

スギ大径材から製材された心去り角材の乾燥試験

木材部 山岸信也・吉田孝久

長野県産のスギ大径材から心去りの角材(125×130×4,000mm)(以下正角材とよぶ)2本及び平角材(125×265×4,000mm)1本を採材して、これらの特性を把握するために目標仕上がり含水率を15%未満として人工乾燥を行った。正角材は約16日間の乾燥(総乾燥時間約384時間)、平角材は約22日間(総乾燥時間約520時間)で養生後平均含水率は正角材が約9.4%、平角材が約6.9%となった。モルダー加工後の品質基準は、正角材では満足したが、平角材では内部割れの発生を抑制する乾燥スケジュールの改良が必要と思われた。

キーワード：スギ, 大径材, 乾燥, 心去り材

1 緒言 (はじめに)

スギは長野県人工林面積の約17%を占める主要な樹種の1つである。その内11齢級以上のものは約64%にもなり、大径化が進んでいる。現在、スギの大径材としての利用研究は資料が乏しく今後増加していくであろう大径材を利用するにあたっての指針はない。そこで、長野県スギ大径材から得られる心去り構造材の効率的な生産に必要な乾燥スケジュール及び品質基準に関する知見を得るため、これらに必要な調査を行った。なお、本研究は平成26年度補正林野庁事業「スギ大径材から得られる心去り構造材の共同調査研究」として宮崎県・岩手県・奈良県・大分県・熊本県・鹿児島県との共同研究として行った。

2 試験方法

2.1 試験概要

目標とする寸法(表1)及び品質基準(表2)を掲げた。含水率は、生材から20%まで低下する間に発生する曲がり量と20%から15%の間に発生する量を比べると、両者はほぼ同じであるという宮崎県木材利用技術センターの過去の知見¹⁾から15%未満を目標とした。

今回提案する木取り方法(図1)で製材する正角材と平角材の人工乾燥試験等について乾燥スケジュール及び歩増し寸法の検討を行った。

表1 目標寸法

	製材寸法(mm)	想定仕上げ寸法(mm)
正角材	125×130×4,000	105×105×4,000
平角材	125×265×4,000	105×240×4,000

表2 目標とする品質基準

項目	含水率	表面割れ	内部割れ	モルダー加工後の曲がり・反り
正角材	15%未満	ゼロ	ゼロ	1/1,000以内
平角材	15%未満	軽微	ゼロ	1/1,000以内

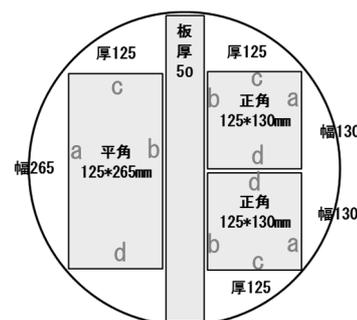


図1 木取り

2.2 供試原木

供試材として32本のスギ大径材を用意した。供試原木の末口直径の平均は46.2cm(最小40.5cm、最大57.0cm)であった。その他の概要について表3に示した。

表3 供試原木の概要

原木調達先	調達本数	採取番玉	曲がり	調達時期
山ノ内町地域	32	1番玉	直材	平成27年6月~9月

2.3 木取り

製材木取りを写真1に示す。

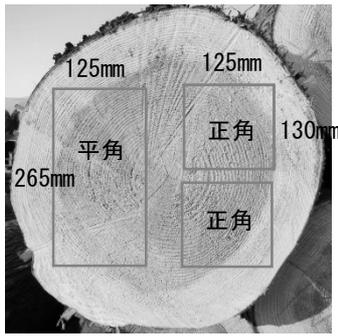


写真1 原木採材方法

2.4 製材

製材方法は、送材車付帯鋸盤を用いた側面定規挽きで、製材時の修正挽きはなしとした。製材寸法は、正角材を 125×130×4,000mm、平角材を 125×265×4,000mm として製材を行った。

2.5 人工乾燥

乾燥は、蒸気式乾燥機を用いた中温乾燥として棧積み上部に重しは使用しないこととした。表4及び表5のスケジュールで実施し、乾燥前後で材の形質を測定した。

表4 正角材乾燥スケジュール(全384時間)(16日間)

時間 (h)	累積時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿温度差 (°C)
1	1	60	55	5
11	12	80	75	5
12	24	80	70	10
12	36	80	65	15
60	96	80	60	20
24	120	85	65	20
72	192	90	70	20
192	384	90	65	25

表5 平角乾燥スケジュール(全528時間)(22日間)

時間 (h)	累積時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿温度差 (°C)
1	1	60	60	0
11	12	80	75	5
24	36	80	70	10
24	60	80	65	15
60	120	80	60	20
72	192	85	65	20
120	312	90	65	25
216	528	90	60	30

2.6 養生

正角材は93日間、平角材は20日間、屋内で養生をした。その後、材の形質測定を行った。測定の後、元口側及び末口側を材長方向に木口から50~60cmの位置で切断し、30mm厚の含水率試験片を採取し全乾法での含水率を求めた。また、平角材については、含水率試験片採取位置の横からさらに40mm厚の密度試験片を採取し全乾密度を求めた。

(図2)

