

未利用コナラ属の特性調査

1996年度～1998年度（県単）

豊嶋 勲 菱田重寿 近藤和幸

大林育志 榊原弘修 浅岡郁男*

要 旨

県内に落葉広葉樹の中で最も多く分布するコナラ (*Quercus serrata Thunb.*) について有効利用を図るため林分調査、材質調査を行い、乾燥特性、強度特性、利用開発の一部について検討した。

対象4林分では、利用に適する胸高直径18cm以上のコナラの材積は、林分全体の36.6～83.6%を占めた。製材歩留まりは2m材で43.3%、1m材で46.0%とスギなどの針葉樹と比較すると低い方であった。円盤調査では、コナラ全乾比重は0.72～0.95（平均0.83）と文献値より1割程度高い値を示した。強度試験ではヤング係数105.3～139.1tf/cm²のコナラ丸太から得られた板材のヤング係数は97.8～173.9tf/cm²であった。またJISによる無欠点小試験体の曲げヤング係数、曲げ強度は平均値でそれぞれ140.0tf/cm²、1442kgf/cm²であった。乾燥試験では、人工乾燥は天然乾燥に比べて割れの発生が軽減したが、幅反りが大きく、収縮率も大きかった。一方、天然乾燥では割れの発生頻度、長さともに高い値を示したが、幅反りは人工乾燥の40～60%に軽減した。利用開発では、コナラ特有の美しい木目と重厚感のある造作物を作成することができた。構造材としての利用についてはスギとコナラによりヒノキ程度の比重の強度性能に優れた実大レベルの複合集成材を作成することが可能であった。

I 目的

県内に分布する広葉樹は主としてコナラ、アベマキなどの落葉性のコナラ属が多く占めている。昭和56～60年にかけて行われた広葉樹賦存状況調査によると広葉樹の中でもコナラは県内広葉樹の43.3%の材積量を占めている。今後、里山を形成するコナラの有効利用は大きな課題である。

これらのうちシイタケ原木としては利用の少ない末口径14cmを越える中小径材の蓄積が増えつつあるが、これらの林分のコナラは利用されなくな

った薪炭林が放置されたものであるため、径のそろったものが少なく、また曲がりの大きいものも混在している。

このように質的にまとまったものが少ないため積極的な利用開発は行われていないのが現状である。そこで現存するコナラの利用開発の指針を得るために、強度特性、乾燥特性などの材質調査を行い、さらに利用開発の可能性についても検討を行った。

コナラは北海道の一部や本州・四国・九州の温

帯、暖帯に広く分布する生長の早い陽樹である。生育環境は適潤で肥沃な土壌層において旺盛に生長するが、乾燥にも耐えるため、尾根筋に生ずることも多い。

木目は床材や家具などに使用されるミズナラに似た環孔材で、柾目面にはナラ材特有の虎斑が現れる。材は堅硬で、建築材、器具材、機械材、土木用材などに使用される。

素材の材価は鳥取大学広葉樹研究の材価調査では優良材で4.3~5.1万/m³ (1986年日原営林署) となっている。また、神奈川県の大葉樹林によると5.4万/m³ (1995年群馬県) で、いずれも広葉樹の中では安い価格である。

II 試料と方法

1. 林分調査

資源量の把握を目的に県内の4カ所(図-1)で、コナラが主体の林分について調査を行った。調査期間は平成9年10月~11月、平成10年10月とした。調査面積は100m²~225m²の大きさとし、樹種、樹高、胸高直径、土壌調査を実施した。毎木調査は胸高直径4cm以上の立木を対象にした。材積は立木幹材積表(日本林業調査会)から求めた。

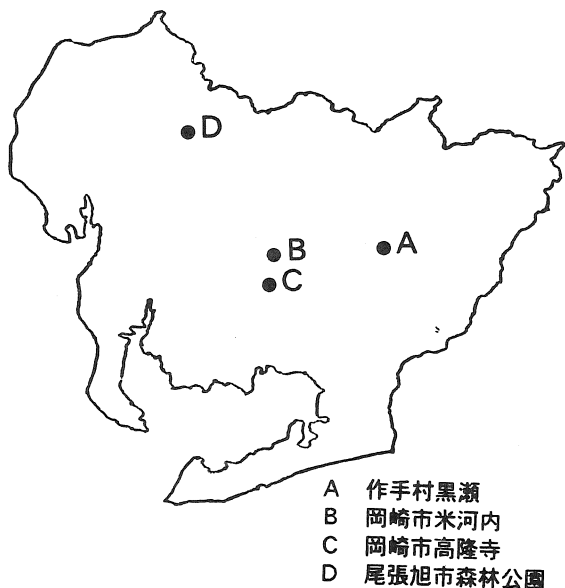
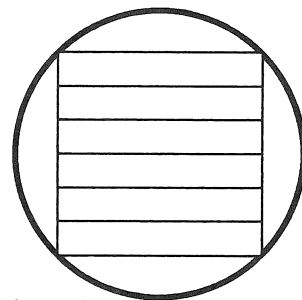


