

## ケヤキ人工林の成長

片倉正行  
奥村俊介

### 要 旨

1. 県内の人工植栽ケヤキ林を調査し林分構造と成長量などを検討した。
2. 調査地は適潤性褐色森林土、同偏乾亜型、受蝕土上に成立した、26年生から140年生の林齢範囲にある5林分11カ所である。
3. 樹高成長は45年生で林分上層樹高21.9mが、また胸高直径は110年生49.4cmが最大値となった。
4. ケヤキ林は、胸高断面積合計で約40m<sup>2</sup>/haを上限とした林分密度が成立可能と推定できた。
5. 生産力の低い立地ではケヤキ立木に幹曲がり、双幹木の出現率が多くなっていた。また幹曲がりには林分内でも胸高直径の細い集団に多くみられた。
6. 幹の心材率は樹齢約30年、樹高16m、胸高直径16cm程度の立木で約50%であった。また心材が認められた幹高の上限は、樹高に対して地際から約65%と示された。
7. 辺材の厚さは個体別に2.0cmから4.4cmの範囲にあったが、同一個体では幹高2.0mから8.0mの間では、ほとんど変動がなかった。
8. 林分密度、樹高、胸高直径について成長曲線を推定した。

### I はじめに

拡大造林の推進に伴い、広葉樹資源量は減少し続け、また低質化しつつあるが、用材としての広葉樹資源に対する需要が減少することは無いと考えられる。

用材として需要の高いケヤキも一般的に要求される高齢大径林は減少の一途をたどっている。しかしケヤキ林の育成管理技術が確定していないことはもとより、林分の調査研究例さえも少ない。このため現存するケヤキ人工林の林分構造と成長量などを調査し、ケヤキ林造成の資料をうることを目的として、土地所有者あるいは関係地方事務所林務課職員等の協力を得て調査研究を行った。

なお本課題は、国庫補助大型プロジェクト研究「特用原木林の育成技術に関する総合研究 加工利用原木林造林成績調査」(昭和58年～62年)で研究を行ったものである。

### II 調査の方法

#### 1. 調査地

調査にあたっては純林率約80%以上で、林分としてのまとまりがある県内各地のケヤキ人工林を対象とした。

#### 2. 調査方法

(1) 林分構造 林内の平均的林相を呈する場所に、20×20mの方形調査区を設定し、毎木調査法により林分密度、樹高、胸高直径、枝下高、幹曲がり等を調査した。なお同一林分内で地形差等に起因して、明らかに立地条件が異なる場所がある場合は、適宜、方形区を設け調査を行った。

(2) 成長量と現存量 立木の伐採ができた林地では調査区内で標準木を伐採し、樹幹解析法により成長量等の解析と現存量調査を実施した。これが不可能な林地の場合は成長錐により樹齢を推定した。

- (3) 立地環境 現地調査と既存資料により、気象<sup>(1)</sup>、土壌条件等<sup>(2)</sup>を明らかにした。
- (4) 施業経過 既存資料及び関係者からの聞き取りにより、林分の施業状況を調査した。

III 調査結果

1. 調査地別概要

調査は表-1に示したように、飯山市<sup>(3)</sup>、上田市<sup>(4)</sup>、明科町<sup>(5,6)</sup>、日義村<sup>(7)</sup>、伊那市<sup>(8)</sup>の5カ所(11調査区)で実施した。

(1) 飯山

①立地環境 県北部の日本海側気候に属し、表-3に示すように冬季の最深積雪は約2mを越える。地質は第3系安山岩で、山地規模は比較的小規模である。

調査地は飯山市北部、信濃川左岸の上境地籍の山腹下部斜面に位置し、土壌は図-1、表-4に示したように、A層が約10cmと比較的薄い、B層は60cm以上あり、また石礫に富んだ土壌で、B層に堅果状構造の発達が特徴的なBD(d)型土壌である。A<sub>0</sub>層はケヤキ落葉を主体とするL層約2cm、F層約1cmからなり、H層の発達は見られない。なおこうした適潤性褐色森林土で堅果状構造の発達した土壌はこの周辺の多雪地帯では山腹上部にまで分布が見られ、長野県内でも特異的な土壌である。