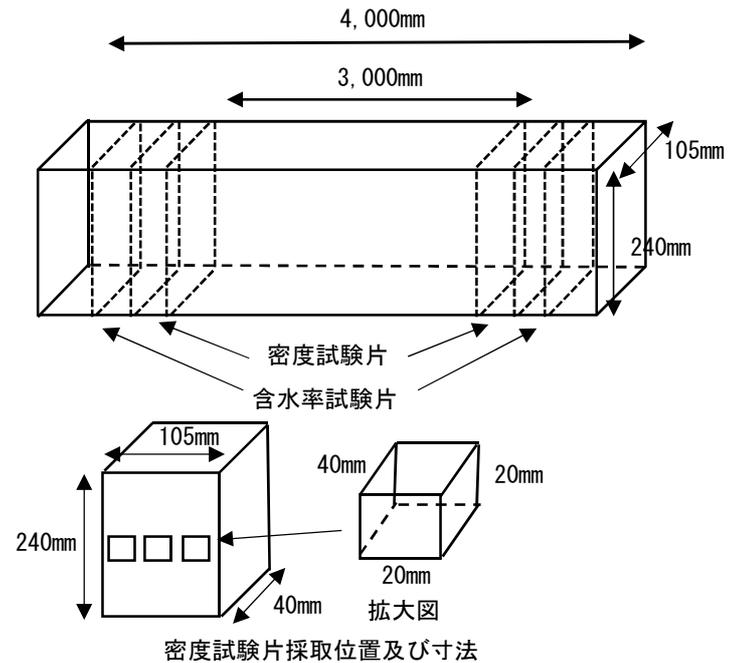


図2 含水率及び密度測定用試験材の採材方法

2.7 仕上げ加工

仕上げ寸法は4面モルダーを使用し、正角材で105×105×3,000mm、平角材は105×240×3,000mmに仕上げ、その後、材の形質を測定した。

3 結果と考察

3.1 原木材質

大径材原木の材質特性を表6及び表7にまとめた。

原木の調達に数カ月を要したためその間に水分が抜けたためか原木の重量は498kg/本と比較的軽めであった。また、乾燥速度に影響するとみられる心材率は約80%であった。

表6 スギ丸太の材質特性(1/2)

	材長 (m)	末口 直径 (cm)	元口 直径 (cm)	平均 直径 (cm)	細り 率 (%)	心材占有率 (%)		辺材占有率 (%)		重量 (Kg/本)	材積 (m ³)
						末口	元口	末口	元口		
平均値	4.159	46.2	54.4	50.4	2.0	77.7	78.3	22.3	21.7	498.52	0.892
中央値	—	45.3	54.0	49.0	—	—	—	—	—	492.75	0.859
最大値	4.625	57.0	65.3	61.0	4.4	88.2	88.9	34.0	44.8	711.50	1.337
最小値	4.053	40.5	44.0	42.0	0.6	66.0	55.2	11.8	11.1	329.00	0.685
標準偏差	0.103	3.3	4.9	3.6	0.9	4.2	6.2	4.2	6.2	90.76	0.127
変動係数(%)	2.5	7.0	8.9	7.2	46.6	5.4	7.9	18.7	28.4	18.2	14.2

表7 スギ丸太の材質特性(2/2)

	みかけ の密度 (kg/m ³)	平均年輪幅 (mm)		縦振動 ヤング 係数 (KN/mm ²)	縦振動 ヤング 係数区分 (E f)
		末	元		
平均値	603	8.1	8.4	6.23	E70
中央値	596	—	—	5.90	—
最大値	761	12.3	12.3	9.22	E90
最小値	406	4.5	5.1	4.27	E50
標準偏差	96	2.0	1.6	1.50	—
変動係数(%)	15.9	24.4	19.6	24.03	—

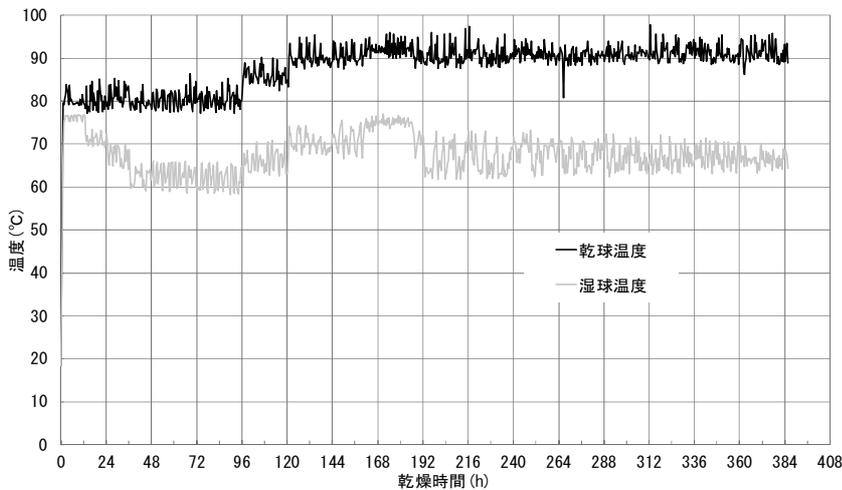


図3 正角材乾燥経過

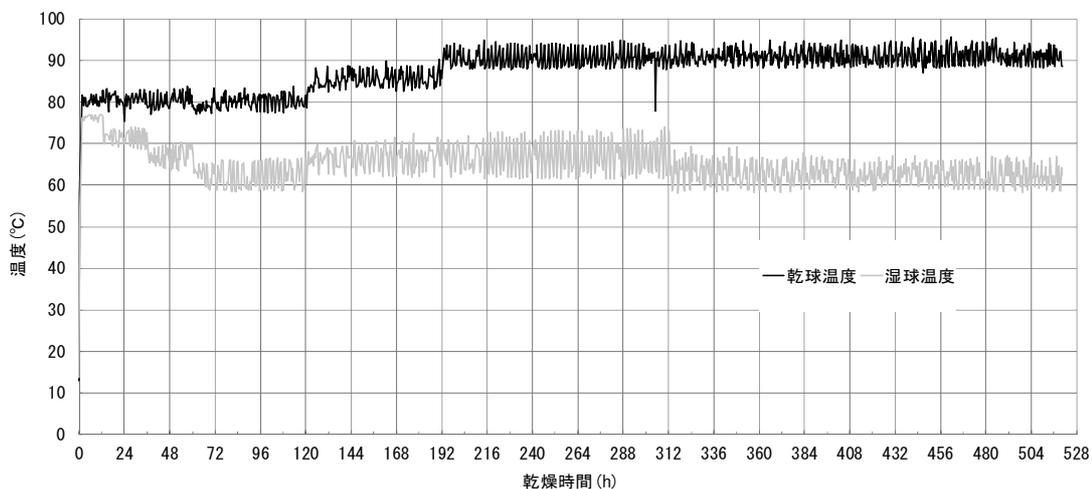


図4 平角材乾燥経過

3.2 材の含水率

人工乾燥時の温度経過を正角材は図3、平角材は図4に示した。また、正角材・平角材において製材時重量の中央値付近で軽い材と重い材で区分して、製材時重量及び製材時の全乾法含水率と乾燥後の全乾法含水率の関係を調査したものを図5・図6に示した。

