

## IX カラマツ材の乾燥温度別による強度特性

吉田孝久  
橋爪丈夫

### 要 旨

カラマツの高温乾燥材（95℃で4日間）の曲げ強度試験を実施したところ、曲げ強さは数値的に若干低下が見られたが、使用上は差し支えない程度のものであった。また、曲げヤング係数は低温乾燥や中温乾燥と遜色ないものであった。

### 1. はじめに

針葉樹の高温高湿乾燥は、その樹種によっては乾燥仕上がりにより好結果をもたらす。たとえば、カラマツやベイマツに見られるように、ヤニ滲出防止や割れ抑制に対する効果は大きい(1)。しかし、一方では高温高湿乾燥材は、長時間高い温度にさらされていたがために、材が弱くなってしまわないかという懸念も生じてくる。事実、それに似た試験結果も数件見ることができ(2)(3)が、実際の乾燥条件で乾燥処理した場合、はたしてどの程度まで、材強度に影響があるのかを明確にする必要がある。

今回は、カラマツについて乾燥処理温度別による曲げ強度特性を、高温乾燥材（95℃）、中温乾燥材（75℃）、低温乾燥材（55℃）及び天然乾燥材の4条件で検討した。

なお、実際に普及しているカラマツの乾燥スケジュールは、通常ヤニ滲出防止のための初期蒸煮とその後の高温高湿乾燥であるため、蒸煮温度や蒸煮時間の影響についても順次明らかにするつもりである。

### 2. 試験方法

試験材料は、30 mm×30 mm×400 mm の無欠点試片であり、表-1 に示す供試本数を採材部位に

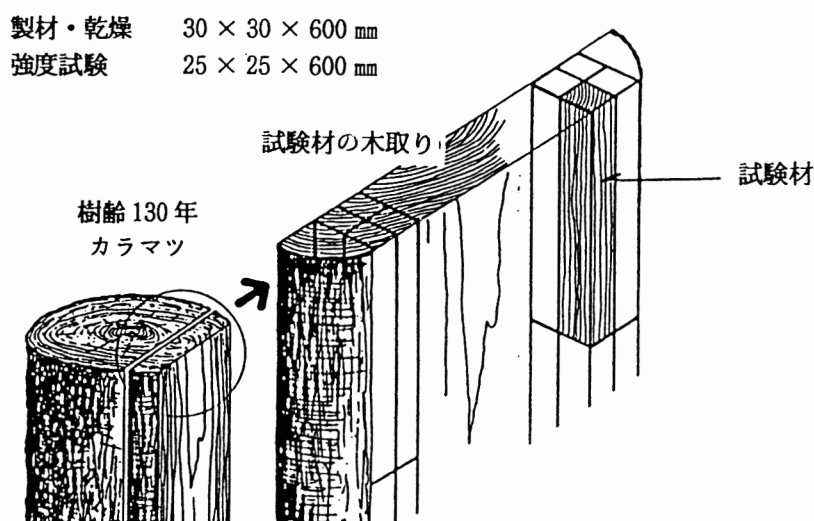


図-1 試験材の木取り

よる強度的なバラツキを極力少なくするよう、樹齢約130年のカラマツより図-1のとおり採取した。平均年輪幅は1.4mm~1.6mmである。

(1) 乾燥スケジュール

カラマツ材の人工乾燥は、一般的には初期蒸煮を5~10時間行うが、今回はこの蒸煮による材強度への影響を除いて考えたため、蒸煮無しにより人工乾燥を行なった。人工乾燥スケジュールは表-1に示すとおりである。なお人工乾燥においては、乾燥時間がすべて同一になるよう調湿時間で調整した。今回の場合は、高温、中温、低温乾燥すべて96時間(4日間)である。

