

材質特性及び用途適合性に関する研究

一針葉樹小径材の材質一

専門技術員 宗 形 芳 明
主任研究員 中 島 剛
(現、いわき林業事務所経営課長)

I 目 的

間伐材等小径材の利用を促進するため、スギ及びアカマツ小径材の基礎的材質及び加工性について検討した。

II 方 法

1. 供 試 木

- (1) スギ……径級 8～12cm の地元産スギを 50 本選木し、供試木とした。
- (2) アカマツ……径級 12～16cm の地元産アカマツ 25 本を供試した。いずれも長さは 3 m。

2. 挽材及び乾燥方法

スギ供試木は径級等により、7 cm 正割 25 本、9 cm 正角 25 本に、アカマツについては 9 cm 正角にそれぞれ挽材を行った。

全ての製材品は栈木間隔 60 cm、横間隔 3 cm の 5 本並べ 10 段積みとし、両木口部に栈木がくるようにした。天然乾燥は屋外に屋根掛けし、含水率約 30 % まで行い、その後人工乾燥により 12～15 % まで乾燥した。なお人工乾燥は初期温度 60 °C、温度差 5 °C、末期温度 80 °C、温度差 25 °C で連続運転により実施した。

3. 測定項目及び方法

(1) 製材品の外観的性状

全ての供試材について製材後直ちに次の項目について測定した。

- ① 節：材長の中央 $\frac{1}{3}$ 区間における節径比及び集中節径比を 4 材面について測定。また最大節径比については全材長について測定した。
- ② 丸身：材長の中央 $\frac{1}{3}$ 区間における一角丸身及び全体丸身を J A S に準じて測定した。
- ③ 曲り：材長における最大矢高を 2 材面について測定した。
- ④ 年輪巾：両木口面において、図-1 に示すように樹芯から最遠の材面の間 (l_1) に含まれる完全年輪について平均年輪巾を測定した。また樹芯から $\frac{D}{4}$ の長さを除いた部分 (l_2) に含まれる完全年輪について平均年輪巾を測定した。

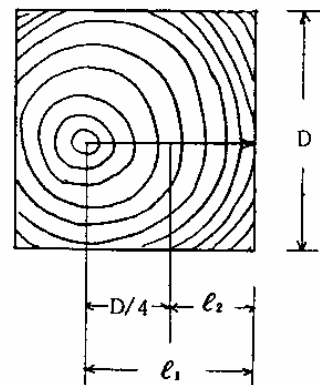


図-1 年輪巾の測定

⑤ その他の欠点：材長の中央 $\frac{1}{3}$ 区間における虫、菌害その他の欠点をJ A Sに準じて測定した。

(2) 乾燥による形質変化

全ての供試材について製材直後、天然乾燥後及び人工乾燥後に次の項目について測定した。

① 含水率：各測定時に重量を測定し、全ての試験が終了した時に供試材の中央より試験片を採取し、絶乾法により含水率を求めて、各測定時の含水率を算出した。

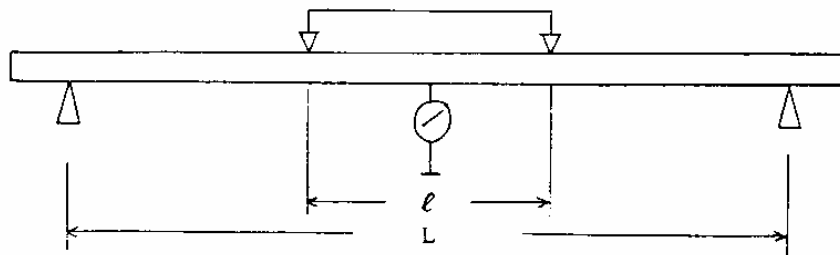
② 収縮率：両木口から50cmの位置と中央部の3カ所について寸法を測定し、各時期の収縮率を求めた。

