

## 〈資 料〉

## 28年生ケヤキ人工林の林分構造と形質

米田吉宏

Stand Structure and Some Characteristics of a 28 year-old *Zelkova serrata* Forest

Yoshihiro YONEDA

28年生ケヤキ人工林で林分調査を行った。林分構造を明らかにするために、樹高、枝下高および胸高直径を測定し、立木位置図を作成した。用材としての形質を評価するために、樹形、後生枝、樹幹形状、樹幹傾斜角度、樹冠傾斜角度および樹冠偏倚方位を調査した。調査区内の立木密度は2732本/ha、胸高断面積合計は46.4m<sup>2</sup>/ha、平均樹高は12.3m、平均枝下高は5.8m、平均胸高直径は13.6cmであった。林分の階層構造は樹高14mを境にして、競争による淘汰が進む下層と林冠を形成する上層とに2分できた。用材に適した形質をもつ個体の本数割合は、枝下高が高く樹形のよいものが67%、後生枝の発生が少ないものが84%、樹幹が通直なものが56%であった。樹幹傾斜角度と樹冠傾斜角度とは相関が高かった。樹冠は斜面下部方向に偏倚したものが51%、ギャップに向けて偏倚したものが18%みられた。用材林としての価値を高めるには、上層間伐を行い、肥大成長の促進および優良形質個体の混成割合を高めることが重要であると考えられた。

## 1. はじめに

ケヤキ (*Zelkova serrata* Makino) は最も材価の高い広葉樹の一つであり、耐陰性や耐酸性が強く、土壌保持力が高いという性質を持っている<sup>1)</sup>。このように経済的機能と公益的機能の両面に優れていることから、広葉樹人工造林時の植栽樹種としてケヤキが用いられることが多い。

奈良県においても針葉樹人工林伐採跡地や台風被害跡地に広葉樹、特にケヤキの植栽を希望する森林所有者が増加している。しかし、奈良県にはケヤキ人工造林に関する調査例はほとんどなく、立地条件と成長量などの基礎的な情報も不足している。そこで、ケヤキ人工造林の資料とするために、1994年秋に28年生ケヤキ人工林で調査を行った。林分構造を明らかにし、今後の施業方針を考察したほか、樹形、後生枝、樹幹形状などを指標にして用材としての形質を評価した。

## 2. 調査地

奈良県吉野郡大淀町馬佐にある北村林業株式会社所有のケヤキ人工林で調査を行った。この林分はスギ苗畑跡に5000本/haの密度でケヤキが植栽されて成立したものである。1967年春に植栽された後、年1回の下刈りが2~3年実施されたが、以降は手が加えられていない。

調査林分の標高は200m、斜面方位はE24S、傾斜角度は18度である。林分の斜面上方は樹高2m以下のケヤキ幼齢林で大きく疎開しているが、他の3方は5m程度の距離をおいて樹高10~20mのスギ人工林に取り囲まれている。林床はチャノキ、ヤブニッケイ、ナンテン、ヒイラギ、アオキ、シロダモ、ヤマザクラ等の木本植物とシダ類、ササ類で全面が被われている。土壌は、A層(深さ0~10cm)、B<sub>1</sub>層(同10~30cm)、B<sub>2</sub>層(同30cm~)の3層に区分され、A層は団粒状構造が発達し、各層とも石れきを多く含んでいる。土壌のpHは、A層がpH5.6、B<sub>1</sub>層とB<sub>2</sub>層はともにpH5.5である。

## 3. 調査方法

植栽から28年経過した1994年秋に、対象林分のほぼ全面が入るように432m<sup>2</sup>の調査区を設定し、植栽されたケヤキを対象に毎木調査を行った。林分構造を明らかにするために、樹高、枝下高および胸高直径を測定し、立木位置図を作成した。用材としての形質を評価するために、樹形、後生枝および樹幹形状を調査した。また、樹幹傾斜角度、樹冠傾斜角度、樹冠偏倚方位を測定した。樹冠傾斜角度および樹冠偏倚方位は、根元からみた樹冠偏倚の程度と方位を示し、樹幹傾斜に影響する要因として測定したものである。