表-1 調査地の概要

No.	場所	林齢(年)	標高(m)	土壌型	斜面方位	斜面傾斜(°)	山腹上の位置	地質母材	調査年
1-1	長野鉄道管理局鉄道防備林上境3号林地(飯山市105林班い小班-38)	27	350	BD(d)	S5W	28	山腹下部平衡斜面	第3系安山岩類	1986
1-2		27	350	"	"	28	"		
2-1	上田営林署189林班ん-14	45	530	BD(d)	NE	35	山腹中部平衡斜面	第3系砂岩・泥岩	1984
2-2		45	500	BD	"	30	山腹下部凹型斜面		
3-1	長野鉄道管理局鉄道防備林明科14号林地	30	610	Er-a	NW	5	山脚緩斜面	第3系泥岩	1983
3-2		26	640	"	"	17	山腹中部平衡斜面		
3-3		32	660	"	"	12	山腹上部凸型斜面		
4-1	木曾郡日義村22林班ほ小班-2	140	990	BD	S	38	山腹上部平衡斜面	古生界粘板岩	1985
4-2		110	910	"	"	38	山腹中部平衡斜面		
5-1	伊那市44林班ほ小班-3	47	750	BD	S20E	30	山脚平衡斜面	領家帯ホルンフェルス	1987
5-2		47	750	"	S40E	33	"		

表-3 調査地付近の気象観測値

調査地	観測地点	観測地点の標高(m)	平均気温(°C)	年降水量(mm)	最大積雪深(cm)	温量指数
飯山市	飯山市	313	10.6	1575	177	85
上田市	上田市大手	455	11.6	927	27	91
明科町	松本市沢村	610	11.2	1066	23	91
日義村	檜川村平沢	905	9.1	1853	69	61
伊那市	伊那市大芝原	800	10.6	1600	9	81

表-2 各調査地におけるケヤキ林分構成

調査地	番号	林齢	胸高直径 (cm)			樹高 (m)		枝下高 (m)	立木密度(本/ha)			胸高断面積合計(m <sup>2</sup> )			幹曲り (%)
			上層	下層	全体	上層	下層		上層	下層	全体	上層	下層	全体	
飯山	1-1	27	15.6	-	15.6	14.4	-	7.7	850	0	850	16.2	0.0	16.2	95
	1-2	27	15.8	-	15.8	14.8	-	7.0	1050	0	1050	20.6	0.0	20.5	100
上田	2-1	45	19.5	8.9	16.8	20.0	17.0	15.0	775	245	1020	23.1	1.5	24.6	90
	2-2	45	20.7	7.9	18.1	21.9	18.0	16.0	1000	250	1250	33.6	1.2	34.8	90
明科	3-1	30	19.1	9.2	16.9	19.0	15.0	7.2	1275	375	1650	36.5	2.5	39.0	50
	3-2	26	16.9	6.0	13.6	16.0	13.5	8.2	1600	700	2300	35.9	2.0	37.8	60
	3-3	32	15.3	9.6	14.3	16.0	13.0	6.8	1200	250	1450	22.1	1.8	23.8	80
日義	4-1	140	47.6	24.7	34.4	18.8	12.0	9.2	125	275	400	22.2	13.2	35.4	60
	4-2	110	49.4	16.3	26.6	19.8	12.0	8.9	150	350	500	28.7	7.3	36.0	60
伊那	5-1	47	31.4	10.8	22.6	20.0	16.0	4.7	267	200	467	20.7	1.8	22.4	100
	5-2	47	26.7	15.8	20.8	18.8	15.5	5.7	286	114	400	16.0	2.2	18.2	100