③ 曲り：材長における曲りの最大矢高を2材面で測定した。

④ ねじれ：製材直後の両木口に基準線を記入し、一方の木口を平面上に固定し、他方のねじれ角度を分度器で測定した。

⑤ 割れ：木口割れと材面割れに区別して、割れの長さ、巾を測定した。

(3) 強度性能



断面	L	l
7×7 cm	150cm	50cm
9×9 cm	180cm	60cm

図-2 実大曲げ試験

人工乾燥を終了した供試材については、図-2に示す方法により実大強度試験を実施し、曲げヤング係数、曲げ比例限度力、曲げ破壊係数を測定した。次に実大強度試験を実施した供試材の未破壊部分よりJ I Sによる無欠点試験材を作成し、曲げ試験を実施した後縦圧縮試験を行った。

III 結果及び考察

1. 供試木の外観的性状と品等区分

表-1 供試木の外観的性状

表-1にスギ材の径級範囲別外観的性状を示した。

樹種(スギ)		材長(3m)							
径級範囲	調査本数(木)	平均年輪巾(mm)	曲り(%)	節(個)	心材率(%)	偏心率(%)	真円率(%)	細り率(%)	
8.0 ~ 9.9 ^{cm}	A V	22	3.7	23.2	35	13.7	3.4	92.0	25.8
	S D		0.95	9.8	11.6	6.0	2.5	4.1	2.3
10 ~ 11.9	A V	20	3.6	16.1	34	20.0	3.7	93.4	26.2
	S D		1.07	8.5	10.8	5.7	1.4	3.4	1.0
12 ~ 13.9	A V	8	3.4	14.8	30	22.1	4.6	95.8	27.7
	S D		0.96	6.0	11.5	5.0	2.9	2.0	0.5
14 ~	A V								
	S D								
計	A V	50	3.6	19.0	34	17.6	3.7	93.2	26.3
	S D		1.01	9.5	11.4	6.7	2.3	4.0	1.8

径級が大きくなるにしたがって、平均年輪巾、曲りは小さく、心材率、偏心率、真円率、細り率は大きくなる傾向にはあるが、いずれもきわだった相関関係はなく、わずかに心材率との間でR=0.446が認められた程度であった。

表-2にはこれらスギ材の品等区分を示した。

表-2 供試木の品等区分(スギ)

調査木の概要	径級範囲 (cm)	調査本数 (本)	欠点因子による品等区分									
			曲り		その他		総合					
			1等	2等	1等	2等	1等	2等				
樹種(スギ)	~ 7.9	-										
材長(3m)	8.0~9.9	22	13	9	22	0	13	9				
樹齢(不明)	10.0~11.9	20	19	1	20	0	19	1				
	12.0~13.9	8	7	1	8	0	7	1				
	14.0~	-										
	計	50	39	11	50	0	39	11				

径級13cm以下の場合には曲りにより区分されるが、径級が小さい9.9cm以下では22本中9本が25%以上の曲りにより2等材となった。全体では50本の約2割にあたる11本が2等材に格付けとなった。

表-3 供試木の外観的性状

樹種(アカマツ)		材長(3m)							
径級範囲	調査本数 (本)	平均年輪 巾(mm)	曲り (%)	節 (個)	心材率 (%)	偏心率 (%)	真円率 (%)	細り率 (%)	
12~13.9 ^{cm}	AV	6	3.4	17.8	2.1	4.5	7.5	95.0	28.5
	SD		0.7	7.6	5.4	3.0	3.0	2.6	1.4
14~15.9	AV	17	3.1	20.7	13.6	4.0	7.7	94.2	28.5
	SD		0.7	5.4	6.2	2.7	2.9	2.1	1.7
16~	AV	2	2.9	16.0	12.5	3.5	7.6	94.2	31.0
	SD		0	7.4	3.5	0.7	0.5	0.8	0.5
計	AV	25	3.2	19.6	15.3	4.1	7.6	94.4	28.7
	SD		0.7	6.0	6.6	2.6	2.7	2.1	1.7

次にアカマツ材について、表-3には外観的性状を、表-4には品等区分を示した。

表-4 供試木の品等区分(アカマツ)