製材時及び乾燥後の全乾法含水率は2.6の項で求めた全乾法含水率を使い、重量から、その時点での全乾法含水率を計算して求めた値である。正角材・平角材の中央値はそれぞれ36.26kg及び72.88kgであり、5kg単位のきりのいい数値で区分するため35kg及び70kgを区分値とした。

正角材・平角材とも、製材時では重量の低い方が全乾法含水率は低く、乾燥後も全乾法含水率は製材時重量の低い方が低い傾向にあった(正角材・平角材でt検定した結果はそれぞれ $P=3.4 \times 10^{-6}$ 及び $P=6.5 \times 10^{-3}$ で $P < 0.05$ と有意差有りとなった)。これは、正角材の製材時において35kg未満の全乾法含水率は平均66.4%、35kg以上は平均95.4%と含有水分が少ないために重量が低くなり、乾燥後も全乾法含水率の平均値がそれぞれ6.3%と8.8%となり、初期含水率が低い方の水分が高い方より抜けたためと思われる。平角材でも同様のことが考えられる。

正角材の全乾法含水率は最小5.7%～最大17.0%、平均7.8%となり、平角材では最小4.7%～最大17.2%、平均6.6%となった。正角材・平角材共に15%を上回ったものは製材時の重量が平均より重いものであった。

正角材・平角材共にほぼ全ての材で当初目標含水率の15%を下回った。しかし、乾燥後の平均含水率がそれぞれ7.8%、6.6%と目標に対して過乾燥であったため、現在の乾燥スケジュールの乾燥日程をもっと短くする等の検討が必要と思われる。

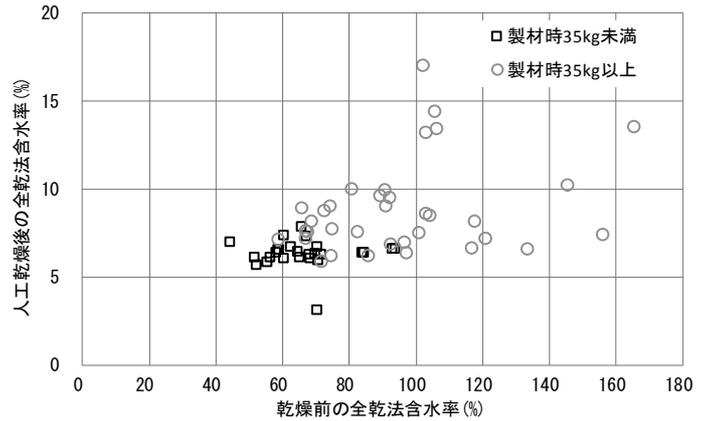


図5 乾燥前後の正角材の全乾法含水率

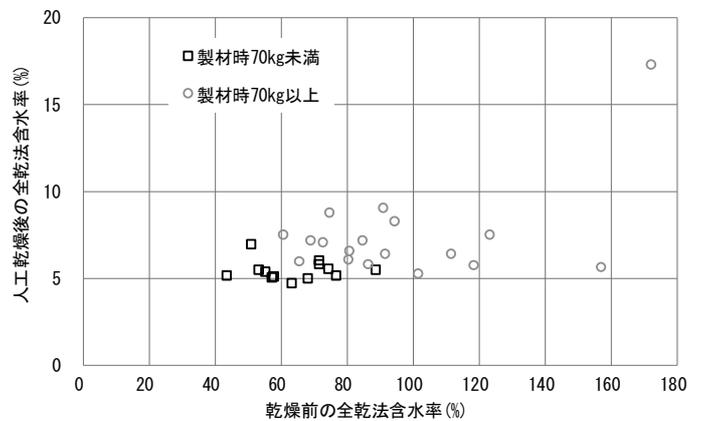


図6 乾燥前後の平角材の全乾法含水率



写真2 人工乾燥後の正角材



写真3 人工乾燥後の平角材

3.3 乾燥による形質変化

正角材及び平角材を製材後、乾燥後、養生後、モルダー加工後の段階ごとに計測したデータの平均値・最大値・最小値・標準偏差・標本数の5つについてまとめたデータを表8～23に示した。

表 8 製材後正角材のデータ (1/2)

正角材	寸法 (mm) ・ ・ ・ ・ 中央部							体積 (m ³)	重量 (k g)	密度 (kg/m ³)
	材長	幅		平均	厚		平均			
		木表 a	木裏 b		木表 c	木裏 d				
平均値	4,155	131.33	131.13	131.23	126.00	125.96	125.98	0.0687	37.06	539
最大値	4,600	133.32	133.08	133.15	127.95	127.93	127.94	0.0767	53.00	785
最小値	4,048	129.09	128.76	128.93	124.07	123.87	124.08	0.0667	28.08	418
標準偏差	102	0.71	0.73	0.71	0.99	1.05	1.01	0.0020	6.50	94
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 9 製材後正角材のデータ (2/2)

正角材	矢高 (mm) ・ ・ ・ 中央部				4面の 最大値	固有振動数 (Hz)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	機械等級区分 E50等	含水率計含水率 (%) (心材部を測定)
	幅		厚						
	木表 a	木裏 b	木表 c	木裏 d					
平均値	10	0	5	0	10.5	410	6.28	E70	68.9
最大値	25	12	15	5	25.0	505	10.29	E110	118.5
最小値	0	0	0	0	3.0	312	3.66	格外	33.0
標準偏差	6	2	3	1	5.1	48.38	1.62	-	20.8
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 10 製材後平角材のデータ (1/2)