樹高および枝下高の測定には、測桿あるいはシュピー

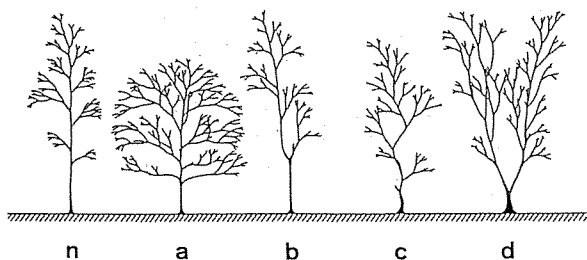


図1 河田による樹冠層区分

- n : 単幹で通直、枝張りが過大でなく、法正な樹形のもの
- a : 単幹であるが、枝張りが過大で、半球形の樹冠をもつもの
- b : 主幹が折損したため、枝が幹に変わりつつあるもの(枝下高5 m以上のものもこの区分に含めた)
- c : 主幹の屈曲がはなはだしいもの
- d : 主幹が2つ以上に分枝しているもの

ゲルレラスコープを使用した。胸高直径は、直径巻尺を用いて測定した。

樹形は、河田<sup>9)</sup>による樹冠層区分を参考にn、a、b、c、dの5段階に区分した(図1)。河田の区分では、主幹が折損して枝が幹に変わりつつあるものをbとしているが、本調査では枝下高が5 m以上あり、用材としての利用が見込めるものもbに含めた。後生枝は、後生枝の発生量や形状からA、B、C、Dの4段階に区分した(図2)。Bは細い後生枝が多数発生しているが材の形質に影響を及ぼす可能性が低いものである。樹幹形状は、曲がりの程度によってT、C、Sの3段階に区分した(図3)。本報告では用材に適した形質を、樹形nとb、後生枝AとB、樹幹形状Tとして考察する。

樹幹傾斜角度は地上高5 mまでの樹幹の傾きとし、水平面からの角度をスラントを用いて測定した(図4)。

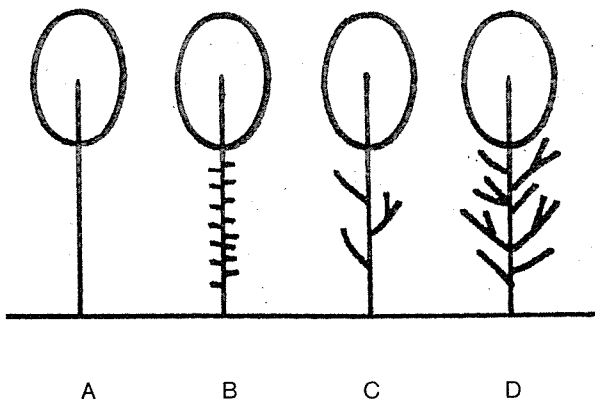


図2 後生枝発生状況の区分

- A : 後生枝が発生していないもの
- B : 細い後生枝が多数発生しているもの
- C : 発達しつつある後生枝が数本発生しているもの
- D : 樹幹全体に太い後生枝が発生しているもの

