

スギ心去り構造用製材等の品質に関する研究

- 心去り正角材の曲がり抑制 (第3報) -

令和4年度～令和7年度

木材チーム 古曳 博也

1. 目 的

大分県では10 齢級以上のスギ人工林面積が約7割を占めており、大径材の搬出量は増加傾向にある。林業研究部では、大径材から複数本製材される心去り正角材の利用を促進することを目的に、令和元年度から、製材位置ごとの性状や強度等の状況把握試験を行ってきた^{1)～3)}。令和4年度からは、品質基準等⁴⁾に適合した製材品を生産するために、製材直後に発生する長さ方向の曲がり、人工乾燥時に矯正し抑制する課題に取り組んでいる。木製の圧縮治具を用いた曲がり抑制について、令和4年度は、供試材を水平に配置した場合の矯正⁵⁾を、今年度の第2報では、供試材の木口面を斜方形に配置(以下、斜方形と記す)した場合の矯正を報告した。今回は、金属製の圧縮治具を用いた曲がり抑制について報告する。

2. 試験方法

1) 供試材を水平に配置した場合の矯正

(1) 供試材

1本の大径材から正角材4本を製材した心去り製材品(以下、4丁取り正角材と記す)について、大分県日田市の製材所より24本(丸太6本分)調達した。図-1に4丁取り正角材の模式図を示す。断面寸法は120mm角、長さ約4mである。乾燥前に、寸法、重量、含水率、材長方向に沿う内曲面の最大矢高(以下、曲がりと記す)及び縦振動ヤング係数(以下、 E_{tr} と記す)を測定した。含水率測定には、高周波容量式木材水分計(HM-520、株式会社ケツト科学研究所)を、縦振動周波数の測定には、FFTシグナルアナライザー(SA-77、リオン株式会社)を用いた。

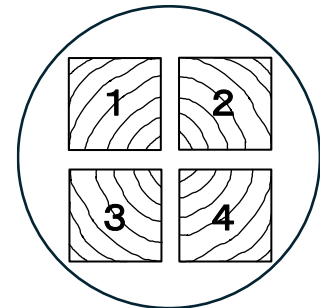


図-1 4丁取り正角材の模式図

(2) 配置方法

供試材の配置の模式図(正面図)を図-2に示す。なお、図-2に記載している供試材の木口は年輪の向きを示している。全景を写真-1に示す。供試材は曲がりの最も大きい面を下向きに置いた。下から1段目、3段目及び4段目は、供試材と供試材の間にスペーサー(断面寸法30mm正角、長さ85mmのスギ角材)を挿入し、水平方向の隙間が同じになるようにした。スペーサーの挿入箇所は、材長方向の両木口付近及び材長中央部の3か所とした。なお、2段目は比較のためスペーサーを挿入しなかった。また、断面寸法25mm正角、長さ1,000mmのスギ栈木を、材長方向に90cm間隔で5本配置し、供試材を積み重ねた。供試材を栈積みした後、両木口から材長方向に90cm間隔で金属製の支柱を設け、さらに供試材の1段目と2段目の隙間及び3段目と4段目の隙間に全ネジボルトを通して、コイ

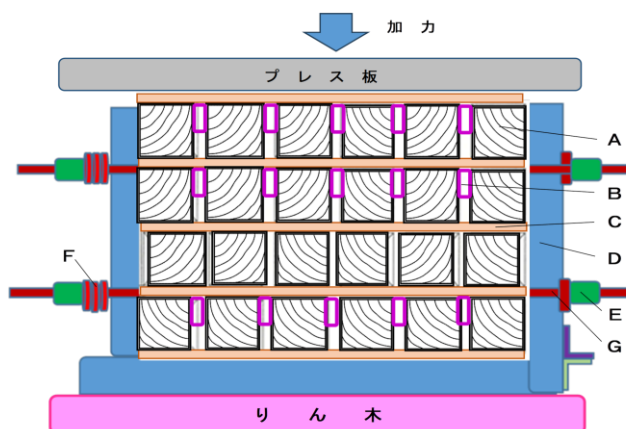


図-2 供試材の配置の模式図（正面図）
 A：供試材 B：スパーサー C：スギ栈木
 D：金属製支柱 E：全ネジボルト
 F：コイルばね G：ナット



写真-1 栈積みの様子（全景）

ルばね（TY21-65、ばね定数 10.73N/mm、株式会社東京発条製作所）を装着して両端をナットで圧縮した。垂直方向はプレス板で 18.4kN 加力した。これらによって、下から 1 段目、3 段目及び 4 段目の供試材は、水平方向及び垂直方向が常に圧縮された状況に、2 段目の供試材は、垂直方向は常に圧縮されているものの水平方向は拘束されないフリーの状況になるようにした。