図-1 林分調査地の位置

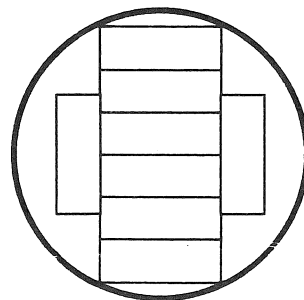
2. 材質調査

1) 製材試験

各調査地で採取したコナラ丸太をステライト溶着帯鋸で板挽きし、製材歩留まりを求めた。製材歩留まりは末口、元口径と長さから幹材積を算出し、製材後のすべての板材の材積に対する割合から求めた。コナラ丸太は末口で、15.8~30.1cm (平均22.8cm) で長さ約200cmの丸太24本、約100cmの丸太は10本用いた。厚さは22mmまたは27mmとし、幅決せずに製材した場合と12cmまたは14cmに幅決めして製材した場合ともに行った。木取りは図-2のように行った。また比較対照のため当センターで採取した中国クヌギについても製材試験を行った。曲がりの程度については目視により大中小で求めた。



(1) 幅決めしない場合



(2) 12cmまたは14cmに幅決め

図-2 木取り図

2) 乾燥試験

a) 人工乾燥

22mmまたは27mm厚の板材を供試材として、蒸気式乾燥機で人工乾燥を実施した。乾燥条件は表-1に示したように (A) 55~70℃の標準的な乾燥条件、(B) 65~80℃のやや高温の乾燥条件と (C) 50~65℃のやや低温な乾燥条件の3つの条件で行った。乾燥終了後に収縮率の測定、割れや反りなどの欠点調査を実施した。試料数は1回の乾燥試験ごとに約30枚程度とした。

表-1 各条件の乾燥スケジュール

含水率 (%)	(A)		(B)		(C)	
	DT	WT	DT	WT	DT	WT
生~50	55	51	65	60	50	48
50~40	55	51	65	60	50	47
40~35	55	49	65	58	55	52
35~30	55	44	65	53	55	49
30~25	60	44	70	52	55	44
25~20	65	44	75	52	60	44
20~15	70	44	80	52	65	44