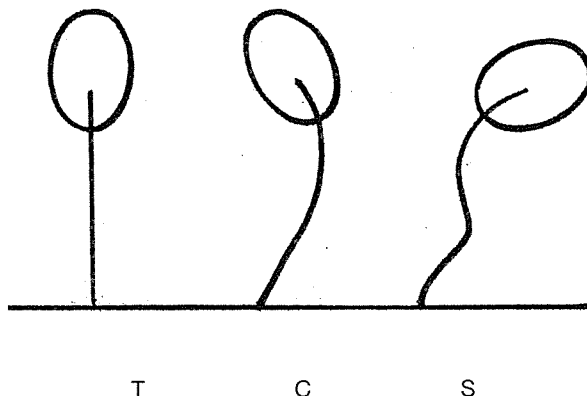


図3 曲がりの程度による樹幹形状区分

- T : 樹幹が通直なもの
- C : 樹幹が一方に緩やかに曲がっているもの
- S : 樹幹がS字状にひどく曲がっているもの

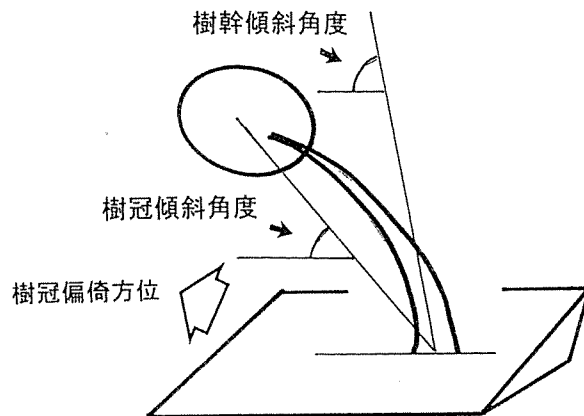


図4 樹幹傾斜角度、樹冠傾斜角度および樹冠偏倚方位の測定

樹冠傾斜角度は、根元から樹冠中心部へ向けて測桿を立て、水平面と測桿との角度をスラントを用いて測定した(図4)。樹冠偏倚方位は、根元から樹冠中心部へ方向を立木位置図上に矢印で記録し(図4)、机上で8方位に区分した。

## 4. 結果

### 4.1 林分構造

調査区内(432m<sup>2</sup>)には118本の生存木と13本の立枯木が存在していた。生存木の立木密度は、2732本/ha、胸高断面積合計は46.4m<sup>2</sup>/haである。林分平均樹高は12.3 m、平均枝下高は5.8m、平均胸高直径は13.6cmであり、各測定項目の最大値と最小値には大きな差がみられた(表1)。

樹高の頻度分布を図5に示した。樹高14~16mが22%で最も頻度が高かった。立枯木は樹高4~14mの範囲に存在した。

表1 各項目の測定結果

	樹高 (m)	枝下高 (m)	胸高直径 (cm)	樹幹傾斜角度 (度)	樹冠傾斜角度 (度)
本数	118	118	118	117	117
最大値	20.1	11.0	34.0	89	90
最小値	3.6	0.8	3.0	62	58
平均値	12.3±3.8	5.8±2.5	13.6±5.7	78.0±3.8	77.0±6.9