平角材	寸法 (mm) ・ ・ ・ ・ 中央部							体積 (m ³)	重量 (k g)	密度 (kg/m ³)
	材長	幅		平均	厚		平均			
		木表 a	木裏 b		榫目 c	榫目 d				
平均値	4,159	266.44	266.72	266.58	125.28	125.09	125.19	0.1388	74.62	538
最大値	4,610	267.99	268.22	268.11	127.13	127.59	127.36	0.1552	100.40	731
最小値	4,056	264.33	265.22	264.78	123.36	122.72	123.04	0.1355	53.64	391
標準偏差	105	0.87	0.84	0.83	0.85	0.90	0.86	0.0038	12.88	92
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 11 製材後平角材のデータ (2/2)

平角材	矢高 (mm) ・ ・ ・ 中央部				4面の 最大値	固有振動数 (Hz)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	機械等級区分 E50等	含水率計含水率 (%) (心材部を測定)
	幅 (そり)		厚 (曲がり)						
	木表 a	木裏 b	榫目 c	榫目 d					
平均値	6	1	0	1	6.5	406	6.18	E70	67.4
最大値	15	12	4	4	15.0	510	9.71	E90	126.0
最小値	0	0	0	0	3.0	288	3.12	格外	35.5
標準偏差	3	2	1	1	2.9	56	1.80	-	18.8
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 12 乾燥後正角材のデータ (1/2)

正角材	寸法 (mm) ・ ・ ・ ・ 中央部							体積 m ³	重量 k g	密度 kg/m ³	矢高 (mm) ・ ・ 中央部				4 面の 最大値
	材長	幅			厚						幅		厚		
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均				表	裏	表	裏	
	a	b	平均	c	d	平均		a	b	c	d				
平均値	4,150	125.57	126.62	126.10	121.35	123.61	122.48	0.0641	21.87	341	9	2	5	1	11
最大値	4,594	128.65	129.24	128.74	123.90	125.53	124.56	0.0707	30.34	468	29	29	18	9	29
最小値	4,045	122.16	122.57	122.78	118.32	120.33	119.96	0.0609	18.12	280	0	0	0	0	3
標準偏差	102	1.18	1.64	1.29	1.26	1.19	1.08	0.0018	2.93	43	6	5	4	2	6
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 13 乾燥後正角材のデータ (2/2)

正角材	表面割れ (mm)				高周波含水率					固有振動数 (Hz)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	機械等級区分 E50 等
	幅		厚		a 面	b 面	c 面	d 面	平均			
	表	裏	表	裏	%	%	%	%	%			
	a	b	c	d	%	%	%	%	%			
平均値	5	0	0	7	9.4	9.4	9.3	9.2	9.3	564.52	7.56	E70
最大値	286	0	0	440	18.5	23.0	17.5	17.5	17.5	668.00	11.64	E110
最小値	0	0	0	0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.8	458.00	4.63	E50
標準偏差	37	0	0	56	1.5	2.2	1.7	1.7	1.7	48.00	1.74	-
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 14 乾燥後平角材のデータ (1/2)

平角材	寸法 (mm) ・ ・ ・ ・ 中央部							体積 m ³	重量 k g	密度 kg/m ³	矢高 (mm) ・ ・ 中央部				4 面の 最大値
	材長	幅			厚						幅		厚		
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均				表	裏	表	裏	
	a	b	平均	c	d	平均		a	b	c	d				
平均値	4,152	256.17	257.29	256.73	121.13	121.04	121.09	0.1291	43.71	339	3	4	4	2	8
最大値	4,607	262.70	261.72	262.21	123.36	123.86	123.61	0.1441	60.22	468	10	20	21	14	21
最小値	4,052	252.63	252.20	253.37	118.98	119.24	119.48	0.1255	34.96	278	0	0	0	0	2
標準偏差	106	2.15	2.40	2.14	1.17	1.17	1.02	0.0036	5.93	45	4	5	6	3	5
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 15 乾燥後平角材のデータ (2/2)

平角材	表面割れ (mm)				高周波含水率				平均	固有振動数 (Hz)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	機械等級区分 E50 等
	幅		厚		a 面	b 面	c 面	d 面				
	表	裏	表	裏	%	%	%	%				
	a	b	c	d	%	%	%	%				
平均値	116	61	11	0	8.1	8.3	8.0	7.8	8.1	568.52	7.67	E70
最大値	1,100	830	355	0	10.5	11.5	10.5	10.0	10.4	664.00	11.67	E110
最小値	0	0	0	0	4.0	5.0	4.5	4.0	4.4	429.00	4.18	E50
標準偏差	284	202	64	0	1.7	1.7	1.5	1.6	1.6	55.61	2.04	-
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	61

表 16 養生後正角材のデータ (1/2)

正角材	寸法 (mm) 中央部								重量 k g	密度 kg/m ³	矢高 (mm) 中央部				4 面の 最大値
	材長	幅			厚			体積 m ³			幅		厚		
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均				表	裏	表	裏	
		a	b	平均	c	d	平均				a	b	c	d	
平均値	4,150	126.29	126.93	126.61	122.06	123.85	122.96	0.0646	22.19	343	9	1	5	0	11
最大値	4,600	129.40	129.25	129.24	125.79	125.64	125.58	0.0713	30.36	466	30	23	16	6	30
最小値	4,010	123.31	123.69	123.50	119.33	121.47	120.62	0.0614	18.38	283	0	0	0	0	2
標準偏差	104	1.22	1.44	1.24	1.33	1.14	1.09	0.0019	2.88	42	6	4	4	1	6
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 17 養生後正角材のデータ (2/2)

正角材	表面割れ (mm)				高周波含水率				平均年輪幅		全乾法含水率 %	
	幅		厚		a 面	b 面	c 面	d 面	平均	末口側 mm		元口側 mm
	表	裏	表	裏	%	%	%	%				
	a	b	c	d	%	%	%	%				
平均値	5	0	15	14	10.3	10.6	10.4	10.6	10.5	4.2	4.7	9.4
最大値	286	0	890	865	19.5	18.0	19.0	22.0	19.6	6.1	7.9	17.1
最小値	0	0	0	0	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	2.3	2.4	7.8
標準偏差	37	0	114	111	1.4	1.9	1.6	2.2	1.7	1.00	1.15	1.9
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 18 養生後平角材のデータ (1/2)