DT: 乾球温度、WT: 湿球温度

b) 天然乾燥

98年12月~99年3月の期間に天然乾燥を実施した。27mm厚で幅15cm程度の板材を供試材として用いた。

場所は林業センター内の屋根付きの屋外資材置き場とした。

3) 円盤調査と強度試験

各調査地から採取したコナラ丸太を縦振動法によりヤング率を求めた。採取部位は地際から2m材を2玉または1m材を4玉をとった。

円盤調査は1番玉の元口から10cm切り取って試料とした。円盤は平均年輪幅、心材率、含水率、比重の測定に供した。

製材後、縦振動法により生材状態で板材のヤング率を求めた。またJISに基づいて無欠点小試験体による曲げ試験を実施し、曲げヤング率、曲げ強度を求めた。

3. 製品試作による利用開発への検討

利用開発の可能性を検討するため、コナラによる製品試作を行い、加工性、強度性能などの評価を行った。

1) 造作材

幅15cm、厚さ20mm程度のコナラ板を用いてティッシュ箱を製作した。作成には愛知県東三河高等技術専門校の草野照巳先生にお願いした。

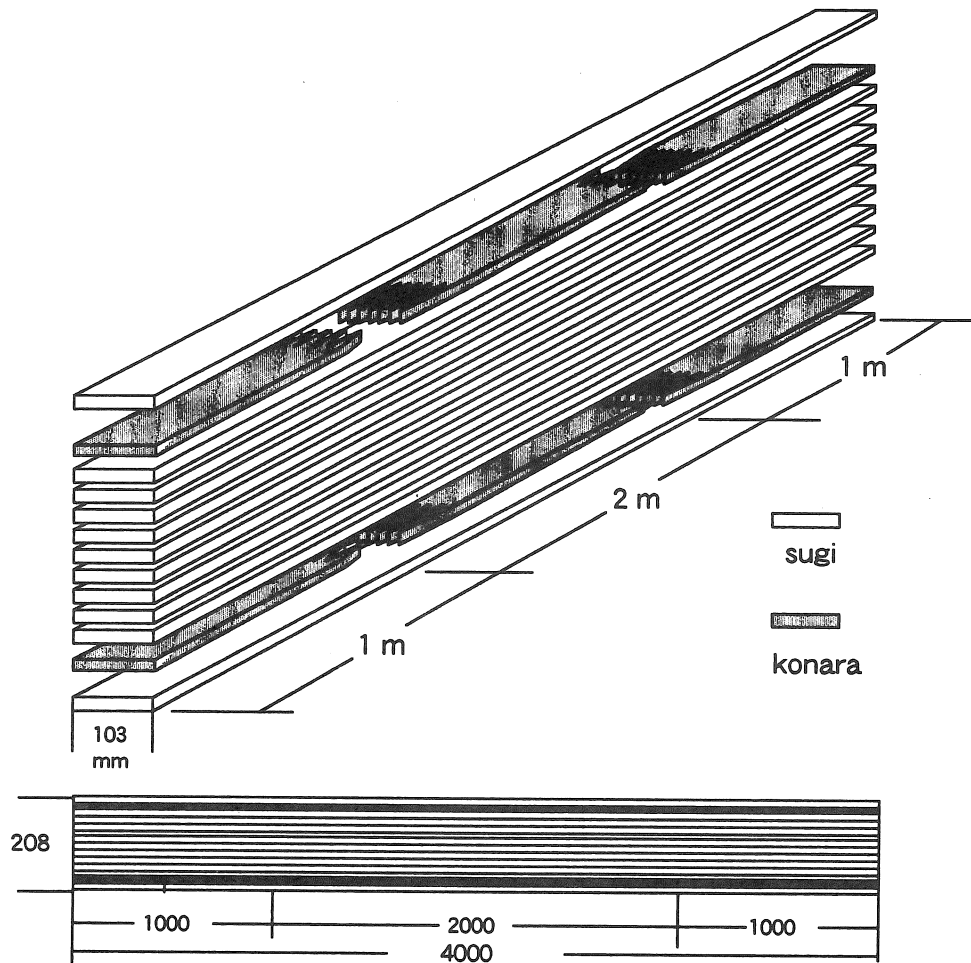
材料は人工乾燥により含水率8%~15%のコナラ材を使用した。作成にあたり使用した木工器具・機械はのこ、のみ、かんな盤、傾斜盤、ルーターであった。仕上げは#180のサンディングを行い、塗装は透明のポリウレタン樹脂を使用しコナラの木目を生かすようにした。

2) 構造材

コナラの強さを生かすため、スギの補強材としての効果を考え、スギとコナラの複合集成材を製造した。

試験体は2体作成し、実大強度試験機により、曲げ試験を行い、曲げヤング率と曲げ強度を測定し、破壊形態の調査を行った。

試験体の形状は図-3に示したように、表層から第2層目にフィンガージョイントしたコナラの



複合集成材の側面図

A	104 (sugi)	B	82 (sugi)
	154 (konara)		138 (konara)
	83 (sugi)		78 (sugi)
	81 (sugi)		71 (sugi)
	80 (sugi)		71 (sugi)
	79 (sugi)		65 (sugi)
	77 (sugi)		65 (sugi)
	79 (sugi)		68 (sugi)
	80 (sugi)		76 (sugi)
	88 (sugi)		79 (sugi)
	88 (sugi)		78 (sugi)
	173 (konara)		168 (konara)
	109 (sugi)		82 (sugi)

(数字はヤング率を表す)

複合集成材の断面図

図-3 複合集成材の形状

表-2 調査林分の概況

調査場所	土壌型	方位	傾斜 (°)	標高 (m)	林齢 (年)	本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	コナラ材積 (m ³ /ha)	コナラの利用に適する材積 の割合 (%)
作手村黒瀬	Bc	E	24	540	32~36	6100	221	166	53.1
岡崎市米河内	B _B	SSE	15	170	32~36	2531	134	67	73.2
岡崎市高隆寺	B _B	SSE	21	110	39~46	1954	132	96	97.3
尾張旭市森林公園	B _B	E	20	75	29~52	4400	219	187	97.9

ラミナを用いた。スギ、コナラともラミナの厚さはすべて16mmで、13プライとし、幅103mm、梁背208mm、長さ4000mmの大きさとした。

コナラのラミナは、死荷重により測定した曲げヤング率107~175tf/cm²までの1mまたは2mの板材27枚からヤング率の値の近いものを組み合わせてフィンガーで縦継ぎし、4mの長さのラミナを作成した。

接着剤はレゾルシノールを使用し、圧縮圧は7kgf/cm²とした。圧縮時間は24時間として、その後7日間養生した後、曲げ試験に供した。スパンは3600mm、3等分点4点荷重で行った。荷重スピードは5kN (510kgf) /分とした。