平均値の欄は平均値±標準偏差で示した

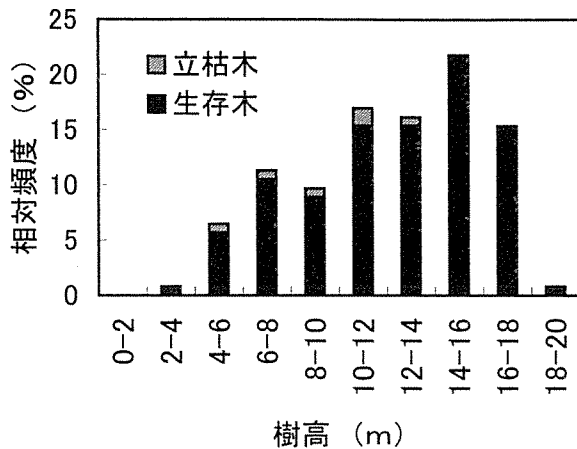


図5 樹高の相対頻度分布

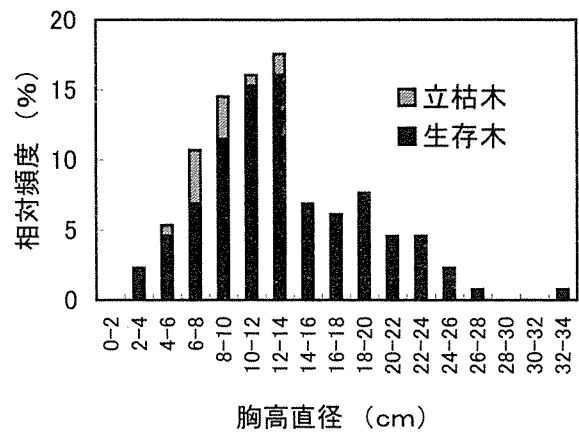


図7 胸高直径の相対頻度分布

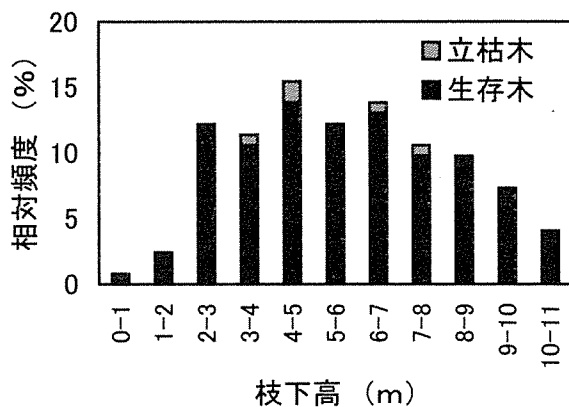


図6 枝下高の相対頻度分布

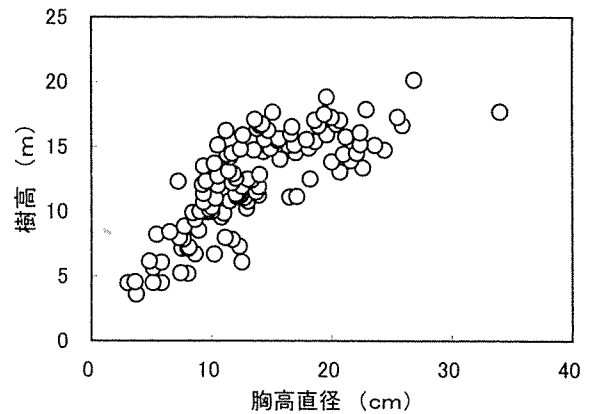


図8 胸高直径と樹高との関係

枝下高の頻度分布を図6に示した。枝下高の分布はばらつきが大きく、枝下高4～5mが15%で最も頻度が高かった。立枯木は枝下高3～8mの範囲に存在した。

胸高直径の頻度分布を図7に示した。胸高直径12～14cmが18%で最も頻度が高かった。胸高直径14cm未満では、胸高直径が増加するほど頻度も高くなったが、直径14cm以上では頻度は著しく減少した。立枯木は胸高直径4～14cmの範囲にあり、6～10cmで頻度が高かった。

胸高直径と樹高との関係を図8に示した。胸高直径が大きくなるほど樹高も高くなる傾向がみられたが、胸高直径14cm前後以上では樹高の増加は緩やかとなった。

樹高と枝下高との関係を図9に、胸高直径と枝下高との関係を図10に示した。樹高が高くても枝下高の低いものがあり、胸高直径が大きくても枝下高は低かった。以上のように、樹高・胸高直径と枝下高との間には一定の傾向は認められなかった。

#### 4.2 形質

樹形区分別の本数、樹高、枝下高および胸高直径は表2のとおりである。樹形nに区分されたものは19本、bは59本、cは39本であり、aおよびdに区分されたものはなかった。用材として有用な形質のnとbの本数割合は67%であった。樹形と個体サイズとの関係を見ると、