各乾燥を終了した材は25mm×25mm×400mmにプレーナー仕上げし、およそ2週間恒温恒湿室(温度20℃、湿度65%：平衡含水率約13%)内で養生した。

表-1 乾燥スケジュール

含水率 (%)	高温乾燥		中温乾燥		低温乾燥		天然乾燥
	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)	
生~30	95	5	75	5	55	5	1991. 8. 30 ~ 1991. 9. 24
30~20	95	8	75	8	55	8	
20~12	95	12	75	12	55	12	
調湿	95	3	75	4	55	5	
供試本数	32本		32本		32本		32本

★ 人工乾燥においては、乾燥時間がすべて同一になるよう調湿時間で調整した。  
今回の場合は、高温、中温、低温乾燥すべて96時間(4日間)である。

(2) 曲げ強度試験

JIS Z 2113「木材の曲げ試験方法」に従って中央集中荷重方式により実施した。試験機はNMB製TCM-5000Cを用い、スパン36.4cm、荷重速度はおよそ毎分150kgf/cm<sup>2</sup>に設定した。荷重面は柁目を標準とした。試験終了後、破壊荷重より曲げ強さ、荷重に対するたわみより曲げヤング係数を求めた。また、全たわみ量及び仕事量についても検討を加えた。

3. 試験結果

(1) 曲げ強さ・曲げヤング係数

試験結果を、74年生のカラマツを用いて行なった試験結果(1985年実施,各温度処理条件20本,未発表)と併せて表-2及び図-2、3に示す。

曲げ性能に影響を及ぼす材質的な因子は、節をはじめとし比重や平均年輪幅、試験時含水率などがあげられるが、本試験に供した材は天然乾燥材の含水率が他のものに比べ3%程度高い(これについては後述)他はほぼ同一条件とみてよい(表-2)。このため、これら材質的な因子の強度性能への影響は今回の考察からは除くこととし、温度別処理との関係のみを考察の対象とした。

まず曲げ強さについては図-2でみるように人工乾燥材のうち中温乾燥材と低温乾燥材はそれぞれ818.8kg/cm<sup>2</sup>、814.9kg/cm<sup>2</sup>と差がないのに対し、高温乾燥材は784.2kg/cm<sup>2</sup>と中温乾燥材との間に有意な差が認められた。つまり高温乾燥することにより材の曲げ強さが減少したことになる。この点について図-2により75℃付近にその変位点があることが予想される。

人工乾燥材(高温、中温、低温)と天然乾燥材との間には全てに有意な差が認められたが、

これは前述した試験時含水率の差が強度に影響する事から、今回の結果のみで人工乾燥材は強いという結論はでない。さらに、高温乾燥材について注目すべき点は、全たわみ量が他の乾燥処理したものに比べ最も少ないことがあげられる。全たわみ量が少ないことは、その材料のねばりがないことを意味し、高温乾燥材はこのねばりが低下していることが伺われる。これら高温乾燥材にもたらされた脆弱性は乾燥時間がさらに長時間になればその度合が大きくなると思われるが、この乾燥時間との関係については機会をみて検討したい。なお、今回の高温乾燥時間は延べ96時間（4日間）であり、これは業界で行なわれているカラマツ壁板用原板の乾燥時間とほぼ同じであるため、曲げ強さは中温乾燥に比べ若干低下するものの、利用上は差し支えないものと思われる。

一方、曲げヤング係数については、高温乾燥材 100.2ton/cm<sup>2</sup>、中温乾燥材 101.0ton/cm<sup>2</sup>、低温乾燥材 101.4ton/cm<sup>2</sup>、天然乾燥材 95.4ton/cm<sup>2</sup>と乾燥温度別にみたヤング係数に有意な差はない。つまり今回の温度処理では、たわみ難さには影響がないと考えられる。

表-2 J I S 曲げ試験結果 (1991)