表-4 調査地の土壌断面調査の結果

場所	推積様式	層位別	層位深さ	腐植	土色	土性	土壌構造	堅密度	水湿状態	備考
飯山	匍行	A	0~10	富含	7.5YR2/2	L	cr	軟	潤	堅果状構造あり
		B <sub>1</sub>	10~30	含	7.5YR3/2	L	n, cr	堅	潤	
		B <sub>2</sub>	30~	乏	7.5YR3/3	L	n, cr	堅	潤	
上田	匍行	A	0~5	含	10YR3/4	L	cr, n	軟	乾潤	
		B	5~55	乏	10YR4/4	L	bk	軟	潤	
		C	55~	乏	10YR4/6	L	-	頗堅	潤	
明科	匍行	A-B	0~3	富含	10YR2/3	CL	cr	軟	湿	
		B	3~30	乏	10YR4/4	CL	-	堅	湿	
		C	30~	乏	10YR5/6	CL	-	固	湿	
日義	匍行	A	0~35	頗富含	10YR2/2	L	cr	軟	湿潤	
		B	35~60	富含	10YR3/2	L	cr	軟	潤	
伊那	匍行	A <sub>1</sub>	0~15	富含	10YR4/2	SL	cr	頗軟	潤	花崗岩風化土
		A <sub>2</sub>	15~40	富含	10YR2/2	SL	cr	軟	潤	
		B	40~	含	10YR3/3	L	bk	やや堅	潤	

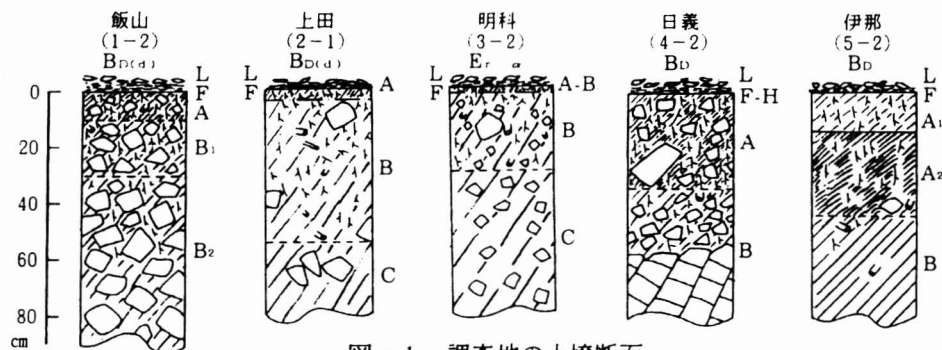


図-1 調査地の土壌断面

②林分の成長状況 概要を表-2に示したが、林齢27年、林分密度約1000本/ha、平均胸高直径約16cm、上層樹高約14.5mであった。林冠層には空間があり、また樹幹の傾きの大きな個体があり、これらは将来倒伏する可能性が高いことから、これまでも積雪による個体淘汰が発生していたように見えた。また通直な個体はほとんど見られず、これも冬季の降積雪に原因があるように思われた。

なおスギ等ではこのような条件下では積雪の移動圧により必ず根曲がりが発生し、この程度の生育段階ではまだ曲がりが見られることが一般的だが、本林分では根曲がりほとんど認め

られず、根曲がりによる耐雪機構をあまり持たない種かとも考えられた。

しかし現実にはこうした多雪環境下で成林し、鉄道防雪林としての機能を果たしているので、雪に対する適応性については検討の必要があろう。

## (2) 上田

①立地環境 県東部の寡雨乾燥気候域に属するが、上田市西部の千曲川左岸5kmほどの山腹中部に位置するため、空中湿度は比較的高い可能性もある。

地質は第3系砂岩・泥岩からなり、千曲川とこれに続く沖積地に張り出すような急傾斜山腹を持つ山地である。土壌型は適潤性褐色森林土ではあるが、A層は約5cmと薄く、B層も40~50cmと浅くまたC層は固く締まっている。

②林分の成長状況 林齢45年、林分密度1000~1500本/ha、平均胸高直径約17cm、上層樹高約21mの林分である。昭和12~13年に人工造林された林分だが、天然生アカマツの侵入が激しく、ケヤキ純林の形態を保つ部分は少なくなっている。枝下高が今回調査した他の林分に比べて著しく高いのが特徴的で、幼齢あるいは若齢期に林分密度が高かったためかと思われるが、詳しい施業履歴が無いため原因は明かでない。また幹の曲がりを見ると、全体に幹曲がり木が多く、これは急傾斜に起因するとともに初期成長が不良だったのではないかと思われた。

また樹幹解析の結果を見ると、連年成長量が25年生頃から大きく増加している。これはこの立地が乾燥傾向にあるため成長初期には成長が不良だったが、25年生頃に林分がうっ閉し、土壌水分状況が好転したことで成長も増加し始めたと考えられた。

