

〈論文〉

## ケヤキの利用材積と材質について

橋詰隼人\*・古川郁夫\*・作野友康\*  
大森裕司\*

On the Utilizing Volume and Wood Quality of  
*Zelkova serrata* MAKINO

Hayato HASHIZUME\*, Ikuo FURUKAWA\*, Tomoyasu SAKUNO\*  
and Hiroshi OMORI\*

### Summary

Investigations were undertaken on the utilizing volume and wood quality of old *Zelkova serrata* trees cut in the Shikoku district and at the Nichihara district, Shimane Prefecture.

The percentage of utilizing volume to estimated standing tree volume in a tree was 120% on an average in the bole and about 20% in the branch, and the total utilizing volume was about 40% greater than the estimated standing tree volume. The percentage of utilizing volume of the branch to the bole was about 20%. The utilizing volume varied markedly according to individual trees. There was a positive correlation between diameter breast height and utilizing volume.

From the bole, although logs of about 2m to 11m in length could be bucked, the 2m logs were most. Likewise, the logs bucked from the branch were mostly the 2m logs in length.

Two types of growth, namely, the early growth and the late growth, were seen on the growth of diameter. The Ishigeyaki type was the early growth type. It grows fast in the early stage of growth.

Ishigeyaki was superior in compressive strength and wood hardness than Hongeyaki (ordinary type). Natural trees grown at Nichihara district, Shimane Prefecture produced wood of very good quality.

### I 緒 言

ケヤキは材質良好で、建築材・家具材・器具材など用途が広く、広葉樹の中で最も高価に取り引きされている。最近ケヤキに対する関心が高く、人工造林も行われるようになったが、ケヤキの材質は産地あるいは個体によってかなり差があるといわれており、良質材を生産するためには材質特性、特

---

\* 鳥取大学農学部林学科 : *Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Tottori University*

本研究は昭和60年度文部省科学研究費補助金(特定研究No.60129042, 森林の生態系維持と森林資源の高度な有効利用に関する研究)による研究である。

に産地、品種あるいは個体による材質の違いを明らかにすることが重要であると考え。大阪営林局、日原営材署はケヤキの大径優良材の産地であるが、ケヤキ天然木は残り少なくなり、貴重なものになっている。この度林道障害木として数10本伐採されたので、造材歩留りを調査し、更に円板を入手して材質を調べた。



写真1 日原営林署奥山東国有林のケヤキ天然木  
林齢150～250年，昭和60年4月伐採。A～B：天然木の成立状況，C～E：伐採の状況。天然木は枝下  
高が高く，良質材が多いが，腐朽が入って樹心が空洞になったものもある。

関西地方ではケヤキをホンゲヤキとイシゲヤキに区別し、前者は木目が細やかで材質良好なもの、後者は木目が荒く、材質不良なものとしている。高知営林局を通じて入手した四国産のケヤキ材の中にイシゲヤキと業者が称しているものがあり、ホンゲヤキとどこが違うか材質を比較した。

本研究に際し、前高知営林局利用課長近沢正氏、大阪営林局日原営林署次長鈴木博司氏及び同前経営課長大石武幸氏に円板の採取及び調査についてご協力をえた。これらの各位に対し厚くお礼申し上げます。

## II 材 料 と 方 法

### 1. 伐倒丸太の調査

大阪営林局日原営林署奥山東国有林5林班ろ小班で昭和60年4月に伐採された19本について胸高直径、樹高、枝下高、樹齢を測定し、立木幹材積、利用材積及び利用材積率を計算した。立木幹材積は材積表によった。利用材積は実際に利用した材について幹材部と枝条部に分け、元口及び末口直径と材長を測定して求めた。利用材積率は立木幹材積に対する利用材積の割合を、また枝条利用率は幹材部利用材積に対する枝条部利用材積の割合をそれぞれ計算して求めた。

### 2. 材質の調査

高知営林局利用課を通じて入手した四国産ケヤキ材と日原営林署産のケヤキ材を用いて材質の調査を行った。供試材料の採集場所、採集部位等詳細は別報<sup>1,2)</sup>のとおりである。供試円板は19本であるが、この中にイシゲヤキが3本含まれている。