調査木の概要	径級範囲 (cm)	調査本数 (本)	欠点因子による品等区分											
			曲り			節			その他			総合		
			1等	2等	3等	1等	2等	3等	1等	2等	3等	1等	2等	3等
樹種(アカマツ)	12.0~13.9	6	5	1	-	-	-	-	6	0	0	5	1	-
材長(3m)	14.0~15.9	17	0	17	0	1	14	2	17	0	0	0	15	2
樹齢(不明)	16.0~	2	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	1	1
	計	25	5	20	0	1	15	3	25	0	0	5	17	3

アカマツ材の場合は、径級の違いによる性状の差異はほとんどみられず、スギに比べ節、心材率の少なさ、偏心率の大きいことが特徴となっている。品等区分についてはアカマツ材の場合も全体的に曲りが大きく、25本中20本(8割)が2等材であった。なお14cm以上の中の素材では節も欠点因子となり、アカマツの場合は当然節径が大きいことから、ほとんどが2,3等材であった。

2. 製材品の性状及び品等区分

(1) スギ製材品

表-5には製材品の外観的性状を、表-6にはその品等区分について示した。

表-5 製材品の外観的性状

		中央 $\frac{1}{3}$ 区間		全長での 最大節径比	丸身(%)	
		最大節径比	集中節径比		全体	一角
7 × 7 (n = 24)	A V	27.7	43.0	30.5	18.3	10.4
	S D	6.3	19.0	6.1	12.8	8.9
9 × 9 (n = 25)	A V	23.9	38.8	26.3	23.9	10.6
	S D	5.6	10.0	7.2	10.6	3.9

表-6 製材品の品等区分

	7 × 7 cm					9 × 9 cm				
	特等	1等	2等	3等	等外	特等	1等	2等	3等	等外
節	9	12	3		0	9	14	1		0
丸身	6	12	3		3	3	16	5		0
曲り	21	—	3		0	24	—	0		0
平均年輪巾	16	—	8		—	22	—	2		—
くさり穴	24	0	0		0	24	0	0		0
総合	1	6	14		3	1	17	6		0

7cm正割、9cm正角とも、等級低下の要因となっているのは、丸身と節であった。特に丸身については全体的に径級が小さかったため、7cm正割で3本の等外品があった。節についても比較的大きな節が随所に認められ、1等材の割合が多くなってしまった。

(2) アカマツ製材品

表-7には製材品の外観的性状を、表-8にはその品等区分について示した。

表-7 製材品の外観的性状(アカマツ)

		中央 $\frac{1}{3}$ 区間		全長での 最大節径比	丸身(%)	
		最大節径比	集中節径比		全体	一角
9 × 9 (n = 24)	A V	23.4	40.6	29.9	0	0
	S D	9.0	20.3	6.0		

等級低下の要因となったのは節であり、やはり、アカマツ材の節の大きさが問題であった。丸身については比較的径級が大きく、曲りも少ない素材より挽材したため、全ての製材品が特等となった。

3. 乾燥による形質変化

(1) スギ製材品

表-9に製材品の乾燥による形質変化を示した。

表-9 製材品の乾燥による形質変化

			含水率 (%)	収縮率(%)			曲り (%)	ねじれ (度)	割れ(総長さ)	
				元口	中央	末口			木口	材面
7 × 7 cm (n=24)	製材後	AV	50.3	/	/	/	0.13		(cm)	(cm)
		SD	20.3	/	/	/	0.05	0	0	0
	天乾後	AV	26.5	0.33	0.44	0.45	0.16	1.2	17.7	30.4
		SD	6.2	0.22	0.24	0.26	0.09	1.2	21.8	47.7
	人乾後	AV	11.6	2.07	2.51	2.34	0.36	3.3	45.2	145.6
		SD	0.7	0.71	0.57	0.87	0.46	3.2	24.7	61.4
9 × 9 cm (n=24)	製材後	AV	62.9	/	/	/	0.09	0	0	0
		SD	21.6	/	/	/	0.05			
	天乾後	AV	32.0	0.38	0.37	0.53	0.12	0.8	24.1	70.1
		SD	6.5	0.22	0.17	0.30	0.06	1.0	22.1	70.2
	人乾後	AV	13.5	2.38	2.50	2.59	0.20	2.1	89.4	173.1
		SD	1.5	0.57	0.34	0.38	0.14	2.0	44.3	39.2