## (3) 明科

①立地環境 県中部の寡雨寡雪な中央高地型気候域に属し、地質は第3系泥岩からなる。周辺は地形開析の進んだ斜面規模の小さな山地で、過去には小規模の地すべりが多発していた。このため土壌はA層を失い、B層が露出した後に現在の森林下でA-B層が発達しつつある受食土(E<sub>r</sub>-α)となっている。本林分は旧国鉄篠ノ井線に沿い、線路敷上方山腹に鉄道防備林(土砂流出防止林)として、ニセアカシヤ・アカマツ林が造成されていたが、ニセアカシヤが成長に伴い倒伏が頻発し始めたため、更改樹種としてケヤキが樹下植栽されて形成された林分である。ケヤキは幼齢期には弱度の被陰を好むといわれている<sup>(9)</sup>が本調査地での樹幹解析結果からも、被陰に起因するような成長停滞は認められなかった。

②林分の成長状況 林齢約30年、林分密度約2000本/ha、平均胸高直径約15cm、上層樹高約16mの林分で、林分内には被圧によると思われる自然枯損木が発生しており、最多密度に近い林分と判断された。ここでは斜面下部、中部および尾根上の3カ所に調査区を設けたところ、成長は下部で良好で上部ではそれほどでなかった。また斜面中部から尾根となるにしたがい、幹曲がり木が増加していた。なお林内相対照度を測定したところ、6%前後という数値が得られた。

## (4) 日義

①立地環境 県西南部の木曽谷北端部に位置し、気候的には太平洋型気候区に属する。地質は古生界粘板岩で、周辺は山地規模が大きく急峻な山地である。調査林分は斜面傾斜40°ほどの急峻な斜面下部から中部にかけて2.0haほど成立し、ミズナラを亜高木層にもつケヤキ林である。なお特に斜面傾斜が急な部分では、風化の進んだ粘板岩地帯特有の地表侵食が起り、深さ2m、幅4m程度のガリーの発達が随所に認められるが、ケヤキ林分はこの侵食を強く抑制し山腹崩壊を防止していると判断された。

②林分の成長状況 林齢110~140年、林分密度150~125本/ha、平均胸高直径約46cm、上層

樹高約19mの林分である。施業履歴は不明だが、現在の日義村有林となる前は国有林で、人工造林地といわれる。林地内には視認できる伐根もなく、ここ20年前後は間伐は実施されていないと推察され、また林冠が閉鎖し中層木には被圧起因と考えられる衰弱木も認められた。また高齢大径木のためか、急傾斜地にも関わらず、幹曲がり木の出現率は60%程度となっていた。

(5) 伊那

①立地環境 県南部を東西に分ける伊那谷北部の天竜川右岸に位置し、気候的には太平洋側気候に属する。地質は領家帯ホルンフェルスで、調査地の西方は烏帽子山から中央アルプスに連なる大規模山塊となる。調査林分はこれら一連の山塊と、天竜川洪積段丘との境界付近の山脚に造成されたケヤキ林分である。土壌は団粒状構造を伴い、膨軟な砂質壤土からなるA層が30~40cm発達した適潤性褐色森林土壌(BD型土壌)である。

②林分の成長状況 林齢47年、林分密度500~800本/ha、平均胸高直径26~33cm、上層樹高約19mの林分である。植栽は昭和15年に何等かの行事を記念して、地域住民が行った記念植樹によるものであるが、植栽本数、その後の施業管理の経過は不明であった。なお立木配置の不均一性、枝下高が極めて低いこと、また双幹木が多いことから植栽密度が少なかったか、下刈等の初期管理が不良で本数減少を招いた、若齢期からの低密度林分と考えられた。

2. 各種成長因子と心材・辺材について

(1) 胸高直径、樹高と枝下高

①直径 図-2~6に調査地毎の直径分布を示した。

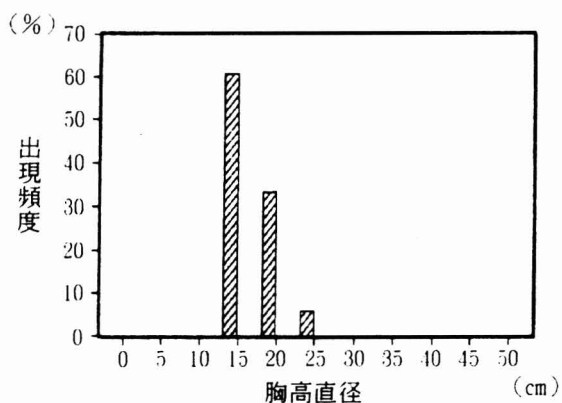


図-2 直径分布(飯山No.1)