各円板は室内で3か月間十分に乾燥させた後、図1に示すような寸法及び形状の圧縮試験片及び硬さ試験片を作製した。

材質試験の項目は、平均年輪幅、気乾比重、圧縮強度及び材の硬さである。

平均年輪幅：各円板について、木口面の2方向について5年輪毎に年輪幅を測定した。

気乾比重：測定には圧縮強度試験片を用い、次式によって算出した。気乾比重 =  $W/V$   $W$ ：試験片の重量 (g)、 $V$ ：試験片の体積 (cm<sup>3</sup>)。気乾比重は10年輪毎に4か所測定し、その平均をその年輪における気乾比重とした。

縦圧縮試験：試験片は、横断面正方形の直六面体で、荷重方向が繊維方向に平行になるようにとった。辺長10mm、高さ20mmである(図1)。供試試験片の寸法はJIS規格よりも多少小さいが、辺長と高さの比率が2であり、問題はないと思う。試験片は、割れや腐朽部分を避けて健全部より10年輪毎に4個ずつ採取した。縦圧縮試験は島津オートグラフ AG-5000を用い、テスト・スピード 3 mm/minで行った。

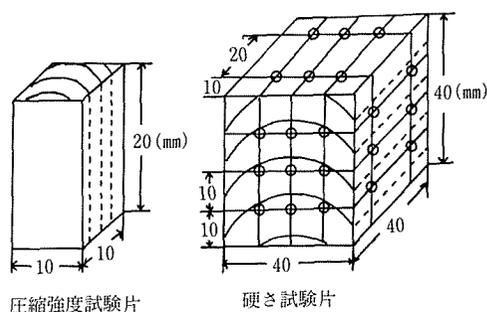


図1 試験片の寸法及び形状  
○印は鋼球圧入位置

硬さ試験：試験片は、一辺40mmの六面体とし、圧縮試験片を作製後残った円板部分より採取した(図1)。硬さ試験は鋼球を木材面に圧入して荷重と凹みとから硬さ度を決定する押付け硬さについて行い、JIS Z 2117-63に規定されている Brinell 硬さを試験した。試験は木口面、板目面、柃目面のすべてについて行い、鋼球圧入数は木口面で9か所、板目面、柃目面で6か所とした。鋼球圧入位置はJIS規定に準拠し、図1の○印で示したか所とした。硬さ試験は島津オートグラフ AG-5000を用い、平均圧入速度0.5mm/minで試験した。Brinell 硬さ (H<sub>B</sub>) は次式によって求めた。

$$\frac{2P}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

表1 ケヤキ伐倒木の測定結果

伐倒木 No.	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	年 齢 (年)	立木 <sup>1)</sup> 幹材積 (m <sup>3</sup> )	利用材積 (m <sup>3</sup> ) <sup>2)</sup>			利用材積率 (%) <sup>3)</sup>			枝条利 用率 <sup>4)</sup> B/A ×100 (%)
						幹材部 (A)	枝条部 (B)	計	幹材部	枝条部	全体	
1	80	28	11.6	187	5.00	6.891	2.214	9.105	137.8	44.3	182.1	32.1
2	54	29	7.2	168	2.61	2.533	0.150	2.683	97.1	5.7	102.8	5.9
3	100	30	4.6	216	7.99	7.527	4.420	11.947	94.2	55.3	149.5	58.7
4	58	28	12.5	198	2.84	4.521	0.309	4.830	159.2	10.9	170.1	6.8
5	118	33	8.8	255	11.89	13.531	6.862	20.393	114.3	57.9	172.2	50.7
6	66	30	12.5	194	3.86	4.835	0.681	5.516	125.3	17.6	142.9	14.1
7	56	35	8.0	193	3.44	5.397	0	5.397	156.9	0	156.9	0
8	50	33	10.5	193	2.64	3.732	0	3.732	141.4	0	141.4	0
9	40	25	9.0	165	1.30	1.188	0.543	1.731	91.4	41.8	133.2	45.7
10	64	28	8.7	190	3.38	4.716	1.315	6.031	139.5	38.9	178.4	27.9
11	34	24	12.2	165	0.94	1.036	0.069	1.105	110.2	7.3	117.5	6.7
12	56	28	10.0	217	2.67	2.911	0.155	3.066	109.0	5.8	114.8	5.3
13	58	29	9.6	203	2.96	3.409	0.194	3.603	115.2	6.5	121.7	5.7
14	82	30	6.3	235	5.64	6.869	1.061	7.930	121.8	18.8	140.6	15.4
15	66	28	11.2	245	3.57	4.533	0.900	5.433	127.0	25.2	152.2	19.9
16	70	30	6.2	250	4.27	4.258	1.731	5.989	99.7	40.5	140.2	40.7
17	62	30	12.4	239	3.46	4.447	0.440	4.887	128.5	12.7	141.2	9.9
18	50	28	13.9	225	2.19	3.077	0.100	3.177	140.5	4.6	145.1	3.2
19	70	30	7.3	225	4.27	3.523	0.846	4.369	82.5	19.8	102.3	24.0
平均	64.9	29.3	9.6	208.4	3.94	4.681	1.157	5.838	120.6	21.8	142.4	20.6