人工乾燥後の含水率が7cm正割で11.6%、9cm正角で13.5%と相当低含水率まで乾燥を行った。そこで大きな欠点としてあらわれたのが割れであった。木口割れ、材面割れとも天然乾燥の段階から相当発生しており、人工乾燥を終了した時点では7cm正割材1本を除いて全ての材(47本)に発生した。次に曲り、ねじれについては断面の小さな7cm正割が大きい傾向にあったので、人工乾燥後の曲りの発生を、JAS規格特等の0.2%以下及び0.5%以上に区分し、表-10に示した。これによってもやはり断面の小さな7cm正割では2等、等外材の発生割合が大きかった。

(2) アカマツ製材品

表-11に製材品の乾燥による形質変化を示した。

アカマツの場合はスギ以上に割れの発生が大きな欠点としてあらわれた。曲りの発生については表-10からも明らかなように比較的少なく、大部分が特等材の0.2%以下であった。しかしねじれの発生についてはスギに比べ非常に大きくなっていった。

表-8 製材品の品等区分(アカマツ)

	9 × 9 cm				
	特等	1等	2等	3等	等外
節	7	14	2		1
丸身	24	0	0		0
曲り	24	-	0		0
平均年輪巾	24	-	0		0
くさり穴	24	0	0		0
総合	7	14	2		1

表-10 人工乾燥後の曲り率

	スギ		アカマツ
	7cm正割	9cm正角	9cm正角
0.2%以下(特等)	9本	13本	17本
0.2~0.5%(2等)	10	10	4
0.5%以上(等外)	5	1	3

表一 11 製材品の乾燥による形質変化

		含水率 (%)	収 縮 率 (%)			曲 り (%)	ねじれ (度)	割れ (総長さ)		
			元 口	中 央	末 口			木 口	材 面	
9 × 9 cm (n = 24)	製材後	AD	126.6	/	/	0.12	0	0	0	
		SD	18.9	/	/	0.04				
	天乾後	AD	26.4	1.11	0.90	1.01	0.11	4.4	40.4	262.5
		SD	5.9	0.52	0.52	0.59	0.04	3.4	24.1	83.9
	人乾後	AD	14.9	2.93	2.80	2.71	0.21	10.7	44.8	313.0
		SD	1.4	0.69	0.76	0.92	0.20	6.1	23.5	59.0

4. 強度性能

実大材の曲げ強度性能を表一 12 に、J I S 強度性能を表一 13 に示した。

表一 12 実大材の強度性能

樹種	材 種	年輪巾 (mm)		含水率 (%)	気乾比重	曲げヤング係数 (ton/cm ²)	比例限応力 (kg/cm ²)	曲げ強さ (kg/cm ²)
		ℓ ₁	ℓ ₂					
ス	7 × 7 cm AV (n=24)	5.3	4.6	13.9	0.42	70.4	269	430
	SD	1.2	1.4	0.3	0.04	13.9	69	96
ギ	9 × 9 AV (n=24)	4.8	4.2	15.0	0.42	79.2	284	446
	SD	1.2	1.4	0.6	0.04	14.8	43	92
アカマツ	9 × 9 AV (n=24)	3.5	3.3	15.0	0.49	96.6	251	427
	SD	0.8	0.8	1.1	0.05	20.2	59	139

表一 13 J I S 強度性能

樹種	材 種	含水率 (%)	気乾比重	平均年輪巾 (mm)	年輪矢高 (mm)	曲 げ 強 度			縦圧縮強さ	
						ヤング係数	比例限応力	破壊係数		
ス	7 × 7 cm	AV	13.4	0.39	4.6	2.0	53.1	266	611	206
		SD	0.6	0.05	1.6	0.8	13.4	73	94	32
ギ	9 × 9	AV	14.1	0.39	4.2	1.7	59.0	301	617	218
		SD	0.8	0.04	2.0	0.7	12.8	85	92	32
アカマツ	9 × 9	AV	13.0	0.49	3.4	1.7	75.3	408	676	395
		SD	0.4	0.05	0.8	0.4	13.8	101	108	66