Ⅲ 結果と考察

1. 調査林分の概要

表-2に示したように林齢は29~52年、標高は75~540m、haあたりの立木の本数は1954~6100本/ha、林分全体の材積は132~221m³/haであったが、そのうちコナラの占める材積は67~166m³/haで、コナラの中で利用に適する胸高直径18cm以上の材積の割合は53.1~97.9%であった。

樹種構成では材積の多い順に、岡崎市高隆寺で

コナラ (73.2%)、ヤブツバキ (7.7%)、タカノツメ (7.6%)、岡崎市米河内でコナラ (49.9%)、アベマキ (32.8%)、ソヨゴ (6.1%)、作手村黒瀬でコナラ (75.1%)、アベマキ (10.0%)、アカマツ (4.5%)、森林公園ではコナラ (85.4%)、アオキ (6.6%) であった。コナラは標高が100m~1000mの範囲に広く分布するが、生育適地は標高が500m程度といわれている。標高540m、Bc型土壌の作手村黒瀬の調査林分において、樹齢の割にはより大きな丸太が得られた。

2. 材質調査

1) 製材試験

長さ2mのコナラ丸太24本から厚さ22mmの板材が97枚、27mm厚の板材が61枚、長さ1mのコナラ丸太10本から48枚、2m長の中国クヌギ丸太5本からは27枚の板材が得られた。表-3に示したように、製材歩留まりは、高いもので59.6%、低いもので23.5%となったが、末口径の小さいものや曲がりの大きいものは歩留まりが低くなる傾向があった。また長さ2mの丸太の製材歩留まりは平均で43.3%であったのに対して、1m長の丸太は46.0%とわずかであるが、製材歩留まりは高かった。

コナラは製材後に縦反りが発生したが、比重や

表-3 製材歩留まり

丸太No.	樹種	製材歩留 (%)	末口径 (cm)	長さ (cm)	曲がり	備考
1	コナラ	50.3	25.3	210	—	
2	コナラ	46.0	25.4	208	—	
3	コナラ	51.2	29.2	208	—	
4	コナラ	42.2	25.8	207	—	
5	コナラ	43.0	23.9	258	—	
6	コナラ	36.8	22.2	214	—	
7	コナラ	45.5	29.1	214	—	
8	コナラ	42.3	26.9	208	—	
9	コナラ	32.5	27.6	205	大	
10	コナラ	34.3	26.6	191	大	
11	コナラ	39.1	19.6	201	—	
12	コナラ	46.6	18.8	206	—	
13	コナラ	34.6	20.2	200	—	
14	コナラ	40.6	18.1	204	—	
15	コナラ	41.1	19.0	195	中	
16	コナラ	46.2	27.1	207	中	
17	コナラ	39.3	19.0	219	大	
18	コナラ	56.9	18.6	187	小	
19	コナラ	48.6	29.4	205	中	
20	コナラ	36.4	22.1	250	小	
21	コナラ	42.4	30.1	207	小	
22	コナラ	42.0	29.7	207	小	
23	コナラ	51.4	29.9	204	小	
24	コナラ	50.0	22.1	211	中	
平均値		43.3				
25	コナラ	52.5	23.7	118	—	
26	コナラ	58.6	23.6	120	—	
27	コナラ	43.1	16.2	123	—	
28	コナラ	43.4	20.4	119	—	
29	コナラ	52.7	19.3	121	—	
30	コナラ	49.1	17.8	120	—	
31	コナラ	49.0	18.3	121	—	
32	コナラ	48.0	19.3	123	—	
33	コナラ	23.5	17.3	120	—	極度な円錐形
34	コナラ	40.3	17.2	107	—	
平均値		46.0				
101	中国クサキ*	59.6	21.0	199	—	
102	中国クサキ*	48.1	20.0	210	—	
103	中国クサキ*	48.4	18.5	193	—	
104	中国クサキ*	52.9	19.3	209	—	
105	中国クサキ*	52.7	16.5	209	—	
平均値		52.3				

堅さが同程度のクヌギの方が製材もしやすく、製材直後の反りの発生は少なかった。

2) 人工乾燥と天然乾燥による乾燥試験

各条件の乾燥スケジュールで行った含水率経過を図-4に示した。22mm厚の板材を用いて中温の標準スケジュール(A)で人工乾燥を実施したが、含水率15%に到達するのに7日間要した。やや高温の乾燥スケジュール(B)により27mm厚の板材を乾燥した場合は約8日間を要した。また27mm厚の板材をやや低温の条件(C)で乾燥した場合は約16日間を要し、やや高温での乾燥条件による乾燥よりも約2倍の期間を必要とした。また天然乾燥では含水率70%程度から15%になるまで1998年12月4日から1999年3月15日と101日間を要した