平角材	寸法 (mm) 中央部								重量 k g	密度 kg/m3	矢高 (mm) 中央部				4 面の 最大値
	材長	幅			厚			体積 m3			幅		厚		
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均				表	裏	表	裏	
		a	b	c	d	平均	a				b	c	d		
平均値	4,155	256.39	257.45	256.92	121.13	121.45	121.29	0.1295	43.85	339	2	3	4	2	8
最大値	4,605	262.21	261.70	261.96	122.84	124.58	123.71	0.1440	60.48	469	10	17	20	12	20
最小値	4,053	253.17	252.95	253.73	119.23	119.72	119.60	0.1256	35.06	275	0	0	0	0	2
標準偏差	104	2.04	2.39	2.11	1.16	1.10	0.97	0.0034	5.94	45	4	5	6	3	5
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 19 養生後平角材のデータ (2/2)

平角材	表面割れ (mm)				高周波含水率				平均年輪幅		全乾法含水率 %	
	幅		厚		a 面 %	b 面 %	c 面 %	d 面 %	平 均 mm	元口側 mm		
	表	裏	表	裏								
	a	b	c	d								
平均値	126	61	11	0	10.1	10.1	9.9	9.7	10.0	4.5	5.0	6.9
最大値	1,100	830	355	0	12.5	12.0	14.0	11.0	12.1	7.5	7.9	15.6
最小値	0	0	0	0	9.0	9.0	8.5	9.0	9.0	2.5	3.0	5.0
標準偏差	285	202	64	0	0.8	0.7	0.9	0.5	0.7	1.26	1.32	1.9
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 20 モルダー加工後正角材のデータ (1/2)

正角材	寸法 (mm) 中央部								重量 k g	密度 kg/m3
	材長	幅			厚			体積 m3		
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均			
		a	b	c	d	平均				
平均値	2,997	105.43	105.45	105.45	105.42	105.41	105.42	0.0333	11.70	351
最大値	3,032	105.96	105.91	105.91	105.94	105.95	105.94	0.0337	16.26	491
最小値	2,973	104.79	104.82	104.81	104.69	104.81	104.75	0.0331	9.52	286
標準偏差	10	0.38	0.36	0.36	0.39	0.39	0.37	0.0001	1.49	45
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 21 モルダー加工後正角材のデータ (2/2)

正角材	矢高 (mm) 中央部				表面割れ (mm)				高周波含水率				平均	
	幅		厚		幅		厚		a 面	b 面	c 面	d 面		
	表	裏	表	裏	表	裏	表	裏						
	a	b	c	d	4 面の最大値				%	%	%	%		
平均値	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11.4	12.0	11.9	12.4	11.9
最大値	3	3	3	2	3	0	0	0	0	32.0	36.0	23.5	40.0	29.1
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.5	8.0	8.5	9.0	8.6
標準偏差	1	1	1	1	1	0	0	0	0	3.6	4.8	2.5	5.4	3.8
COUNT	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61

表 22 モルダー加工後平角材のデータ (1/2)

平角材	寸法 (mm) 中央部							重量	密度	
	材長	幅			厚					体積
		木表	木裏	平均	木表	木裏	平均			
		a	b		c	d		m3	kg	
平均値	2,988	240.29	240.37	240.33	105.83	105.67	105.75	0.0759	26.05	343
最大値	3,005	240.87	241.18	240.68	106.54	105.95	106.15	0.0765	36.60	483
最小値	2,965	239.88	240.00	240.06	104.98	105.13	105.23	0.0752	21.14	277
標準偏差	11	0.28	0.31	0.18	0.29	0.20	0.20	0.0003	3.56	47
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

表 23 モルダー加工後平角材のデータ (2/2)

平角材	矢高 (mm) 中央部				表面割れ (mm)				高周波含水率				平均	
	幅		厚		幅		厚		a 面	b 面	c 面	d 面		
	表	裏	表	裏	表	裏	表	裏						
	a	b	c	d	4 面の最大値				%	%	%	%		
平均値	1	1	0	0	2	247	46	10	13	10.9	10.7	10.2	10.5	10.6
最大値	4	10	1	1	10	2,480	1,430	305	395	28.0	20.0	12.0	16.0	15.6
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5	9.5	9.5	9.0	9.5
標準偏差	1	2	0	0	2	679	257	55	71	3.2	1.9	0.8	1.3	1.4
COUNT	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

3.3.1 曲がり・反り

正角材の乾燥後及び仕上げ加工後の曲がり・反りが発生したものについて、その大きさ区分ごとの出現頻度を正角材は図7、平角材は図8・図9にまとめた。

乾燥後に15mm以上のものもあった曲がり材は、モルダー加工後においては正角材では曲がり量が小さくなり、全て5mm未満となった。また平角材では31本中3本(≒10%)の材に5~10mmの曲がりが残った。

モルダー加工後の材長3,000mmでは、表2より曲がり・反りの目標数値が1/1,000以内なので、曲がり・反りが3mm以内に収まればよい。検討の結果を図10に示した。正角材では全ての材で基準値を満たした。一方、平角材では31本中27本(≒87%)の材が基準値を満たしたが、4本(≒13%)の材は基準値を満たさなかった。平角材は正角材より断面が大きいので材表面の水が抜ける時間と材内部の水が抜ける時間差が正角材より大きいことが影響していると思われる。栈積み上部に重しを使用する等して対処することが考えられる。

正角材について、1つの材において最大の曲がりかどの面で出現したかの個数を乾燥前後に分けて表24に示した。乾燥前後で、木表であるa面とc面が多く、次いで木裏であるb、dの順であった。また、乾燥後ではa面で曲がりの最大値が出る割合が減り、他の3面の割合が増加した。