- 備考 1) 立木幹材積は材積表による幹材積である。  
 2) 利用材積は実測値である。  
 3) 利用材積率は立木幹材積に対する利用材積の割合である。  
 4) 枝条利用率は幹材部利用材積に対する枝条部利用材積の割合である。

P：荷重(kg)，D：鋼球の直径(mm)，h：圧入深さ(mm)，JIS規格ではD=10mm，h=1/π≒0.32mmと定められている。したがって、(1)式は次のようになる。

$$H_B = \frac{P}{10} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Brinell 硬さは上式によって求めた。

### III 結果と考察

#### 1. ケヤキ伐倒木の大きさ及び利用材積

伐倒木19本の測定結果を表1に示した。伐倒木は、胸高直径34~118cm, 平均65cm, 樹高24~35m, 平均29m, 枝下高4.6~13.9m, 平均9.6m, 樹齢165~255年, 平均208年であった。立木幹材積は0.94~11.89m<sup>3</sup>, 平均3.94m<sup>3</sup>であった。採材丸太について利用材積を計算すると, 幹材部で1.00~13.53m<sup>3</sup>, 平均4.68m<sup>3</sup>, 枝条部で0~6.87m<sup>3</sup>, 平均1.16m<sup>3</sup>であった。幹材部, 枝条部の合計材積は平均5.84m<sup>3</sup>であったが, No.5のように20m<sup>3</sup>の利用材積のものもあった。次に立木幹材積に対する利用材積の割合を計算してみると, 幹材部の利用材積率は83~159%, 平均121%, 枝条部の利用材積率は0~58%, 平均22%, 全体の利用材積率は平均142%であった。幹材部利用材積に対する枝条部利用材積の割合を枝条利用率とすると, 枝条利用率は0~59%, 平均21%であった。

利用材積, 利用材積率及び枝条利用率は個体によって著しく差があった。これは幹の通直性, 枝の発達や分岐の仕方, また材の腐朽の仕方などが個体によって著しく異なるからである。奥山東国有林のケヤキ天然林は比較的密生しており, 枝下高は割合高かった。しかし, 枝張りの状況は個体によって著しく異なり, 枝条部利用材積率及び枝条利用率は個体差が大きかった。

次に胸高直径と利用材積, 利用材積率及び枝条利用率との関係について調べた(図2~図5)。胸高直径と利用材積との間には高い相関関係が認められた。しかし, 利用材積率との間には枝条部で相関関係が認められたが, 幹材部では相関関係が認められなかった。これは胸高直径が大きくなるにしたがって枝条利用率が増加するので, その影響によるものと思われる。また老齢木では根元部に腐朽が入っているものもあり, 直径が大きくても利用率が低下することがある。