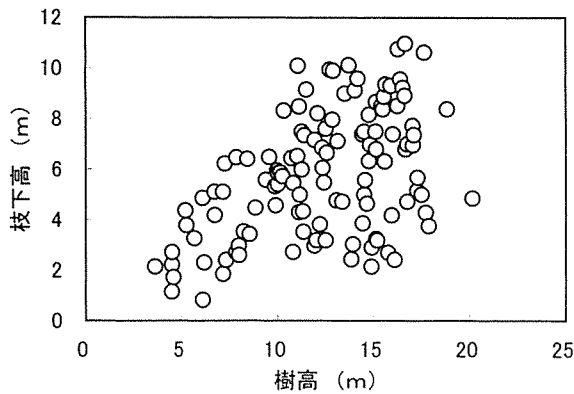


図9 樹高と枝下高との関係

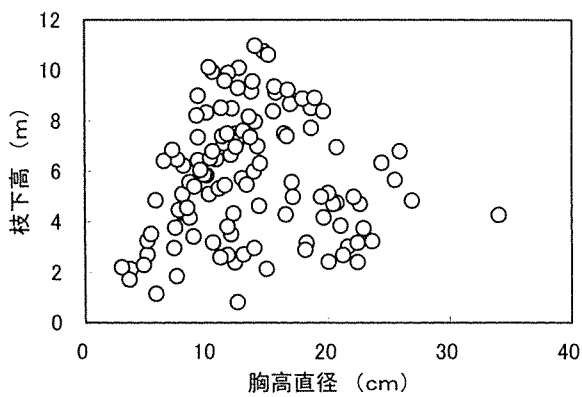


図10 胸高直径と枝下高との関係

樹高は  $n > b$ 、 $n > c$ 、 $b > c$ 、枝下高は  $n > c$ 、胸高直径は  $n > c$ 、 $b > c$  という結果が得られた (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )。

後生枝区分別の本数、樹高、枝下高および胸高直径は表3のとおりである。後生枝Aが62本、Bが36本、Cが8本、Dが11本であった。材質に悪影響を及ぼさないものは、後生枝区分AとBで、本数割合は84%であった。後生枝発生状況と個体サイズとの関係をみると、樹高は  $A > B$ 、 $A > D$ 、胸高直径は  $A > B$ 、 $A > C$ 、 $A > D$  という結果が得られた (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )。後生枝区分別にみた枝下高には、有意差は認められなかった (Kruskal-Wallis検定、 $p > 0.05$ )。

樹幹形状別の本数、樹高、枝下高および胸高直径は表4のとおりである。樹幹形状Tは65本、Cは22本、Sは30本であった。通直な樹幹をもつTの本数割合は56%であった。樹幹形状と個体サイズとの関係をみると、樹高は  $T > C$ 、 $T > S$ 、胸高直径は  $T > C$ 、 $T > S$  という結果が得られた (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )。樹幹形状別にみた枝下高には、有意差は認められなかった (Kruskal-Wallis検定、 $p > 0.05$ )。

樹幹傾斜角度と樹冠傾斜角度との関係を図11に示し

表2 樹形区分別にみた樹高、枝下高および胸高直径

区分	本数	平均樹高 (m)	平均枝下高 (m)	平均胸高直径 (cm)
n	19	15.8±2.1 <sup>a)</sup>	7.3±2.4 <sup>a)</sup>	17.6±4.6 <sup>a)</sup>
b	59	13.9±2.4 <sup>b)</sup>	6.0±2.4 <sup>ab)</sup>	15.9±4.9 <sup>a)</sup>
c	39	8.4±2.6 <sup>c)</sup>	4.9±2.1 <sup>b)</sup>	8.2±2.5 <sup>b)</sup>

平均値の欄は、平均値±標準偏差で示した。異なる英文字を付した平均値は、同列内において有意差があることを示す (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )

表3 後生枝区分別にみた樹高、枝下高および胸高直径

区分	本数	平均樹高 (m)	平均枝下高 (m)	平均胸高直径 (cm)
A	62	13.8±3.8 <sup>a)</sup>	6.0±2.6 <sup>a)</sup>	16.4±6.0 <sup>a)</sup>
B	36	11.1±3.0 <sup>b)</sup>	5.9±1.9 <sup>a)</sup>	10.9±3.5 <sup>b)</sup>
C	8	10.6±3.2 <sup>ab)</sup>	6.6±2.0 <sup>a)</sup>	10.3±2.7 <sup>b)</sup>
D	11	9.7±2.9 <sup>b)</sup>	4.5±2.8 <sup>a)</sup>	9.4±2.7 <sup>b)</sup>