各乾燥条件による収縮率を表-4に示した。やや高温(B)の条件とやや低温の条件(C)では大きな差は認められなかったが、天然乾燥は人工乾燥による収縮率よりも小さい値を示した。幅方向では約6割、厚さ方向でも約7割に軽減した。この結果から乾燥後の製材歩留まりは天然乾燥の方が高くなることが示唆された。

表-4 各乾燥条件による収縮率

条件	収縮率(幅方向) (%)	収縮率(厚方向) (%)
(A)	—	—
(B)	9.32 (4.22)	10.21 (4.40)
(C)	8.52 (3.62)	11.81 (2.57)
天乾	5.41 (1.99)	7.39 (2.64)

()内は標準偏差

乾燥後の含水率は、水分計により中温の条件(A)で8.0~21.0% (平均13.4%)、やや高温の条件(B)で6.0~14.2% (平均8.7%)、低温条件(C)で、6.3~15% (平均10.5%)となり、人工乾燥では過乾燥になるサンプルがかなり見られた。また、同一のサンプル内でも含水率14.5%と6.5%部分が存在するなど試験体内でも含水率の傾斜が観察された。これはチロース(放射柔細胞や軸方向柔細胞が道管の内こうに膨れ出た部分)の発達の程度により水分の抜けやすい部位と抜けにくい部位に差が生じたためと推測された。

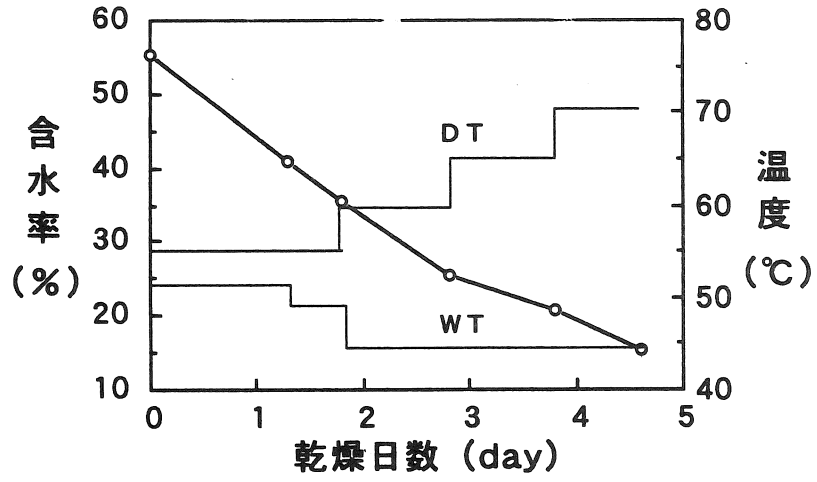
天然乾燥では、モニター材が15%に達した時点乾燥終了としたが、サンプルの含水率は13.0~22.3% (平均15.7%)の範囲内であった。

乾燥による割れ、反りなどの欠点発生状況等の調査結果を表-5に示した。幅反り、曲がりとは図-5のように算出した。

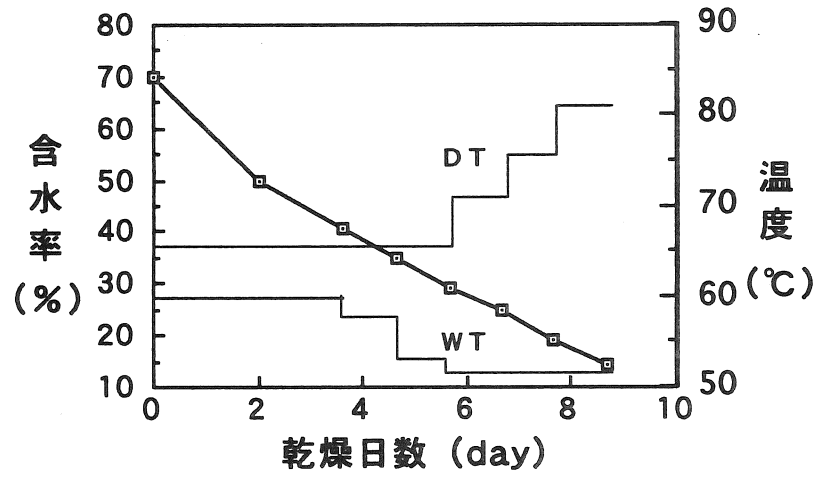
表-5 各乾燥条件による欠点発生状況

条件	幅反り (%)	曲がり (%)	割れ ^{*1}			
			木口 (cm)	発生率 (%)	材面 (cm)	発生率 (%)
(A)	3.24 (1.48)	0.46 (0.37)	3.1	20	29.8	78
(B)	5.37 (1.48)	—	3.5	71	18.2	92
(C)	3.54 (1.29)	—	4.2	35	14.2	58
天然 乾燥	2.13 (1.10)	0.55 (0.50)	5.0	96	36.7	92