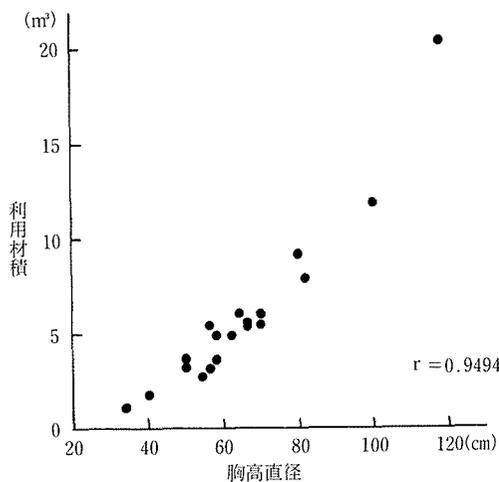


図2 胸高直径と利用材積との関係

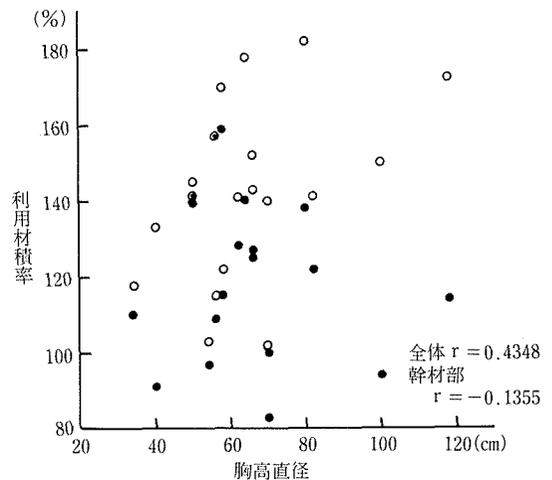


図3 胸高直径と利用材積率との関係  
○全体, ●幹材部

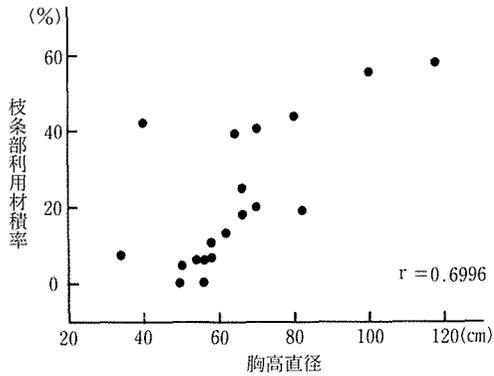


図4 胸高直径と枝条部利用材積率との関係

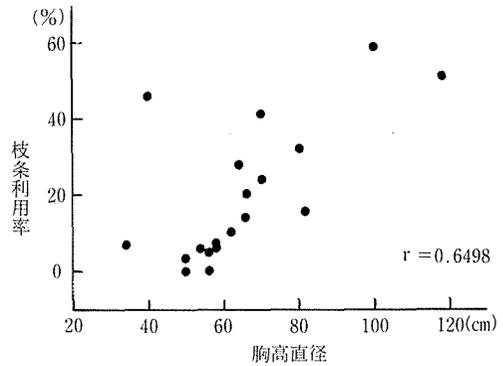


図5 胸高直径と枝条利用率との関係

## 2. 造材丸太の形質

ケヤキなど広葉樹の天然木は枝打ちなどの手入れが行われていないので枝下高は一般にそれほど高くない。またケヤキの老齢木は枝の発達がよく、太い枝が着生していることが多い。どのような形質の材がとれたか、造材丸太について材長と末口径を調査した(表2, 表3)。造材丸太の長さは幹材部で2mのものから最大11mのものまでであった。しかし、2m材が最も多く、全体の48%を占めていた。枝条部では1m材から10m材までであったが、2m材が最も多く、全体の90%を占めていた。ケヤキは枝の発達が良いので長大材はなかなか取れない。しかし、4m以上の長大材が約半数あり、日原営林

表2 造材丸太の材長

丸太の長さ (m)	幹材部		枝条部	
	本数	%	本数	%
1	0	0	1	0.5
2	61	48.0	190	90.5
3	5	3.9	5	2.4
4	16	12.6	7	3.3
5	16	12.6	3	1.4
6	15	11.8	2	1.0
7	8	6.3	0	0
8	2	1.6	1	0.5
9	2	1.6	0	0
10	1	0.8	1	0.5
11	1	0.8	0	0
計	127	100	210	100