平均値の欄は、平均値±標準偏差で示した。異なる英文字を付した平均値は、同列内において有意差があることを示す (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )

表4 樹幹形状別にみた樹高、枝下高および胸高直径

区分	本数	平均樹高 (m)	平均枝下高 (m)	平均胸高直径 (cm)
T	65	13.8±3.5 <sup>a)</sup>	6.0±2.6 <sup>a)</sup>	15.8±5.9 <sup>a)</sup>
C	22	9.5±3.1 <sup>b)</sup>	5.6±2.0 <sup>a)</sup>	10.2±3.4 <sup>b)</sup>
S	30	11.4±3.5 <sup>b)</sup>	5.8±2.3 <sup>a)</sup>	11.4±4.5 <sup>b)</sup>

平均値の欄は、平均値±標準偏差で示した。異なる英文字を付した平均値は、同列内において有意差があることを示す (Kruskal-Wallis検定、 $p < 0.05$ )

た。両者の間には高い相関が認められた ( $r = 0.9037$ )。平均樹幹傾斜角度は78度、平均樹冠傾斜角度は77度であった (表1)。

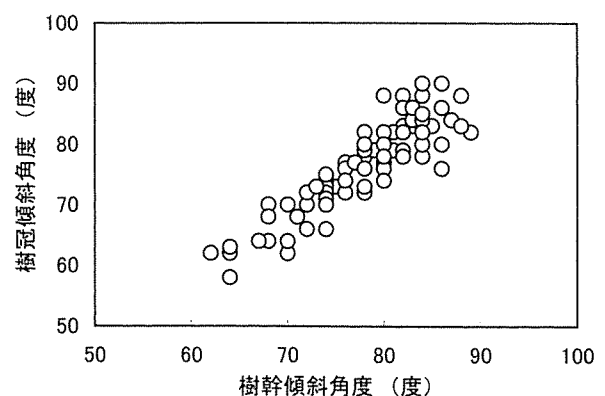


図11 樹幹傾斜角度と樹冠傾斜角度との関係

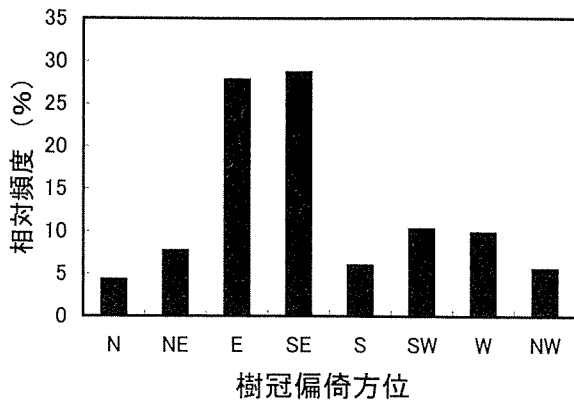


図12 樹冠偏倚方位別の相対頻度分布

樹冠偏倚方位別の頻度分布を図12に示した。最も頻度の高かった偏倚方位はE～SE方向で、出現頻度は51%であった。調査林分の斜面方位はE24Sであり、樹冠は斜面下部方向へ偏倚する傾向が認められた。また、樹冠偏倚は、SW～W方向にも小さなピークがみられた（出現頻度18%）。これらは調査区の斜面上部に広がるギャップに向けて樹冠を拡大している個体によるものである。