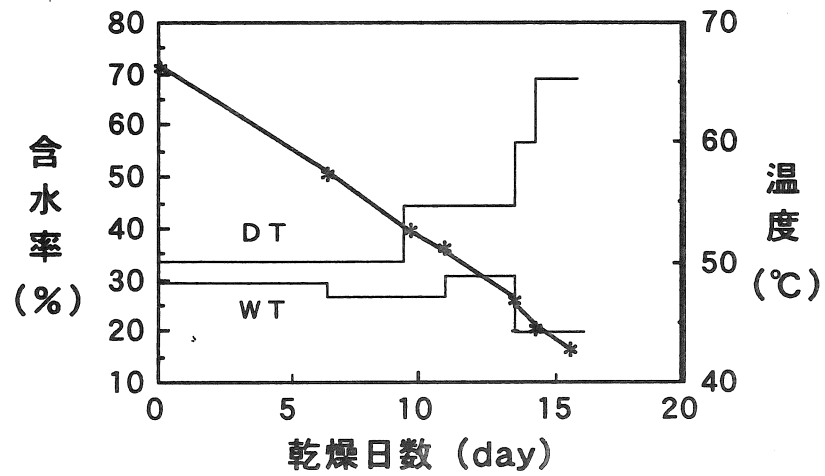
*1 割れの発生した1試験体の平均の割れ長さ



(A)

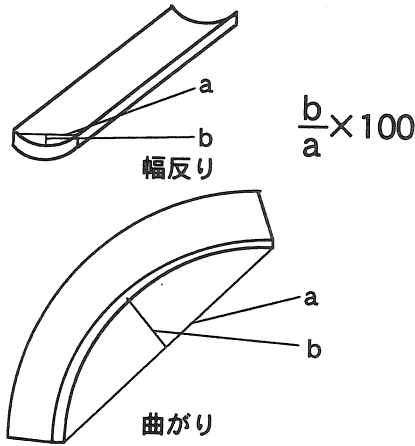


(B)



(C)

図-4 人工乾燥による含水率経過



図一五 幅反り、曲がりの算出方法

高温での乾燥になるほど、幅反りが大きくなる傾向があった。また割れの発生率は緩やかな低温での人工乾燥において低かったが、幅反りの抑制はできなかった。

天然乾燥では幅反りの大幅な軽減ができたが、逆に割れの発生率や割れの大きさは各条件の人工乾燥試験結果と比較すると、かなり大きな値となった。

3) 円盤調査

各産地のコナラと中国クヌギの心材率と虫害の発生状況を表一六に示した。

作手村と岡崎市で採取したコナラについては腐れ・虫害の認められる丸太はなかったが、尾張旭市森林公園、鳳来町林業センターで採取したコナラ、中国クヌギについては腐れ・虫害が認められた。

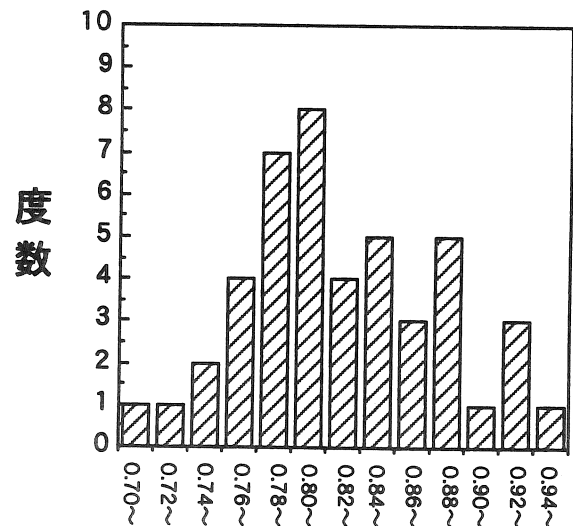
コナラの比重は図一六に示した。全乾比重については全体では0.70~0.95 (平均0.83) と幅広い範囲の分布が認められた。辺材と心材別に見ると辺材部は0.70~0.90 (平均0.81)、心材部0.79~0.94 (平均0.86) となり、心材の方が高い値を示した。心材と辺材との境界部で最も高い比重を示す部位が存在した。

