

天然性広葉樹林の良質化施業技術と利用技術の開発

—ケヤキ中小径材の製材・乾燥・強度試験—

木材部 吉田孝久 橋爪丈夫 馬渡栄達

1 緒言

近年、良質な広葉樹の大径材は、減少の一途をたどっている。このため、材価の高騰は避けられず、木材業者間では、現在あるいは将来的にも入手が困難と考えられている。県内の大径材はほとんどが伐採され、業者は北海道や外材にその道を開拓している。

このような中で、長野県は天然性広葉樹林の良質化施業技術の開発を目指しており、間伐の際に伐り出される中小径材（末口径30cm以下）の利用にも、期待の目が向けられている。広葉樹は針葉樹にはない樹種特有の美観的な要素が多く利用価値が高いため、高級指向の木製品にその用途開発が期待される。

現在のところ、広葉樹大径材についての材質は明らかにされているものの、中小径材については、ほとんどそのデータがない。

今回の試験は、ケヤキ中小径材について、製材特性、乾燥特性及び強度性能を明かにし、性能総合評価を行った。

2 試験の方法

2.1 試験樹種および製材試験

試験対象としたケヤキの概要を表1に示す。

明科町産の鉄道防備林より伐り出した末口径17～21cm、長さ200cmのケヤキの素材13本を試験材とした（写真1）。

これらの供試材を36mmの厚さに板挽きし、製材歩止りや製材後の縦ぞり、曲がりについて調査した。

2.2 乾燥試験

ケヤキの心材より10cm (T)×20cm (L)×2



写真1 供試材としたケヤキ中小径材

cm (R) の試験片（板目材）を3枚採取し、人工乾燥の標準スケジュール決定のため、恒温乾燥器内で100℃急速乾燥試験を行った。

この試験により決定した乾燥スケジュールにより、蒸気式の人工乾燥を行い、乾燥時間及び乾燥後の形質変化について検討した。測定項目は、幅、厚さ、長さ、重量、曲がり、縦ぞり、幅ぞり（カップ）、割れとした。

人工乾燥は、材の狂いを抑制するため積込みの上部に1020kgの死荷重をのせた。仕上がり目標含水率は10%とした。

2.3 強度試験

乾燥後の材において、2.5×2.5×50cmの無欠点試験材を50本採材し、曲げ強度試験に供した。

曲げ試験は万能試験機 TCM-5000（ミネベア製）を用い JIS Z 2101（木材の曲げ試験方法）に基づきスパン35cmの中央集中荷重条件で行い、曲げ強さ、曲げヤング係数を算出した。荷重速度は、比例限度内において毎分150kgf/cm²以下となるように設定した。

試験後、破壊した試験体より長さ5cmの材を

表1 供試材の概要

| 樹種 | 末口径 | 長さ | 樹齢 | 本数 | 産地 |
|-----|---------|-------|-----|-----|-----|
| ケヤキ | 17～21cm | 200cm | 40年 | 13本 | 明科町 |

切り出し、密度、平均年輪幅、含水率の測定をJIS Z 2101（木材の平均年輪幅・含水率および密度測定方法）に従い測定した。

3 試験結果と考察

3.1 基本的性質

参考のため「世界の有用木材300種¹⁾」に示されている内容を、基本的性質として以下に示した。

ケヤキ：気乾比重0.62、辺心材の差は明らか。辺材は淡黄褐色、心材は黄褐色～帯黄紅褐色の環孔材。年輪は明らか。ときに美しい如輪杓、玉杓、牡丹杓などを有するものがある。

材は建築材（構造材、装飾材、器具材）、船舶材、車両材、土木材、機械材、枕木、旋作材、楽器材、彫刻材、薪炭材など。特殊用途として電柱腕木、社寺建築材、臼、杵、食卓、盆などに利用される。耐朽性は大。

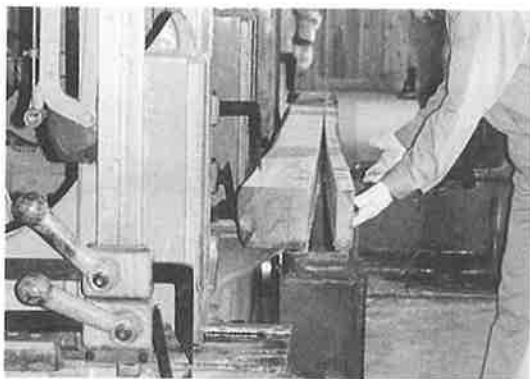


写真2 製材時の成長応力による曲がりの発生

3.2 製材試験

製材歩止りを表2に、製材時の狂い発生量を表5に示した。

製材歩止りは、46.4～75.1%であり、一本の材からは36mmの厚さの板材が、2～5枚得られた。当然のことではあるが、径級が小さいほど製材歩止りは小さく、また材が中小径であるため、最も外側から採れる板材は丸身が多い材となった。