### 5. 考察

立木密度が5000本/haから2732本/haへ減少していることから、植栽されたケヤキの45%が競争により自然枯死したことになる。樹高と胸高直径の頻度分布から、樹高14～16m、胸高直径12～14cmのサイズで個体間の競争が激しいと考えられる（図5、7）。これは立枯木が樹高14m未満、胸高直径14cm未満に存在することからも判る（図5、7）。以上の結果と、胸高直径と樹高との関係（図8）を併せてみると、28年生時点において、この林分は樹高14mを境に、競争による淘汰が進む下層と林冠を形成する上層とに階層が分かれていると考えられる。

用材生産を目的とした場合、枝下高が高く、後生枝の発生が少なく、樹幹が通直であることが重要となる。調査区内には、樹形nとbに区分されたものが67%、後生枝AとBに区分されたものが84%、樹幹形状Tに区分されたものが56%を占めた（表2～4）。林冠を形成する樹高14m以上の上層木48本に着目すると、樹形nとbが100%、後生枝AとBが96%、樹幹形状Tが75%で、良い形質すべてを併せ持つ個体は、上層木の73%を占めた。以上のように、この林分では用材として適した形質をもつ個体が多いといえる。これは広葉樹としては高めの植栽密度（5000本/ha）の効果により、下枝が枯れ上がり、樹幹が通直に伸長したことによるものと考えられる。

後生枝は樹幹に光が当たると発生しやすい<sup>3,4)</sup>。この林分で後生枝の発生が少なかったのは、密植によって樹幹への日光の直射が抑えられたからだと考えられる。また、樹勢の弱い個体ほど後生枝発生量が多い<sup>5,6)</sup>という報告があるが、後生枝の発生しなかったものが発生したものより樹高・胸高直径が有意に大きい（表3）という今回の結果は、それを実証することとなった。

ケヤキの樹冠は斜面下部方向に発達する傾向がみられたが、樹冠周囲にギャップがあった場合、空いた空間へ樹冠を拡大することも確認できた（図12）。樹幹傾斜角度は樹冠傾斜角度と相関が高く（図11）、樹冠傾斜角度は樹冠発達方向に影響される。そのため、樹幹を通直に成長させるには、樹冠周囲の密度を均等に保ち、樹冠偏倚を小さくすることが重要であると考えられる。

調査区内の上層木は、枝下高6～7mを確保しているので、用材としての価値を高めるには今後、肥大成長を促進させることが重要である。広葉樹の肥大成長は、樹冠の大きさに規定される<sup>7)</sup>。この林分の場合、上層木の樹高成長にともなう樹冠の拡大を期待するよりも、上層間伐によって個体間の競争を緩和し、樹冠幅を拡大させることが肥大成長を促進させるには有効であると考えられる。

### 6. おわりに

今回の調査によって調査林分の現況を把握し、ケヤキ用材林造成へ向けての施業方針を考察することができた。今後、肥大成長を促進させるための除間伐を実際に行い、成長や形質に対する施業の効果を検証したい。

最後に、本調査の実施を快諾して下さった北村林業株式会社の皆様に厚くお礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 小畑秀弘ほか：自然をつくる植物ガイド 治山・林道・環境保全の木と草、東京、財団法人林業土木コンサルタンツ、1993。
- 2) 河田空、佐多一至：ケヤキ造林試験成績。農林省林業試験場 林業試験報告。4 (1935)
- 3) 小笠原隆三ほか：広葉樹の育成と利用。滋賀、鳥取大学広葉樹研究刊行会、1998。
- 4) 横井秀一、山口 清：ミズナラの後生枝の発生活起源と間伐がその発達に及ぼす影響。日本林学会誌。78 (2), 169-174 (1996)
- 5) 厚賀宮林署広葉樹研究グループ：不定芽の発生と保

残木施業について. 北方林業. 29, 215-219 (1977)

6) Kozlowski, T. : Growth and development of trees I. New York, Academic Press, 1971.

7) 横井秀一: “用材生産に向けた広葉樹二次林の間伐”. 山林. 東京, 大日本山林会, 2000, 37-44.

(2002年11月29日受理)