平均年輪幅と比重の相関は $r = 0.638$ で、年輪幅

が大きいほど比重も高くなる傾向があった。これはコナラが環孔材であることによる。

表一六 心材率と腐り・虫害発生数

採取場所	樹齡 (年)	心材率 (%)	腐り・虫害発生数
作手村黒瀬	32~36	—	0/2
岡崎市高陸寺	39~46	—	0/2
岡崎市米河内	32~36	—	0/2
尾張旭市森林公園	29~52	60.2~75.6	2/4
鳳来町林業センター (コナラ)	26~45	43.4~64.0	5/7
鳳来町林業センター (中国クヌギ)	15	19.3~30.6	1/3



図一六 コナラの全乾比重分布

4) 強度性質

a) 丸太、板材のヤング率

含水率60~70%程度の生材13本の丸太のヤング率を縦振動法により測定した結果、105.3tf/cm²~139.1tf/cm² (平均値: 117.4tf/cm²) となったが、図-7のように、これらの丸太から得られた板材のヤング率は97.8~173.9tf/cm² (平均値: 133.0tf/cm²) の範囲であった。これは生材時の値のため、気乾状態の板材はさらに高いヤング率が得られる可能性がある。

板材のヤング率の平均と丸太のヤング率の相関は0.178と低かったが、全体的に得られた板材のヤング率の平均値は丸太のヤング率よりも高い傾向にあった。

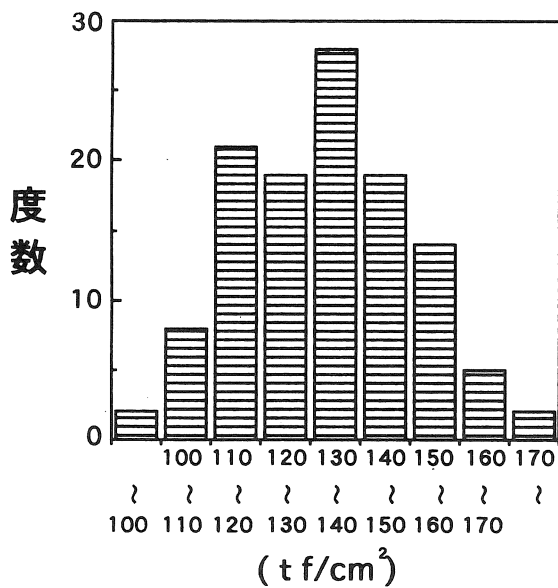


図-7 コナラの板ヤング率の分布

また無欠点小試験体による曲げ強度試験では、試料数を24本とした。曲げヤング率については、108.5~181.4tf/cm²の範囲で、平均値は140.0tf/cm²であった。曲げ強度は1,013~2,000kgf/cm²の範囲で、平均値は1,442kgf/cm²であった。試験時の比重、含水率、平均年輪幅は表-8に示したように、それぞれの平均値は0.926、8.7%、4.5mmであった。

表-7 小試験体による曲げ試験結果(平均値)

曲げヤング率 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	比重	年輪幅 (mm)	含水率 (%)
140.0 (21.3)	1,442 (281)	0.926 (0.068)	4.5 (1.1)	8.7 (1.1)

() 内は標準偏差

3. 試作品の評価

1) 造作材としての評価

ティッシュ箱の作成には、節や木理の不正な部位等を除くと、約1.5倍の材積量が必要となった。

かんな削りではコナラの金筋(心材付近の黒く着色した部分: 写真-1)が刃物を傷める原因となる。またこの金筋は美観もよいとはいえない。

総括すると、コナラは比重が大きく、堅いため初心者にとっては加工が容易ではないが、ナラ材特有の木目はスギなどの針葉樹にはない美観もっており、コナラの中径材でもテーブルや器具、家具への利用は大いに可能性があると思われた。

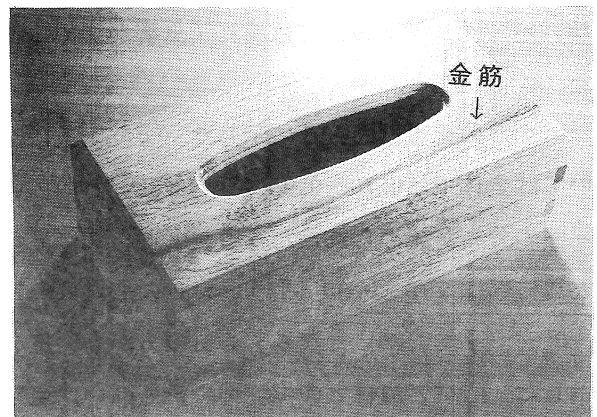


写真-1

2) 構造材としての評価

試験体の形状と曲げ試験結果を表-8に示した。最大荷重値はA試験体で7.41tf、B試験体で6.28tfとなった。曲げ強度はそれぞれ611kgf/cm²、517kgf/cm²、曲げヤング率はそれぞれ110.4tf/cm²、95.1tf/cm²となった。曲げヤング係数の推定値は次式により算出される。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{13} (E_i I_i)}{I} = (E_1 I_1 + E_2 I_2 + \dots + E_{13} I_{13}) / I$$