表3 造材丸太の末口径

丸太の末口径 (cm)	幹材部		枝条部	
	本数	%	本数	%
8~10	9	7.1	35	16.7
11~20	42	33.1	132	62.9
21~30	26	20.5	29	13.8
31~40	18	14.2	8	3.8
41~50	15	11.8	4	1.9
51~60	9	7.1	1	0.5
61~70	4	3.1	1	0.5
71~80	3	2.4		
81~90	0	0		
91~100	1	0.8		
計	127	100	210	100

署産のケヤキは良質材といえよう。1本の木から幹材部では5～10本、枝条部では3～37本採材している。造林丸太の末口径は、幹材部では11～30cmのものが最も多く、約半数を占めていた。末口径50cm以上のものは13%程度であった。枝条部では末口径11～20cmのものが最も多かった。

### 3. ケヤキの材質

#### (1) 平均年輪幅、気乾比重及び圧縮強度の水平変動

平均年輪幅の水平変動を図6に示した。四国産及び日原産のケヤキの肥大生長は前報<sup>1,2)</sup>でくわしく説明したのでここでは簡単に述べる。四国産ケヤキでイシゲヤキと称されるものは初期の肥大成長がおう盛で、最盛期には年輪幅が5～6mmに達している。これに対し、ホンゲヤキと称されるものは最初から緩慢に肥大生長を続け、年輪幅は150～200年生頃まで1～2mmで推移している。イシゲヤキ型は早生型、ホンゲヤキ型は晩生型の生長であるが、イシゲヤキの供試円板の年齢が60年前後であったので、老齢期にどのような生長経過をたどるか明らかでない。日原産のケヤキは生長が比較的良好で、四国産のイシゲヤキとホンゲヤキの中間の生長であったが、中に1本初期生長がおう盛でイシゲヤキ型の肥大生長を示すものがあった。

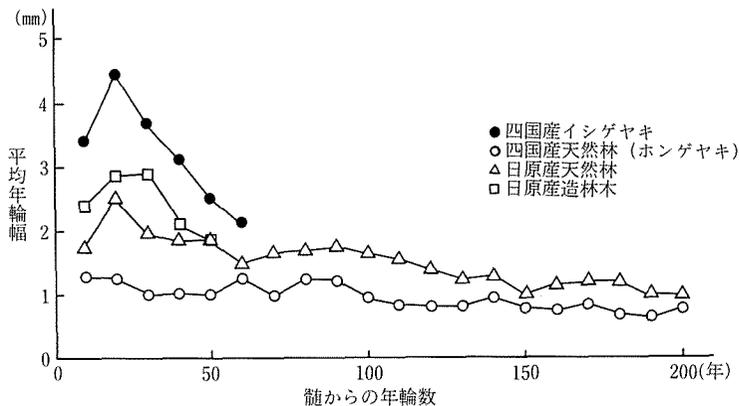


図6 平均年輪幅の水平変動

次に気乾比重の水平変動について調べた(図7)。測定は髓から外側へ50年輪までとした。気乾比重は、四国産、日原産いずれも髓から樹皮に向って減少する傾向がみられた。四国産のイシゲヤキとホンゲヤキ(天然木)を比較すると、イシゲヤキの方が若干比重は高かったが、日原産の天然木と比較すると必ずして高くなく、気乾比重によりイシゲヤキとホンゲヤキを特徴づけることは困難であった。日原産の天然ケヤキは比重が大きく、気乾比重は平均0.71であった。

圧縮強度の水平変動を図8に示した。圧縮強度は髓付近でやや低く、髓から外側へ向って高くなり、20～30年輪で最高になり、それ以後減少する傾向がみられた。四国産のケヤキについてみると、イシゲヤキはホンゲヤキに比べて髓から30年輪ぐらいまでは強度が著しく高く、両者の差は100kg/cm<sup>2</sup>ぐら