平角材の反りについて、木表側及び木裏側での出現割合を乾燥前後に分けて表25に示した。乾燥前は木表側に多く、乾燥後は木裏側の方がやや多くなった。

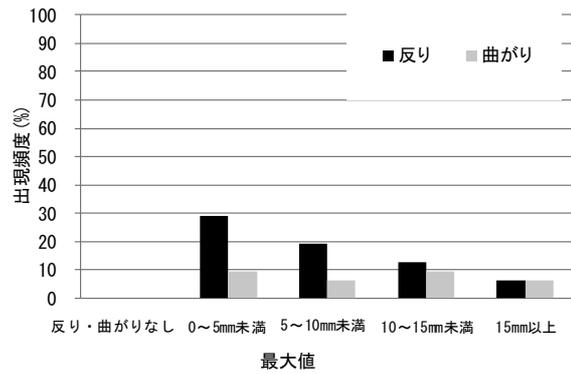


図8 平角材乾燥後の反り・曲がりの割合

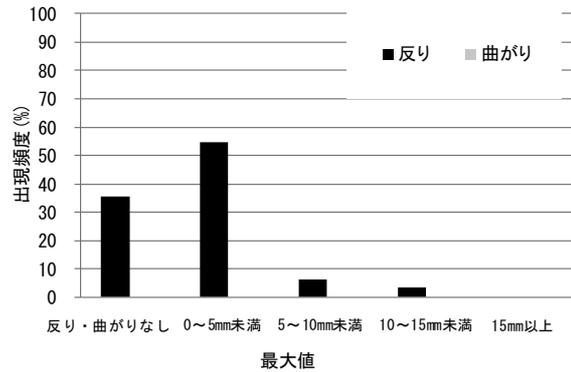


図9 平角材加工後の反り・曲がりの割合

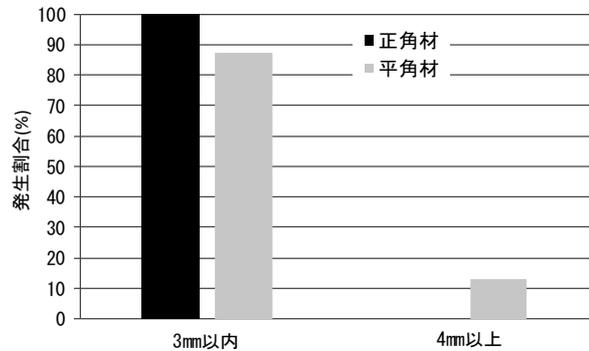


図10 加工後の正角材及び平角材の曲がり・反りの基準値検討

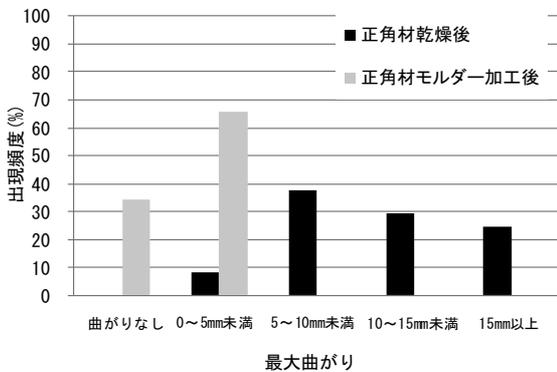


図7 正角材乾燥後及び加工後の曲がりの割合

表24 正角材の最大曲がり位置割合

正角材 (全61本)	a面	b面	c面	d面
製材後	54	2	4	1
乾燥後	40	8	10	3

※a・c面は木表でb・d面は木裏

表 25 平角材の反り出現個数

平角材 (全 31 本)	反り (本)		
	木表	木裏	反り無し
製材後	28	2	1
乾燥後	14	17	0

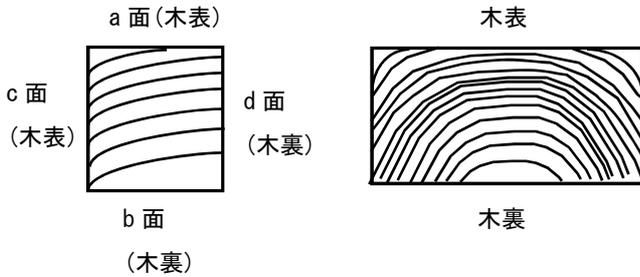


図 11 正角材と平角材の木表・木裏の位置図

3.3.2 材面割れ

乾燥後及びモルダー加工後の平角材の材面割れ長さとして出現頻度を図 12 にまとめた。

正角材及び平角材の代表的な材面割れ状況写真を写真 4～6 に示す。

正角材においては、乾燥後の材面割れ発生割合が 61 本中 2 本≒約 3% (2 本共に長さは 50cm 未満) であり、モルダー加工により割れは消失した。また、乾燥後にわずかにあった割れも養生後には閉塞し見えない状態になった。

一方、平角材においては人工乾燥後に 31 本中 10 本(≒32%)に割れがあり、モルダー加工後は 31 本中 4 本(≒13%)に割れが確認された。乾燥後の割れはそのほとんどが広い材面の木表側に発生し、1 本の材については狭い材面にも割れが発生した。

これらの割れはその深さが浅かったため、正角材ではモルダー加工後は材面割れが現れなかった。しかし、平角材ではモルダー加工後にも材面割れは残ったものもあった(31 本中 2 本≒6.5%)。また、新たに材面割れが発生した材(31 本中 2 本≒6.5%)は、表面を削ったことで内部割れの部分が表面に出てきたためだと思われる。

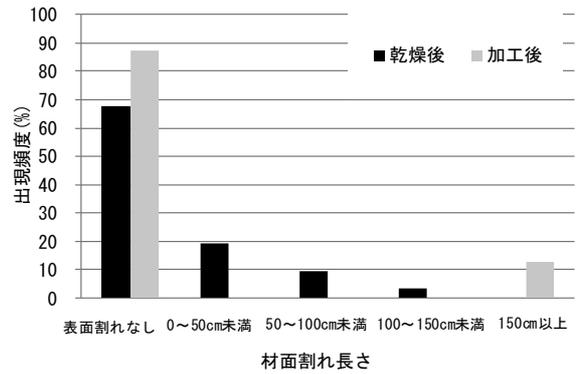


図 12 平角材の材面割れ長さ区分の割合



写真 4 正角材乾燥後材面割れ



写真 5 平角材乾燥後材面割れ



写真 6 平角材モルダー加工後の材面割れ

3.3.3 内部割れ

養生後に含水率試験片を採取するため、元口側及び末口側から材長方向に木口から50~60cm入った部分を切断した面に現れた木口面の割れ(以下内部割れ)について測定を行った。内部割れの発生割合を表26に、内部割れが確認されたもので、割れ幅区分ごとの出現割合を表27及び表28にまとめた。