(1) スギ製材品

気乾比重については実大材で節の影響のためか 0.42、J I S 試験材では 0.39 と一般材に比べ、やや大きいか同じ程度であった。しかし強度性能では、実大材の曲げ破壊係数、J I S 試験の曲げヤング係数、縦圧縮強さのいずれにおいても一般材の約 20 ~ 30 % の強度低下となっている。

次に年輪巾等の各因子と曲げ性能 (実大材) との相関関係を表一 14 に示した。

各因子の中では、やはり比重との関係が一番大きく、年輪巾については断面積の大きな 9 cm 正角において、中心部より表面に近い部分の年輪巾 (ℓ₂) との関連がわずかにみられた。節径比との関係は、節の形成が材内部で複雑なことから、見かけ上はほとんど関連がないようである。

表一 14 各因子と曲げ性能との相関係数

因 子	曲げヤング係数		曲げ破壊係数	
	7 cm 正割	9 cm 正角	7 cm 正割	9 cm 正角
年輪巾 l_1	- 0.186	- 0.298	- 0.266	- 0.321
" l_2	- 0.191	- 0.456	- 0.244	- 0.488
比 重	0.475	0.688	0.617	0.745
節径比 (圧縮側)	- 0.136	- 0.058	- 0.237	0.019
" (側 面)	- 0.116	0.059	- 0.352	0.074
" (引張側)	0.272	- 0.035	0.164	- 0.204
曲げ破壊係数	0.834	0.831	/	/
製材直後	0.890	0.965	/	/
J I S 試験	0.736	0.853	0.711	0.777

(2) アカマツ製材品

アカマツの場合には気乾比重においても 0.49 と一般材平均の 0.52 に比べわずかに小さくなっており、それが強度性能においてもその低下が顕著である。特に J I S 試験の曲げヤング係数で約 35 %、曲げ破壊係数で約 25 %、縦圧縮強さで約 15 %の強度低下となっている。

IV おわりに

1. 素材の品等区分において、小径木の場合一般に曲りが大きく、そのことによりスギの場合で 22 %が 2 等材となり、特に末口径 10 cm 以下の素材では 40 %が 2 等材となった。アカマツの場合にはこれがより顕著となり、曲りが大きくて 2 等材となったものが 80 %をしめた。
2. 製材品の品等区分では、等級の低下要因として節の影響が大きく、スギではこれにより 7 cm 正割、9 cm 正角あわせても特等材は約 38 %しかなく、アカマツではもっと少なく約 30 %となり、小径木での節の数と大きさは常に問題である。

またスギの場合、平均年輪巾が 6 mm 以上で 2 等材となったものが 7 cm 正割に多く (約 33 %)、産地によっては初期生長の旺盛さが問題となる。

3. 製材品の乾燥に伴う欠点では、スギ、アカマツとも割れが一番問題となり、ほとんど全ての製材品に発生し、心持ち材の特徴 (欠点)、乾燥の難しさがあらわれている。その他スギの場合には曲りの発生も大きく、断面の小さな製材品ほど大きい傾向にある。アカマツではねじれの発生が比較的大きかった。
4. 小径材の強度性能 (曲げ、縦圧縮) については、スギ、アカマツとも一般材に比較して 20 ~ 30 %の強度低下が認められた。

V 参考文献

- 1) 鷲岡ら：タテヤマスギ間伐木の材質試験、木材と技術、No 14、7 (1973)
- 2) 野原：間伐材の材質試験、岐阜林セ研報、No 4、(1976)
- 3) 中野ら：間伐材の材質の特徴とその利用、木材工業、32 巻 4 号、(1977)
- 4) 林試編：木材工業ハンドブック