乾燥条件	曲げ強さ (A) (kg/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (ton/cm <sup>2</sup> )	比例限度 (B) (kg/cm <sup>2</sup> )	B/A	試験時 比重	含水率 (%)
高温乾燥 (95℃)	784.2 (68.0)	100.2 (17.9)	461.5 (75.2)	0.59 (0.07)	0.54 (0.02)	12.6 (0.2)
中温乾燥 (75℃)	818.8 (60.4)	101.0 (17.2)	456.1 (80.2)	0.56 (0.08)	0.54 (0.02)	13.5 (0.1)
低温乾燥 (55℃)	814.9 (57.4)	101.4 (16.1)	459.6 (67.1)	0.56 (0.06)	0.54 (0.02)	13.8 (0.3)
天然乾燥	732.4 (50.8)	95.4 (17.0)	382.6 (66.1)	0.52 (0.08)	0.55 (0.02)	16.3 (0.3)

★ 含水率 1% に対する強度変化率  
 破壊係数…… 4%  
 比例限度…… 5% (基礎木材工学より)

上段………平均値  
 (下段) ……標準偏差

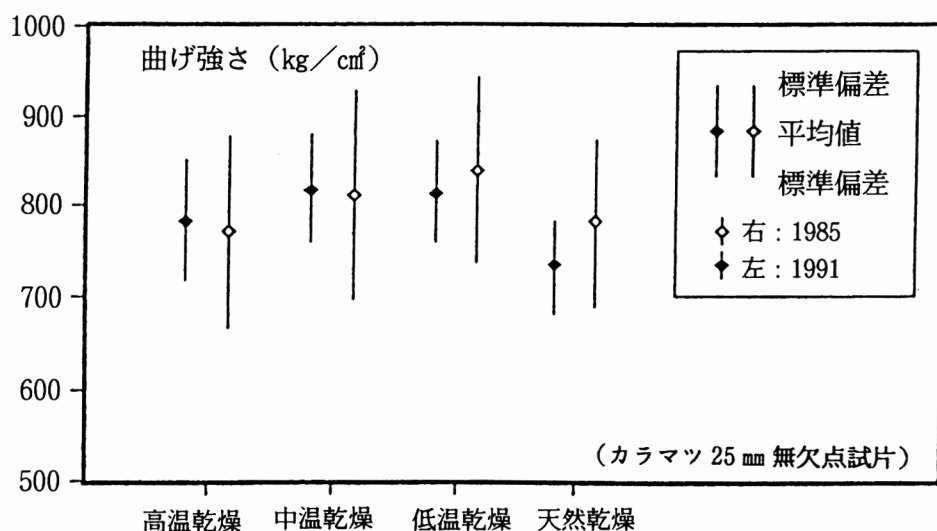


図-2 乾燥温度別による曲げ強さ

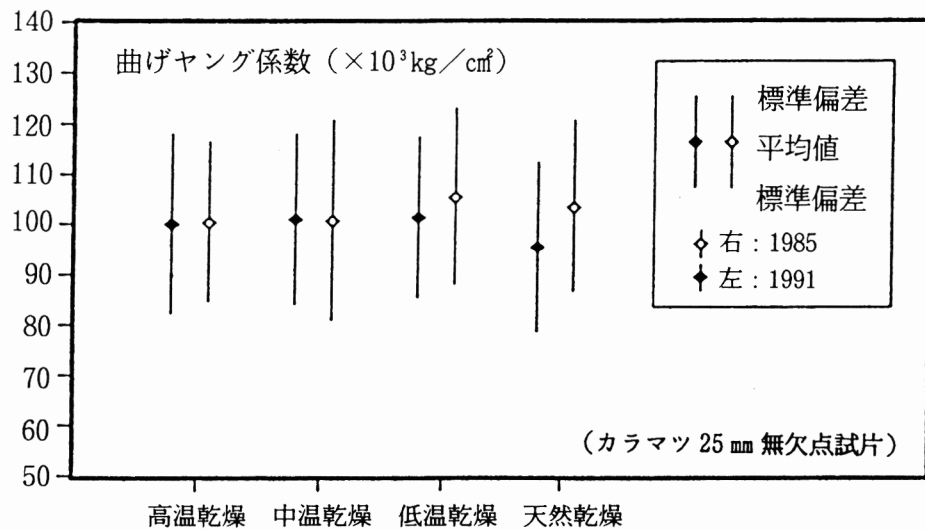


図-3 乾燥温度別による曲げヤング係数

以上の結果は、1985年に74年生のカラマツより得られた試験材（各条件20本）で、ほぼ同様の試験を行なった結果（未発表）とほぼ似た傾向となったことから、本試験結果の信頼性は高いものと思われる。