さらに、人工乾燥後含水率と内部割れ総長さの関係を図13~14に示した。また、正角材及び平角材に現れた代表的な内部割れの状況を写真7、8に示す。

平角材の出現割合は高く約4割の材で内部割れが発生した。乾燥直後の含水率が平角材では約6.9%と過乾燥になったことが原因と考えられる。

表 26 内部割れ発生割合

	全本数 (本)	内部割れの確認本数 (本)
正角材	61	7
平角材	31	12

表 27 割れ幅区分ごとの内部割れ発生割合(末口側)

	割れ幅区分ごとの出現割合 (%)						
	末口側						
	0.5mm 未満	0.5- 1mm 未満	1- 2mm 未満	2- 3mm 未満	3- 4mm 未満	4- 5mm 未満	5mm 以上
正角材	5.2	19.4	23.6	23.6	0.0	28.0	0
平角材	17.5	38.4	32.0	12.3	0	0	0

表 28 割れ幅区分ごとの内部割れ発生割合(元口側)

	割れ幅区分毎の出現割合 (%)						
	元口側						
	0.5mm 未満	0.5- 1mm 未満	1- 2mm 未満	2- 3mm 未満	3- 4mm 未満	4- 5mm 未満	5mm 以上
正角材	6.0	11.9	81.8	0	0	0	0
平角材	10.5	24.1	50.4	15.0	0	0	0

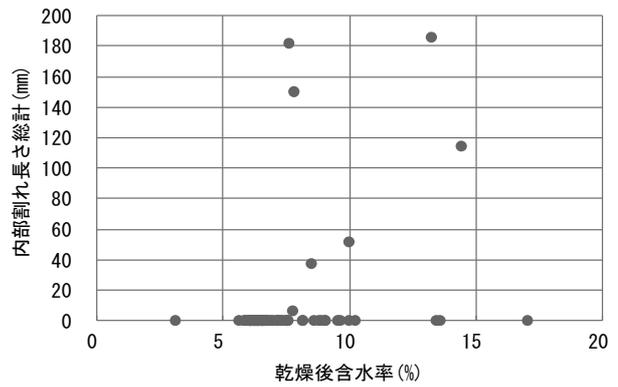


図 13 正角材の乾燥後の含水率と内部割れ長さ総計

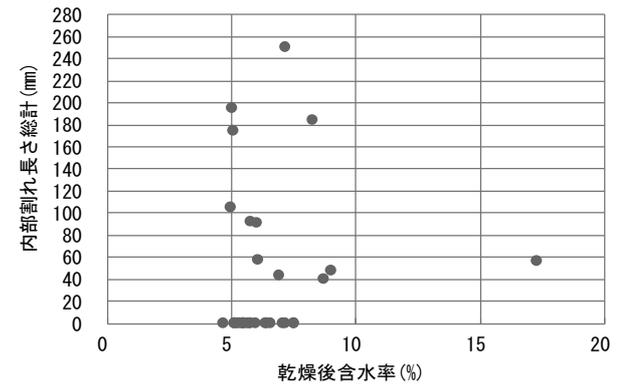


図 14 平角材の乾燥後の含水率と内部割れ長さ総計

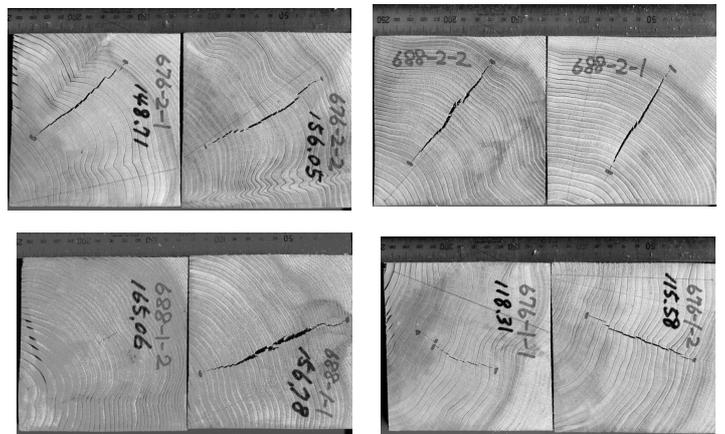


写真 7 正角材内部割れの様子

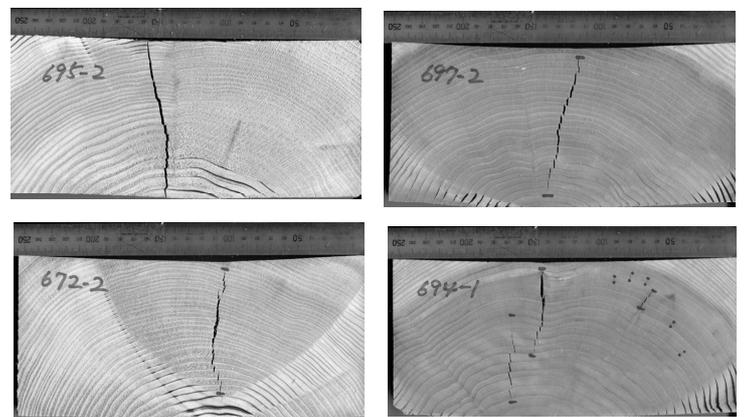


写真 8 平角材内部割れの様子

3.3.4 ヤング係数

日本農林規格機械等級区分毎の製材後と人工乾燥後における出現割合を正角材は図 15、平角材は図 16 に示す。

正角材・平角共に乾燥前と比較して乾燥後にはヤング係数が全体的に高くなっていることが分かる。ヤング係数の平均値は角材では製材後 6.28 kN/mm²、乾燥後 7.56 kN/mm²であり、平角材では製材後 6.18 kN/mm²、乾燥後 7.67 kN/mm²であった。