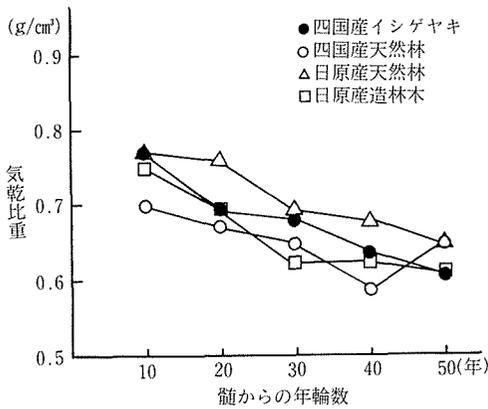


図7 気乾比重の水平変動

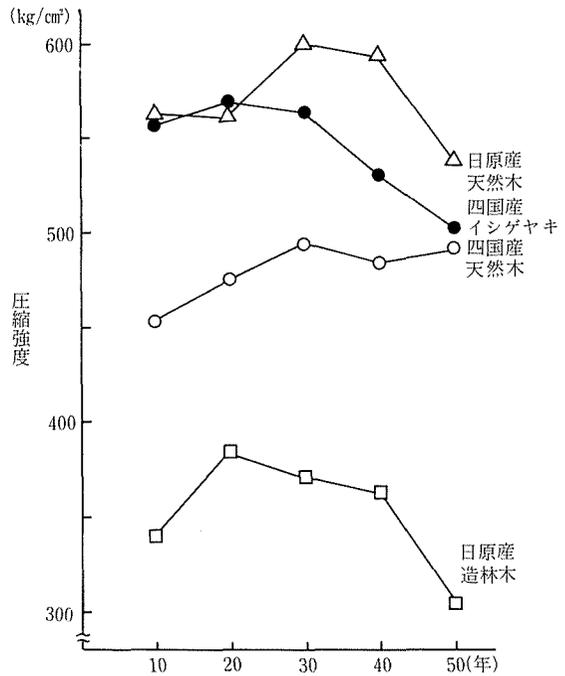


図8 圧縮強度の水平変動

いあった。しかし、50年輪になると両者の差はなくなる。日原産のケヤキ天然木は四国産イシゲヤキよりも更に強度が高く、30～40年輪には平均600kg/cm<sup>2</sup>の圧縮強度を示した。日原産の造林木は天然木に比べて圧縮強度が著しく劣ったが、これは伐出後

の処置が悪く、材に腐れが入ったためではないかと思われる。造林木の強度が天然木に比べて劣るかどうかはもう少し研究してみないとわからない。四国産イシゲヤキは四国産ホンゲヤキよりも圧縮強度は高いけれども日原産天然木（ホンゲヤキ）に比べるとあまり差がなく、イシゲヤキが特に圧縮強度が高いとはいえない。

(2) 材の硬さ

硬さ試験の結果を図9、表4に示した。ブリネル硬さの値は木口面で最も高く、板目面、柾目面の順に小さくなる傾向がみられた。イシゲヤキは四国産のホンゲヤキに比べて木口、板目、柾目の3断面すべてにおいて硬さが高く、20%以上の差がみられたが、日原産天然木に比べると両者の差は小さかった。しかし、イシゲヤキは本試験に用いた材の中では最も硬く、また既往の報告(表4)<sup>3)</sup>と比較してもイシゲヤキは明らかに材が硬いということがいえる。しかし、イシゲヤキの材の硬さが何に

表4 ケヤキ材の硬さ試験—ブリネル硬さ

断面	報告値 (kg/mm <sup>2</sup> )			四国産イシゲヤキ (kg/mm <sup>2</sup> )			四国産ホンゲヤキ (kg/mm <sup>2</sup> )			日原産ホンゲヤキ (kg/mm <sup>2</sup> )		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
木口	3.0	4.5	6.0	5.7	6.5	7.7	4.4	5.2	6.2	5.8	6.1	6.7
板目	1.4	2.0	2.5	2.3	3.2	4.9	1.7	1.8	3.1	1.7	2.4	3.1
柾目	1.3	1.8	2.0	2.1	2.5	3.7	1.4	1.6	2.4	1.7	2.3	2.9