(2) 全たわみ量

表-3に乾燥温度別の全たわみ量及び曲げ仕事を、図-4に乾燥温度別の曲げ荷重-ダイヤグラムを示した。

高温乾燥材について注目すべき点は、全たわみ量が他の乾燥処理したものに比べ少ないことがあげられる。このことは、その材料のねばりが減少したことを意味している。これら高温乾燥材にもたらされた若干の脆弱性は乾燥時間がさらに長時間になればその割合が大きくなると思われるが、この乾燥時間との関係については機会をみて検討したい。前述したとおり、高温乾燥材は全たわみ量が明かに少ないが、これを図-4の「曲げ荷重-たわみダイヤグラム」で見ると、荷重が弾性限界を越えて破壊に至るまでの塑性変形領域でのたわみ量が、他の乾燥処理材に比べて極めて小さいことがうかがえる。このことは、弾性限度を越えた木材はその後の荷重に対してのねばりがなく、破壊までの時間が短いことを意味している。

(3) 曲げ破壊形態

前述したとおり、高温乾燥材は全たわみ量が明かに少ないが、これを曲げ荷重-たわみダイ

表-3 乾燥温度別破壊状態

区分 条件	全たわみ量 (mm)	曲げ仕事量 (kg・cm)	破壊荷重 (kg)	比例限度 (kg)
高温乾燥	10.7	2225	255	150
中温乾燥	12.4	2620	266	148
低温乾燥	12.9	2670	262	147
天然乾燥	13.1	2342	235	122

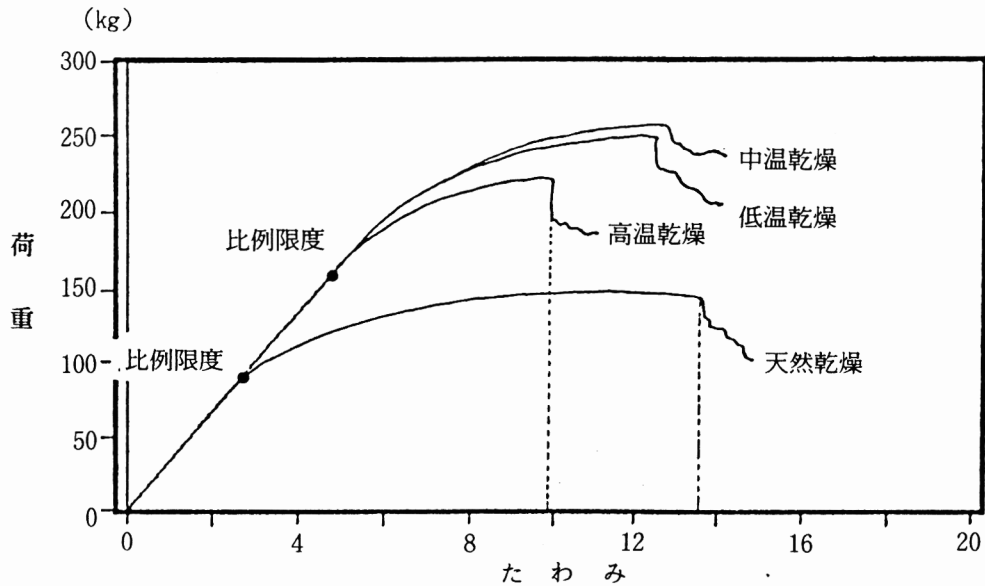


図-4 曲げ荷重-たわみダイヤグラム

ダイヤグラムでみると、荷重が弾性限界を越えて破壊に至るまでの塑性変形領域でのたわみ量が他の乾燥処理材に比べて極めて小さいことが伺える。このことは、弾性限界を越えた木材はその後の荷重に対してのねばりがなく、破壊までの時間が短いことを意味している。