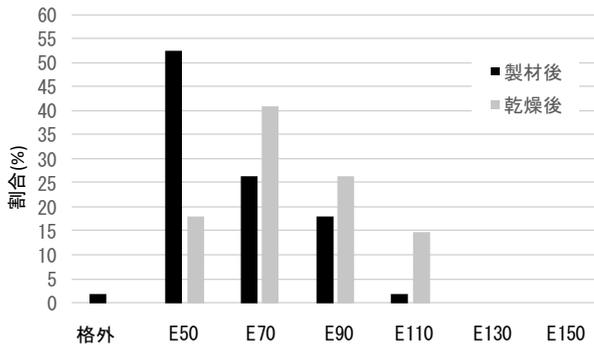


図 15 正角材の乾燥前後における機械等級区分の割合

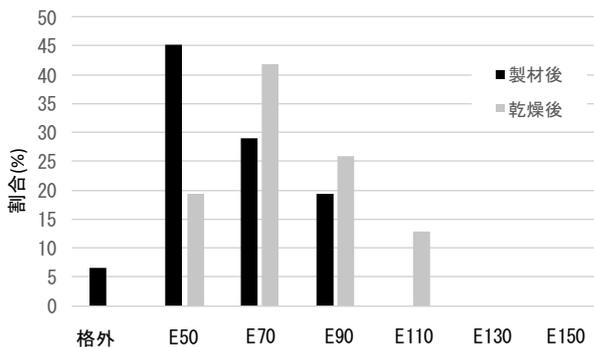


図 16 平角材の乾燥前後における機械等級区分の割合

3.3.5 収縮率

乾燥後の収縮率について表 29 に示す。正角材と平角材共に幅の収縮率の方が厚さの収縮率より大きかった。これは、木材の異方性において半径(厚さ)方向の収縮率より接線(幅)方向の収縮率の方が大きくなる傾向にあるためだと思われる。

表 29 収縮率の平均値

	収縮率 (%)	
	幅(接線)方向	厚さ(半径)方向
正角材	3.91	2.78
平角材	3.69	3.28

4 まとめ

4.1 乾燥スケジュールの検討

人工乾燥後の仕上がり含水率及び人工乾燥後及び仕上げ加工後における材面割れと養生後の内部割れの発生割合について表 30 と表 31 にまとめた。

含水率については、目標とする品質基準(表 1)を正角材では 61 本中 59 本、平角材では 31 本中 30 本が満たした。しかし、正角材及び平角材の乾燥後の含水率はそれぞれ平均 7.8%と平均 6.6%と過乾燥であった。また、仕上げ加工後の表面割れについては正角材が 10 割、平角材が約 9 割、内部割れについては正角材では約 9 割、平角材では約 6 割が満足する結果となった。

これらのことから、表 3、表 4 の条件により製材後直ちに中温域での人工乾燥を行うことにより、目標とする品質基準は正角材ではほぼ満足したが平角材では内部割れ等に問題が残り、今後、過乾燥や内部割れ等を抑制する乾燥スケジュールの改良が必要である。

表 30 仕上がり含水率の割合

	人工乾燥後における仕上がり含水率の出現割合 (%)				
	含水率区分				
	15%未満	15%以上20%未満	20%以上25%未満	25%以上30%未満	30%以上
正角材	98	2	0	0	0
平角材	97	3	0	0	0

表 31 割れ発生割合

	人工乾燥後における材面割れの発生割合 (%)	モルダー加工後における材面割れの発生割合 (%)	養生後の内部割れの発生割合 (%)
正角材	3.3	0	11.5
平角材	38.7	13	38.7

4.2 歩増し寸法の検討

養生が終了時に発生した最大の寸法収縮量及び矢高から、歩増し量の検討を行い、表 32 及び表 33 にその結果をまとめた。

まず、表 1 から正角材の最終仕上げ寸法は 105×105×4,000mm で、平角材は 105×240×4,000mm である。表 11 より、最大の曲がり量は 30mm なので角材において、製材時に必要な幅・厚さ寸法は 105+30mm=135mm である。更に正角材の収縮量は幅で 5.4%、厚さで 4.7%なので、収縮量をも加味した必要製材寸法は、 $135 \div (1-0.052)$ 及び $135 \div (1-0.035)$ でそれぞれ、143mm(幅)と 140mm(厚)である。

よって、正角材において仕上げ寸法に必要な歩増し量は、幅方向で 38mm、厚さ方向で 35mm となる。同様に計算して、平角材については必要な歩増し量は幅方向で 35mm、厚さ方向で 26mm と見込まれる。

表 32 歩増し寸法に対する検討 (1/2)

	養生終了時の 最大寸法収縮率		養生終了時の 最大矢高 (mm)
	接線方向 (幅) (%)	半径方向 (厚) (%)	
正角材	5.2	3.5	30
平角材	5.4	4.3	20

※寸法収縮量は小数点第2位で切り上げ

表 33 歩増し寸法に対する検討 (2/2)

	仕上げ寸法に対する歩増し見込み量	
	接線方向 (幅) (mm)	半径方向 (厚) (mm)
正角材	38	35
平角材	35	26

※歩増し見込み量はモルダー加工後の矢高は考慮していない

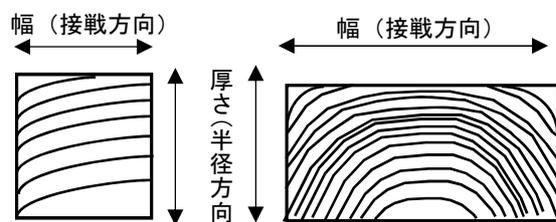


図 17 正角材・平角材の幅及び厚さ方向

4.3 その他

今回の試験では狂い防止のための重しを載せて

いないが今後、栈積み上部に重しを載せた状態での乾燥で狂いが抑制されるか検討する必要がある。

5 参考文献

- 1) 「四丁取りしたスギ心去り柱材の寸法変化」、宮崎県木材利用技術センター 小田久人、松元明弘、第 63 回日本木材学会大会 E27-05-1000