ケヤキは生長応力の大きな材で、製材時に狂いを生じ易い（写真2）。今回の試験でも縦ぞりが大きく発生しており、製材時には挽き曲がりに注意した製材方法が必要になる。

3.3 乾燥試験

100℃急速乾燥の結果を表3に示した。内部割れと初期割れはやや少なかったが、断面変形がや

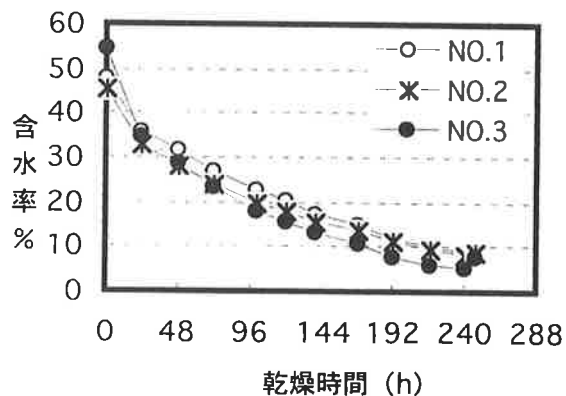


図1 乾燥による含水率減少経過
(ケヤキ36mm板材)

表2 中小径ケヤキの製材歩止り

| 素材NO | 末口径 (cm) | 素材材積 (m ³) | 製材材積 (m ³) | 製材歩止り (%) |
|------|----------|------------------------|------------------------|-----------|
| 1 | 19.7 | 0.0776 | 0.0149 | 54.0 |
| 2 | 18.2 | 0.0669 | 0.0311 | 46.4 |
| 3 | 18.6 | 0.0699 | 0.0415 | 59.5 |
| 4 | 20.1 | 0.0808 | 0.0607 | 75.1 |
| 5 | 21.3 | 0.0921 | 0.0443 | 48.2 |
| 6 | 17.2 | 0.0621 | 0.0424 | 68.3 |
| 7 | 20.9 | 0.0895 | 0.0476 | 53.1 |
| 8 | 19.0 | 0.0722 | 0.0436 | 60.4 |
| 9 | 21.3 | 0.0907 | 0.0462 | 50.9 |
| 10 | 18.3 | 0.0670 | 0.0321 | 47.9 |
| 11 | 19.2 | 0.0756 | 0.0459 | 60.7 |
| 12 | 19.9 | 0.0713 | 0.0473 | 66.3 |
| 13 | 20.6 | 0.0866 | 0.0612 | 70.6 |

◎製材材積は36mm板材の材積、素材材積は末口自乗法によった。

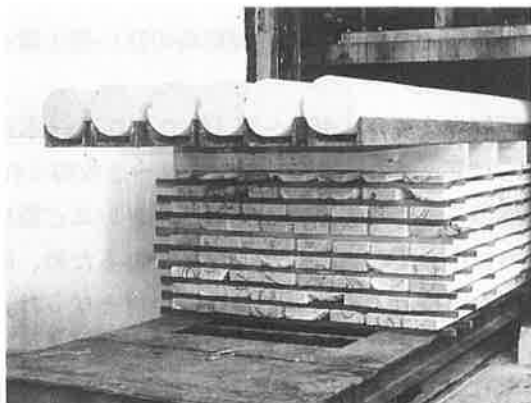


写真3 蒸気式によるケヤキの乾燥
上部は狂い防止のための荷重

や大きいものとなった。収縮率は接線方向で8.49%、半径方向で7.62%、繊維方向で0.73%であった。この結果、初期温度50℃、初期温度差4℃、末期温度75℃として表4に示す標準乾燥スケジュールを決定した。

この乾燥スケジュールにより乾燥した時(写真3)の含水率減少経過を図1に示した。

乾燥時間は、初期乾球温度を狂い抑制のため低めの50℃に設定したこともあり、含水率10%を下回るのにおよそ10日間を要した。

初期乾燥速度は0.67%/hであったが、中期、末期に進むにつれ乾燥速度は低下し、それぞれ

表3 ケヤキの100℃急速乾燥試験結果

| 初期含水率 (%) | 終了含水率 (%) | 収縮率 (%) | | | 欠点の発生状況※ | | | 全乾密度 (g/cm ³) |
|-----------|-----------|---------|------|------|----------|------|------|---------------------------|
| | | 接線方向 | 半径方向 | 繊維方向 | 初期割れ | 断面変形 | 内部割れ | |
| 53.8 | 0.0 | 8.49 | 7.62 | 0.73 | 2 | 4 | 2 | 0.72 |

注) ※欠点の発生状況は5段階評価 (0:極めて小 ~ 5:極めて大)

表4 ケヤキの乾燥スケジュール

| 含水率 (%) | 乾球温度 (℃) | 温度差 (℃) |
|---------|----------|---------|
| 生~35 | 50 | 4 |
| 35~30 | 50 | 6 |
| 30~25 | 55 | 10 |
| 25~20 | 60 | 15 |
| 20~15 | 65 | 20 |
| 15以下 | 75 | 30 |
| 調湿 | 75 | 5 |