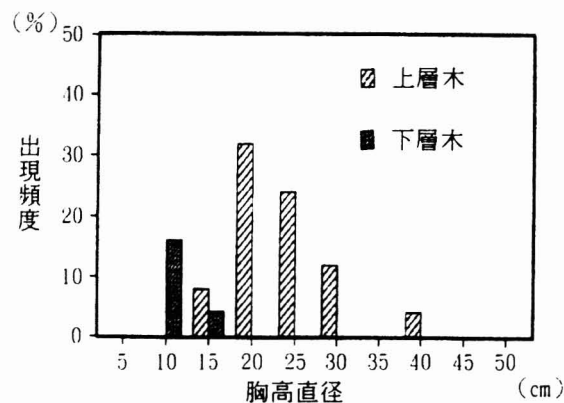


図-3 直径分布(上田No.2)

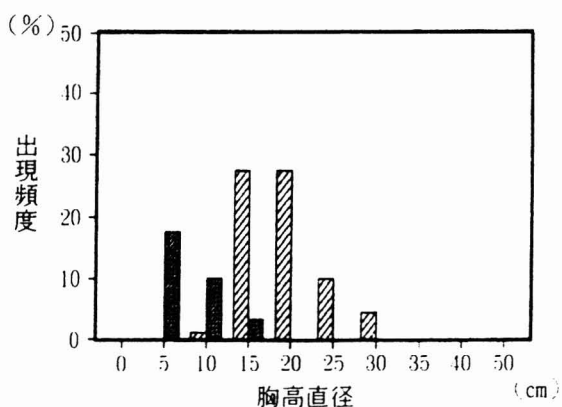


図-4 直径分布(明科No.2)

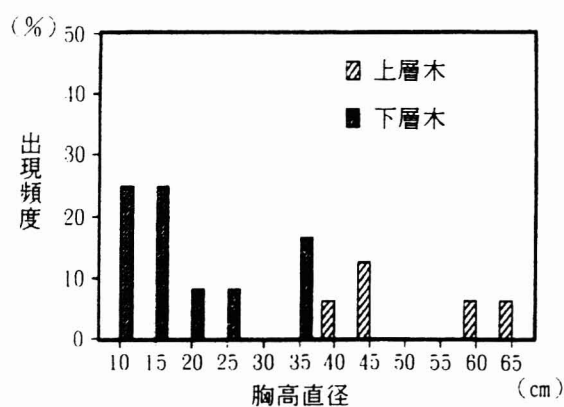


図-5 直径分布(日義No.2)

明科では立木密度が高かったため、多少L字型に近い直径分布が示されたが、ここでは将来残存する上層木の分布を知るため、劣勢な下層と上層を分けたところ、上層木では20cmにピークをもつ正規分布型が示された。飯山及び上田でも正規分布に近い分布が示されたが、飯山は直径の細い個体が欠損している傾向が認められ、これは降積雪による淘汰の影響かと考えられる。

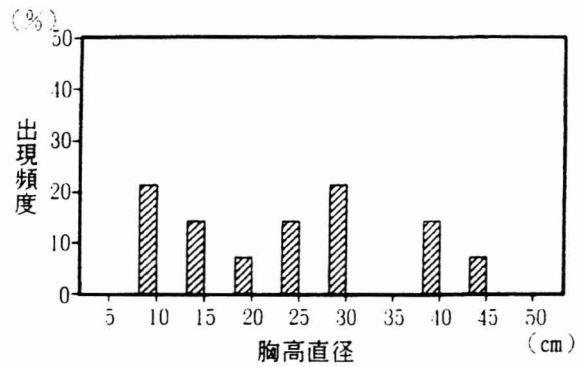


図-6 直径分布(伊那No.1)