よるか明らかでない。

(3) 平均年輪幅と圧縮強度の関係

実験の結果を図10, 11に示した。プロットした値は髄からの年輪数50年以内とした。四国産ケヤキについてみると、平均年輪幅と圧縮強度との間には正の相関関係がみられた。イシゲヤキはホンゲヤキに比べて年輪幅が広く、圧縮強度の高い部分に多く分布している。日原産天然木では、測定値のバラツキが大きく、平均年輪幅と圧縮強度の相関関係はやや低い、平均年輪幅が増加するにしたがって圧縮強度が高くなる傾向はみられる。日原産天然木の圧縮強度は450~680kg/cm<sup>2</sup>の間にあり、前に述べたとおり四国産イシゲヤキと大きな差はなかった。

以上四国産と島根県日原産のケヤキについて材質を比較した。関西地方ではケヤキを材質によってホンゲヤキとイシゲヤキに区別している。ホンゲヤキは心材が赤褐色で、木目は細やかで材質良好なもの、いわゆるアカゲヤキである。イシゲヤキは木目が荒く、年輪が不揃いで、材は硬く、製材すると狂いが激しく、材色もよくないもので、いわゆるアオゲヤキあるいはツキに相当するものと思われる。ケヤキは材質によって価格に大きな差があるので、材質の良否は造林上重大な問題である。

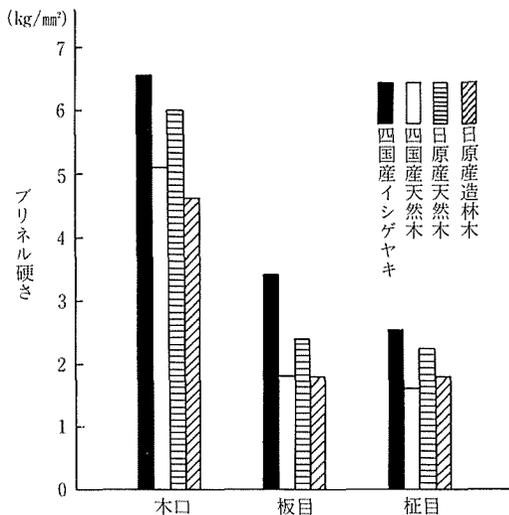


図9 3断面におけるブリネル硬さ

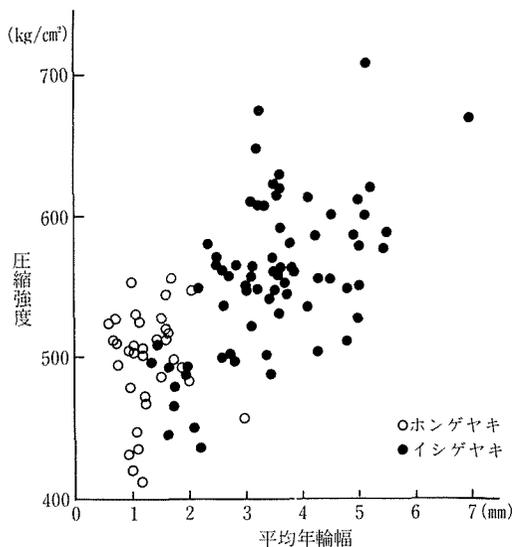


図10 四国産ケヤキ材における平均年輪幅と圧縮強度の関係

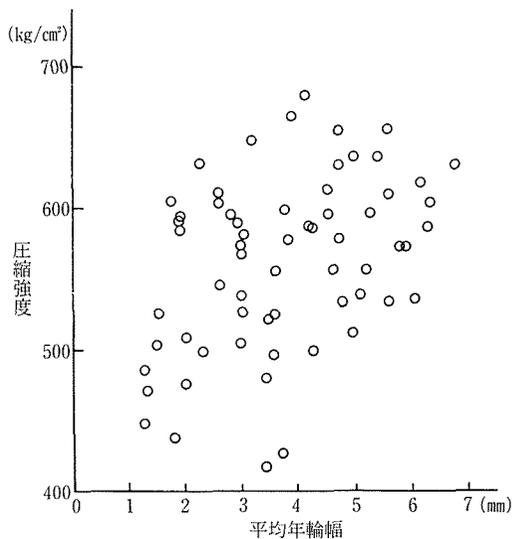


図11 日原産ケヤキ材(天然木)における平均年輪幅と圧縮強度の関係

本研究の結果によると、イシゲヤキの特徴として、①幼齡期の生長がおう盛である、②材の圧縮強度が大きい、③材が硬い、などのことがわかった。しかし、これらの特徴は同じ産地内で比較するとはっきり出るが、産地が異なると必ずしも明らかでなく、四国産のイシゲヤキと日原産の天然ケヤキ