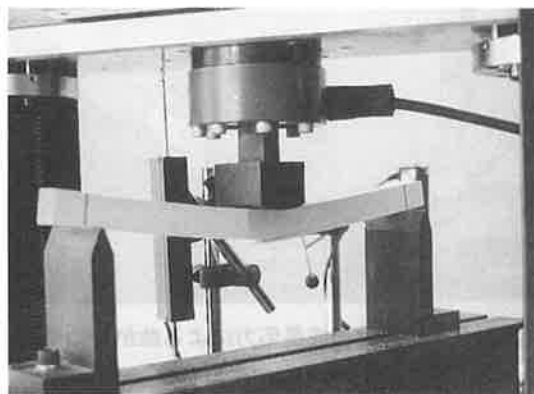


写真4 JISによる無欠点材強度試験

表5 ケヤキの人工乾燥による形質変化

| 区分 | 収縮率 (%) | | 曲がり (mm/2m) | | 縦ぞり (mm/2m) | | カップ (mm/8cm) | 割れ (cm) | |
|------|---------|------|-------------|-----|-------------|-----|--------------|---------|-----|
| | 幅方向 | 厚方向 | 製材後 | 乾燥後 | 製材後 | 乾燥後 | | 材面 | 木口 |
| 平均値 | 6.50 | 6.65 | 1.7 | 6.8 | 6.1 | 5.3 | 1.17 | 2.6 | 0.8 |
| 標準偏差 | 2.16 | 3.02 | 1.7 | 4.6 | 5.2 | 3.2 | 0.52 | 5.1 | 1.5 |

表6 ケヤキの無欠点試験材による曲げ強度試験結果

| 樹種・区分 | 区分 | 曲げヤング係数 (tonf/cm ²) | 曲げ強度 (kgf/cm ²) | 試験時密度 (g/cm ³) | 試験時含水率 (%) |
|-------|------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
| ケヤキ | 平均値 | 109.1 | 1353 | 0.69 | 9.7 |
| | 標準偏差 | 11.9 | 147 | 0.07 | 0.6 |

0.17%/h、0.08%/hとなった。

人工乾燥による形質変化を表5に示した。

収縮率は幅方向6.50%、厚さ方向6.65%であり、これは密度から考えて広葉樹の中では平均的なものと思われる。ちなみに、今回試験したケヤキの全乾密度は広葉樹の中では高位の $0.63\text{g}/\text{cm}^3$ (0.54~0.78)であった。

曲がり、製材時に既に発生していたものもあったが、乾燥ではこれがさらに増大し、平均 $6.8\text{mm}/2\text{m}$ となった。これに対して縦ぞりは、製材後の発生量はかなりあったが、乾燥後には圧縮の効果がみられ平均 $5.3\text{mm}/2\text{m}$ に減少した。

カップ（幅ぞり）は $1.17\text{mm}/8\text{cm}$ あり、歩止り向上の点からもこの抑制方法が課題である。

乾燥による割れの発生は、髄を含んだ材に心割れが発生した程度であった。製材時に既に存在していた木口割れもその延長はほとんどなかった。

3.4 強度試験

試験の様子を写真4に、また試験の結果を表6に示した。

平均値で曲げ強さは $1353\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、曲げヤング係数は $109.1\text{tonf}/\text{cm}^2$ であった。木材工業ハンドブック²⁾に記されているケヤキの強度値は、曲げ強度は $1000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、曲げヤング係数は $120\text{tonf}/\text{cm}^2$ であり、特に曲げ強度については、非常に高い数値を示した。

4 まとめ

ケヤキ中小径材について、製材試験、乾燥試験、強度試験を実施した。その結果、製材歩止りは平均58.6%であった。製材後に発生する木表側への縦ぞりが非常に大きく、平均で $6.1\text{mm}/2\text{m}$ であり、さらに乾燥後では、縦ぞりが $5.3\text{mm}/2\text{m}$ 、曲がりが $6.8\text{mm}/2\text{m}$ 、カップ（幅ぞり）が $1.17\text{mm}/8\text{cm}$ であった。

人工乾燥は、乾燥温度 $50^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ の乾燥スケジュールで乾燥すると、厚さ 36mm の材がおおよそ10日間で含水率10%を下回った。また、強度試験においては、曲げヤング係数が $109.1\text{tonf}/\text{cm}^2$ 、曲げ強度が $1353\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。なお、密度（含水率10%時）は $0.69\text{g}/\text{cm}^3$ でナラやニセアカシアよりやや高い値を示した。

以上の結果から、ケヤキ中小径材は大径材と遜

色ない材質を示すが、製材の歩止りと乾燥後の狂いに課題が残った。

キーワード

ケヤキ、製材歩止り、中小径材

参考文献

- 1) 世界の有用木材300種：(株)日本木材加工技術協会1975年10月発行 P36~39
- 2) 木材工業ハンドブック：丸善株式会社1981年6月発行 P188