ; 分離

- ; 非分離

NT ; 未試験

IV 要 約

1. 広葉樹人工林の適地判定

1) 立地要因と成長の関係解析

(1) 佐伯営林署管内のイチイガシ人工林について、地形測量を行い、地形と立木位置図を作製し、微地形条件と成長との関係を調べた。

① 標高と樹高成長との間には、標高が高くなるに従い樹高成長には僅ながら小さくなる傾向を示した。

② 標高、地形の凹凸、傾斜の三要因についてある程度の相関が得られた。すなわち、斜面下部の成長が良く、また平坦地形から凹地形での成長が良い。

(2) 大口営林署管内のケヤキ人工林の成長について、イチイガシ林と同様の調査を実施し、次のような結果が得られた。

① 標高、地形の凹凸、傾斜の三要因と成長について検討した結果、相関係数 0.74 と比較的高い相関が得られた。

② 標高で示される斜面上の位置では斜面下部ほど成長が良い。また、凹地形での成長が良く、微地形条件の解析による適地区分が可能である。

(3) イチイガシ・ケヤキ人工林について、成長に関与している立地条件と成長との関連を検討した結果、両樹種ともに凹凸の微地形条件や、斜面上の位置が成長に関与している結果が得られた。両樹種ともに人工造林地の土壤は BD(d)～BD 型土壤であり、スギの適地に相当する。従ってイチイガシ・ケヤキ、スギ、イチイガシとケヤキの植栽区分を行うことはかなり困難なものと考えられる。

2) 広葉樹人工林の成長と適地

(1) 大口・佐伯営林署管内のイチイガシ人工林について、樹高、直径成長、樹幹析解、林床植生、植生被度や稚樹の発生状態を調査し、さらに、高岡・綾営林署管内のイチイガシ天然林の成長状態と比較検討した。

① 調査林分のイチイガシ人工林の材積成長量は天然林より優れていることが判明した。

② 胸高直径分布をみると、同齢のスギ林に比べて変動形数が大きく、イチイガシ人工林の胸高直径分布幅が大きい。

③ 樹高成長は、縦軸に樹高階、横軸に本数をとり、樹高分布をみると、人工林では明らかな L 字形の分布を示すが、天然林では逆 J 字形の分布を示した。

④ 人工林の上層木、準上層木、被圧木を選定し、樹幹析解を行い、樹高成長及び胸高直径成長を検討した。各調査木とともに 20 年生までは同じような成長パターンを示すが、20 年生過ぎから優劣が現れ、3 年生頃には明確な上・下層関係の形成された経過を示した。

- ⑤ 林床に存在するイチイガシの実生稚樹は極めて少なく、うっ閉した林内では、人工林天然林を問わず種子供給はあるものの成長は期待できない状態であった。うっ閉した林内の更新の困難性を示した。
- (2) 以上のようにイチイガシ人工林の調査結果から、天然林と比べ形質とくに枝下高や通直性は劣ることはない。また、林冠を形成している上層木の樹高成長は高齢級(80年)に達しても成長しており、高密度任立て択伐等による長期収穫の可能性が見だされた。

2. 密度管理技術（ケヤキ人工林）

- (1) 熊本宮林局管内ケヤキ人工林76林分を対象とし、樹高、直径成長の経過から、今後の施業指針としての林分密度管理法を、地位指数、林分蓄積の関係などから検討した。
 - ① 76林分から地位指数曲線を作成し、樹高成長の悪い9林分を除いた67林分から修正地位指数表を作成した。
 - ② 林分因子（林齢、直径、樹高、本数密度）により林分蓄積Vを推定する方法は、林分管理図や林分収穫表から推定してきた。ケヤキ林についても同様の手法により、林分因子と林分蓄積との関係からケヤキ林分の蓄積推定表（表-3）を作成し、さらにD/Hに対する地位指数と本数密度の関係を求め、D/H比の推定表（表-4）を作成した。
 - ③ 林分因子と林分蓄積を示した表-3をさらに図化し、ケヤキ林分管理図〔D ← (N) → V〕（樹高21m）を作成し図-3に示した。
- (2) ケヤキ用材林生産として望ましい密度管理法は、直径40～60cmを目標とした林分密度は、直径40cm、蓄積500m³では400本/haとなる。また、直径40～60cmの成長を期待するときには、林分密度は100～400本/ha、林分蓄積200～500m³/haとなる。

調査検討資料とした現実林は、林齢50～70年、本数密度は500本/ha以上の林分が多い。直径成長を40～60cmの範囲を期待するための林齢は100年とし、段階的に利用間伐を実施し、今後の成長状態を熟視しながら、さらに第2段階の利用間伐を実施し修正することが望ましい。

3. 広葉樹人工林の主要病害の検索と被害実態

イチイガシ・ケヤキ・コジイ・イスノキ林の病害の実態調査を行った。外観上からは枝幹の胴枯れ症状を、間伐木、主伐木では木口からの変色や腐朽の有無を調べた。

- ① イチイガシ、ケヤキ、コジイ、クスノキ林における主要病害は絹皮病と考えられ、また、イチイガシ、ケヤキについては胴枯れ、枝枯れ、腐朽被害などは比較的起りにくい樹種と考えられた。
- ② 腐朽菌の接種試験から、コジイには各種の腐朽菌が定着しやすい傾向が認められた。この他コナラ、クヌギ、アラカシに対する各種菌の接種効果からは、接種菌が再分離されたが、変色、腐朽の程度は小さく、生立木に対しては強い殺傷力はなく、腐朽力も弱いものと考察した。