日義では特別な分布型を示していないが、これは100年を越えた高齢林分であり、上層木間の競争は、ほとんど存在していないためと考えられる。また伊那でも分布型が不明瞭だが、これは立木密度が低いことに原因があろう。

②樹高 調査地のなかでは明科(No.3-1)の30年生19.0mが最も良好な成長を示している。日義は100年生以上であるが、20mを越えていない。上田の45年生22mが、樹高としては最も高いものとなっている。

③枝下高 林分密度の高低により枝下高が変化する傾向はあるが、おおまかには7~10mといえよう。上田では15m程になっており、ある時期に極めて高密度の成長期があり枝下上昇を招いたとも考えられるが、原因は明かでない。

(2) 幹曲がり木と双幹木

①幹曲がり 立木の幹曲がりの状況を知るため、通直、C字曲がり、S字曲がりの3区分を設定し出現頻度を視認により調査した。全体としては成長が不良なところに幹曲がりの発生が多くなる傾向が認められた。その例として図-7に明科における調査結果を示した。No.1は山脚凹型緩斜面、No.2は山腹中部平衡斜面、No.3は山腹上部凸型斜面であり、通直木はNo.1で約50%出現しているのに対し、No.3では20%以下となっている。またC字曲がりがNo.2、No.3とも約50%出現している原因は、山腹傾斜にあるのではないかと考えられた。また胸高直径と幹曲がり木との関係を求めたところ、図-8に示したように、直径の太い方に通直木が多く、細くなると曲がり木が急増する傾向

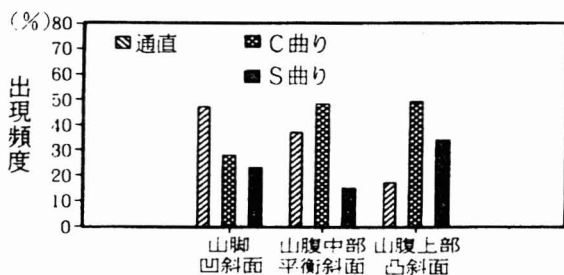


図-7 地形と幹曲り木の出現率

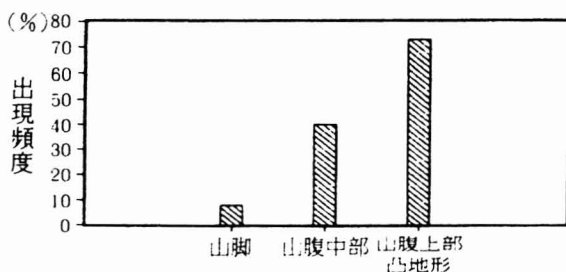


図-9 地形と双幹木の出現率

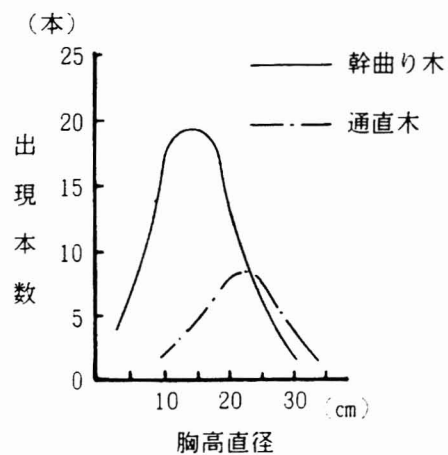


図-8 胸高直径と幹曲りの関係

向が認められた。

②双幹木 立木密度あるいは生産力の低いところに出現率が高い傾向が認められ、これについても明科の調査結果を図-9に示した。これらのことから、双幹木は成長初期の立木密度が低いか、生産力が低く、立木間の競争が生じにくい場合に多発すると考えられた。

(3) 樹冠直径

樹冠直径は単位面積当りの立木密度に伴い変化するものと考えられる。ここでは明科(林齢約30年、林分密度約1500本/ha)で調査した樹冠直径と胸高直径の間の関係を図-10に示した。