曲げ試験による試験片の破壊形態は、肉眼的に破壊側面からみて標準的な破壊形態5タイプ4)がよく使われるが、今回の試験における破壊形態は、大きく2タイプ(写真-1)に分類できる。ひとつは、塑性変形領域で圧縮側に破壊が始まり、その後最終的な破壊が引張側に起こるもの(①)で、この破壊形態は中温乾燥、低温乾燥、天然乾燥に多く見られた。もうひとつは、高温乾燥材に多く見られた破壊形態(②)で、この破壊形態を示す材は引張側が圧縮側に優先して破壊が起きたものである。

このように破壊形態に差が生じたことは、乾燥処理温度の違いが原因していることは明かであり、高温処理による材質への影響が見受けられる。今後、圧縮試験及び引張り試験の必要性があろう。

#### 4. おわりに

今回の高温乾燥時間は延べ96時間であり、これは業界で行なわれているカラマツ壁板用原板の乾燥時間とほぼ同じであるため、曲げ強さは中温乾燥に比べ多少低下するものの、利用上は差し支えない程度と思われる。

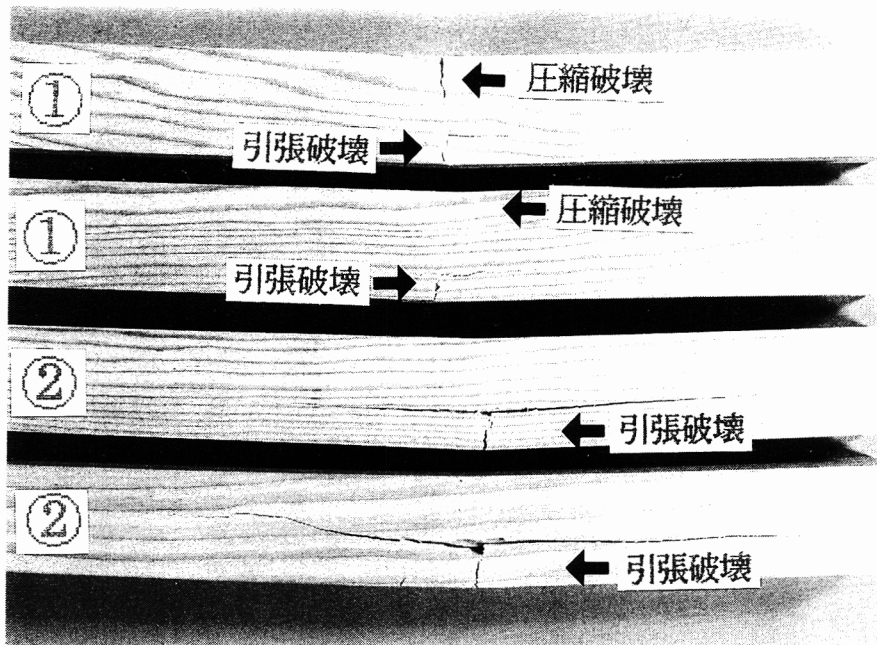


写真-1 曲げ破壊形態

参考文献

- (1) 吉田孝久他：カラマツ材の人工乾燥,長野県林業指導所研究報告(第1号),1986
- (2) 鷺見博史：加熱処理条件が曲げ破壊形態に及ぼす影響,木材学会誌Vol.28,No8,p489~494、1982
- (3) 寺沢真・小林拓治郎：木材乾燥における高温蒸煮の影響,木材工業,Vol.29-8,p327~331,Vol.29-9,378~382
- (4) 杉山英夫：建築構造学体系、木構造 26~27,1972,彰国社