とを比較すると、材の圧縮強度には差がみられない。日原産の天然ケヤキはアカゲヤキで高価に取り引きされているが、材の比重と強度は四国産イシゲヤキと同程度である。しかし、材の硬さはイシゲヤキよりも軟らかく、材質はたいへん良好であることがわかった（表4、5）。

ホンゲヤキとイシゲヤキの生長及び材質の違いが立地条件の差によるものか、遺伝的素質の違いによるものか明らかでない。ケヤキの生育適地は砂礫質の崩積土で、土壌層が深い肥沃な谷間である。イシゲヤキは幼齡期の生長が特におう盛で、また材が硬いことが大きな特徴である。材の硬さの原因ははっきりしないが、岩石地や岩の上に生えたものにイシゲヤキが多いとか、またケヤキは石灰質土壌を特に好んで生育するともいわれており、<sup>9)</sup> 水に溶けた土壌中の鉍物性元素（例えばカルシウムやケイ酸）が細胞壁に沈積して硬度を増している可能性がある。細胞壁の構造及び立地条件（土壌や岩石）と材質との関係について更にくわしく研究する必要がある。良質材を生産するためにはこれらの基本的な問題の解明が重要である。

表5 ケヤキ材の気乾比重と圧縮強度

供試材料	気乾比重 (g/cm <sup>3</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大
四国産イシゲヤキ	0.69	0.59	0.84	552	437	707
四国産ホンゲヤキ	0.66	0.55	0.79	482	412	557
日原産ホンゲヤキ	0.71	0.66	0.79	574	450	681

#### IV 総 括

大阪営林局日原営林署（島根県鹿足郡日原町）管内で伐採したケヤキの老齡天然木について利用材積を調べた。また高知営林局を通じて入手した四国産のケヤキ及び日原営林署産のケヤキ材について材質を調査した。四国産のケヤキには通称イシゲヤキが含まれており、イシゲヤキとホンゲヤキの材質の比較も行った。本研究の結果は次のとおりである。

1. 伐倒木の立木幹材積に対する利用材積の割合は、幹材部で平均120%、枝条部で約20%、合計約140%で、約40%立木幹材積表よりも多かった。幹材部利用材積に対する枝条部利用材積の割合(枝条利用率)は約20%であった。利用材積及び枝条利用率は個体によって著しく差があった。胸高直径と利用材積との間に相関関係が認められた。

2. 造林丸太の長さは、幹材部では2mから最大11mまで採材できたが、2m材が最も多かった。しかし、4m以上の長大材が全体の約半数あった。枝条材は大部分が2m材であった。幹材丸太の末口径は11~30cmのものが最も多く、50cm以上のものは13%にすぎなかった。

3. 材の肥大生長に二つのタイプがみられた。イシゲヤキ型は早生型で、幼齡期の肥大生長がおう盛であった。ホンゲヤキ型は晩生型で、肥大生長は緩慢であった。

4. イシゲヤキ型の材は幼齡期の年輪幅が広く、圧縮強度が大で、材は著しく硬かった。しかし、

比重や圧縮強度でイシゲヤキとホンゲヤキを区別することは困難であった。

5. 島根県日原産の天然ケヤキはアカゲヤキで、比重が高く、強度が強く、材の硬さは中程度で、材質は良好であった。

## 文 献

- 1) 橋詰隼人：ケヤキ天然木の生長とケヤキ林の施業について．日林関西支講，**36**，165～168 (1985)
- 2) 橋詰隼人：ケヤキの天然木及び造林木の生長とケヤキ林の施業について．広葉樹研究，**4**，39～47 (1987)
- 3) 木材工業編集委員会：日本産主要木材．日本木材加工技術協会 (1960) pp. 60～70
- 4) 大日本山林会：広葉樹林とその施業．地球社 (1981) p. 192