(4) 単木の直径と樹高成長

飯山、上田及び明科で、樹幹解析等に供するため林分の平均的立木を伐採し成長解析した結果のうち代表例を図-11に示した。

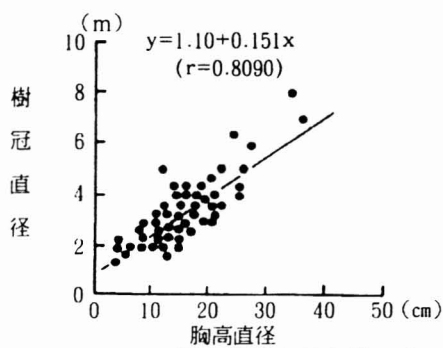


図-10 ケヤキ林の胸高直径と樹冠直径の関係(明科26年生林分)

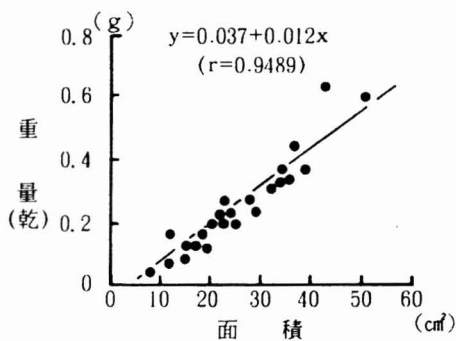


図-12 ケヤキ林の葉面積と葉重量の関係(明科26年生、単葉ごと)

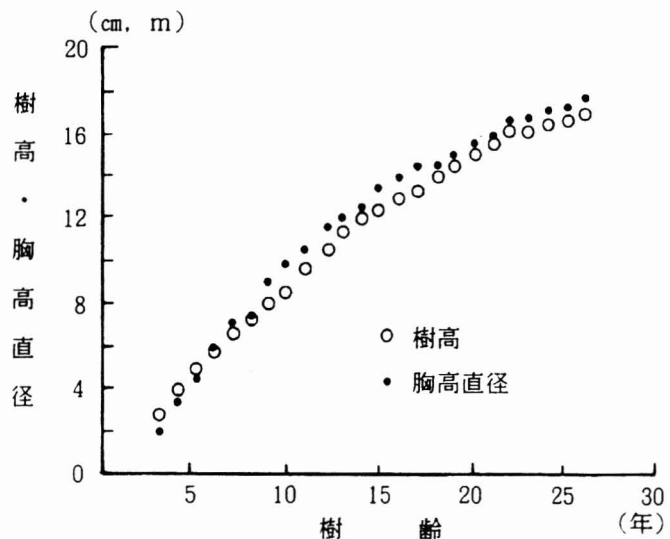


図-11 ケヤキの樹高と直径生長(明科26年生林分)

表-5 樹幹高別の心材率

	標高(m)	胸高直径(cm)	幹高さ(m)								平均	心材高率
			0	2	4	6	8	10	12			
飯山-1	13.7	15.7	65.8	51.3	45.5	37.7	12.7				35.5	62.0
飯山-2	15.3	16.7	72.0	69.3	62.6	55.5	38.3	35.6			55.6	71.9
明科-1	17.2	17.5	55.7	56.7	44.2	40.7	36.4	32.6	23.4		44.4	72.7
明科-2	15.6	16.4	62.6	62.9	56.8	52.6	39.4	17.5			48.6	67.3

注:心材高率とは、樹高に対して心材の認められた最高高さの割合をさす。

表-6 樹幹高別の辺材の厚さ

	標高(m)	胸高直径(cm)	幹高さ(m)								平均
			0	2	4	6	8	10	12		
飯山-1	13.7	15.7	3.8	3.4	3.4	3.6	3.4				3.3
飯山-2	15.3	16.7	2.9	2.2	2.5	2.7	2.9	2.0			2.5
明科-1	17.2	17.5	4.4	3.5	3.9	3.8	3.8	3.6	2.9		4.4
明科-2	15.6	16.4	3.5	2.7	2.7	2.8	3.0	3.1			3.0

(5) 葉面積と重量

樹幹解析のために明科で伐倒した立木から全葉を採取し、現場で秤量するとともに、葉の採取位置及び葉の大きさなどに異常な偏りが生じないように約100枚を採取し葉面積、乾燥重量を測定した。この結果樹高17.2m、胸高直径18.0cmの立木には約12,000枚の葉が着生し、葉の総面積は約26㎡と推定された。またこれは葉面積指数では5.26となった。なお単葉の面積と乾燥重量の間には図-12に示す相関が得られた。