A、Bともにヤング率の実測値は推定ヤング率の96%であった。

L/300のたわみ(1.2cm)時の曲げ耐力はそれぞれ1,288kg、991kgであった。

試験体の比重は両者ともに0.45でスギ単独の集成材よりやや重いヒノキ程度の比重であった。

表-8 複合集成材の寸法と強度性能

No.	寸法 (cm)	最大荷重 (tf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	曲げヤング率 (tf/cm ²)	L/300時の荷重 (kgf)
A	10.3 × 20.8 × 397	7.41	611	110.4	1,288
B	10.3 × 20.8 × 397	6.28	517	95.1	991

図-8に荷重たわみ曲線を示した。集成材としては比例限度荷重を越えてからのねばりが認められ、複合集成材特有の性質が観察された。これはスギ材のねばりのある性質にコナラの強い性質が加味されたためと思われる。

破壊形態は曲げ破壊であるが、同時にコナラとスギの接着面での破壊が認められた。スギとコナラの接着性に支障がある可能性もあるが、コールドプレスの圧縮圧がコナラにとっては不足したことが原因であると推測された。

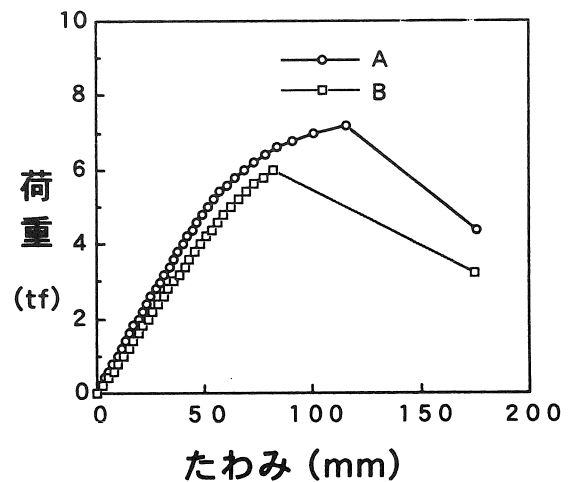


図-8 複合集成材の荷重-たわみ曲線

IV おわりに

今回の調査地点ではコナラは樹齢29~52年の中径材が多く占めた。比重は文献値で示されているものより1~2割程度大きい値を示した。また強度性質も文献値よりも高い値を示した。

中径材とはいえ比較的良質な材料が得られたが、県内でも標高の低い産地のコナラは虫害等の発生率が高く良質な材料は得にくいと思われた。

製材歩留まりはスギやヒノキなどの針葉樹と比較して平均45%と高い方でない。乾燥特性は心材の未成熟部分が多く占めるため、人工乾燥では幅反り、割れ等の欠点が多く発生した。髄の部分を除いて製材し乾燥すればこれらの欠点はかなり少なくなる可能性はあるが、胸高直径20cm~30cm

程度の中径材から幅15cm以上の幅の広い板をとるためには、板目材がどうしても主流となる。現存するコナラの利用方法として、髓の部分を除いて製材し乾燥した後、幅はぎにより幅広板を作成し、造作や集成材の材料とすることが考えられる。一方、今後大径材にして木目の落ち着いた加工性のよい材料が得られるようになってから家具材へ利用することも考えられる。

造作材として簡単な小物を作成する場合、コナラは材質が堅いため加工がしにくく、また刃物の摩耗がはげしいため、初心者に向いているとはいえない。しかし強度を必要とする小物やコナラ特有の木目を生かした造作への利用については大いに可能性がある。

コナラはスギとの接着性については不明な点があるものの、その強い強度的性質を利用し、比重の軽いスギにコナラのラミナを加えることでスギ単独の集成材では得られない高い曲げヤング率、曲げ強度を有する軽くて強い複合集成材を製造することが可能である。

従って愛知県のコナラは質的にも一定の満足するものはあり、造作材、構造材ともに利用開発の可能性はあると思われる。

最後にコナラを利用したティッシュ箱を作成していただいた東三河高等技術専門校の草野照巳先生には感謝します。またコナラの試料採取・調査にご協力いただいた愛知県農地林務部職員の方々に感謝します。

V 参考文献

- 1) 神奈川県の広葉樹林 (1995)
- 2) 広葉樹研究No. 5 : 13~20 (1989)
- 3) 広葉樹研究No. 5 : 215~221 (1989)
- 4) 広葉樹研究No. 6 : 169~182 (1991)
- 5) 世界の木材200種 (1997)
- 6) 長野県林指研究報告第3号 (1987)