(6) 心材と辺材

①心材 樹幹解析資料から幹の長さ別に心材直径を求め、皮無し直径との間に関係を求めたところ、表-5に示すように幹下部では心材率60%前後で、上部となるに従い減少傾向を示し、平均的には50%前後を示した。また心材がどの程度の高さまで出現するかをみたところ、およそ60~70%という結果が得られた。

②辺材 心材については先に述べたような結果が得られたが、逆に辺材をみると表-6のような結果が得られ、この程度の立木では辺材の厚さは3~4cm程度であり、また立木毎にみると、2~8m高の間はほぼ同じ辺材厚さを持つことが明かとなった。なお図-13の樹幹解析図中に心材の分布を示してある。

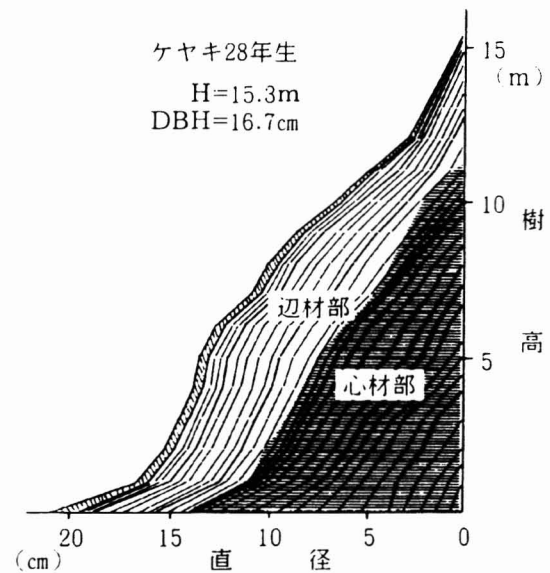
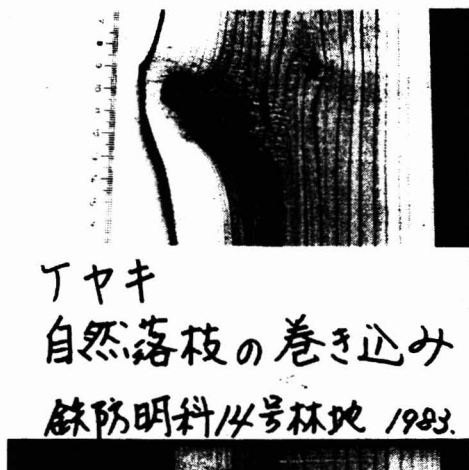


図-13 樹幹解析図(飯山1-2)

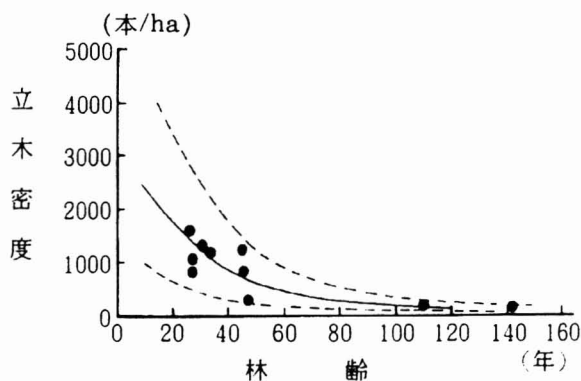


図-14 ケヤキ林の林齢と立木密度の関係

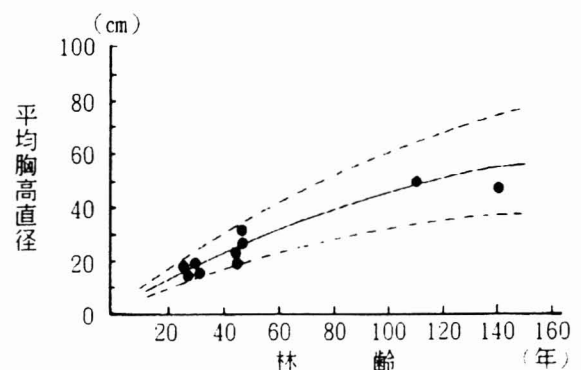


図-15 ケヤキ林の直径生長