(3) 乾燥スケジュール

人工乾燥には、多機能木材乾燥機（商品名ハイブリッドドライヤー、HTDM-182248-8 型、株式会社ヤスジマ）を用いた。表-1 に乾燥スケジュールを示す。乾燥終了後に再び、寸法、重量、含水率、曲がり及び E_{fr} を測定し、乾燥前後の変化を調べた。

表-1 乾燥スケジュール

工 程	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	処理時間 (h)
蒸 煮	95	95	8
中温乾燥	90	60	192
降 温	30	20	24

2) 供試材を治具により斜方形に配置した場合の矯正

(1) 供試材

4 丁取り正角材について、大分県日田市の製材所から 12 本（丸太 3 本分）調達した。断面寸法は 120 mm 正角、長さ約 4 m とした。乾燥前の供試材の寸法、重量、含水率、曲がり及び E_{fr} を測定した。

(2) 配置方法

供試材の配置の模式図（正面図）を図-3 及び図-4 に示す。なお、図-3 及び図-4 に記載している供試材の木口は年輪の向きを示している。全景を写真-2 及び写真-3 に示す。供試材は、90 度に開いた谷形状を有する金属製の治具に落とし込んで、木口面が斜方形になるように配置した。図-3 では、隣り合う木表面が下側に位置するように供試材を置き（以下、木表面下側配置と記す）、図-4 では隣り合う木表面が上側または右側に位置するように供試材を置いた（以下、それぞれ木表面上側・右側配置と記す）。その際、90 度に開いた谷形状を有する金属製の治具を材中央部含め材長方向 5 か所に、材長中央から 90 cm の間隔で置いた。垂直方向は、木表面下側配置では加力面積 1 m × 1 m、重量 500kg の重石 4 個で、木表面上側・右側配置ではプレス板で 18.4kN 加力した。

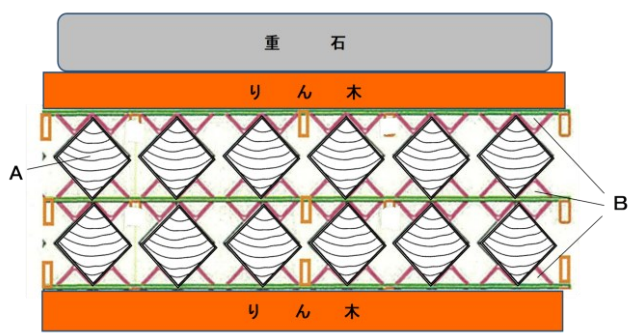


図-3 木表面下側配置の模式図（正面図）
A：供試材 B：金属製の圧縮治具



写真-2 配置の様子（全景）

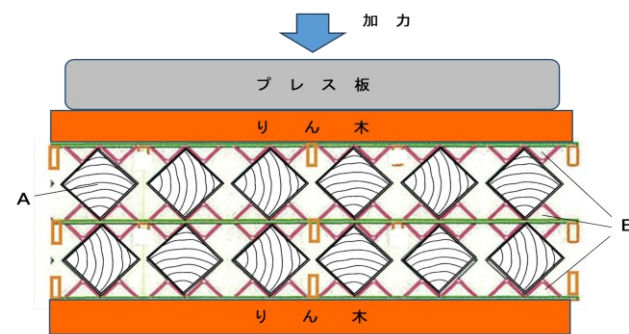


図-4 木表面上側・右側配置の模式図（正面図）
A：供試材 B：金属製の圧縮治具



写真-3 配置の様子（全景）

(3) 乾燥スケジュール

木表面下側配置の供試材の人工乾燥には、高温蒸気式乾燥機（78/KR8H 型、ヒルデブランド株式会社）を、木表面上側・右側配置の供試材の人工乾燥には、前述の多機能木材乾燥機を用いた。表-2 に両者の乾燥スケジュールを示す。乾燥終了後に再び、寸法、重量、含水率、曲がり及び E_{fr} を測定し、乾燥前後の変化を調べた。

表-2 乾燥スケジュール

供試材の 配置方法	木表面上側			木表面上側・右側		
	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	処理時間 (h)	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	処理時間 (h)
蒸 煮	95	95	8	95	95	8
中温乾燥	90	60	144	90	60	192
降 温	30	20	24	30	20	24

3. 結果及び考察

1) 供試材を水平に配置した場合の矯正

(1) 供試材の乾燥前後の含水率

乾燥前後の測定結果を表-3に示す。水平方向の圧縮の有無で分けて記載した。含水率の平均値は、乾燥前が水平方向の圧縮有りで73.8%、無しで69.4%、乾燥後は水平方向の圧縮有りで9.8%、圧縮無しで9.7%だった。全ての供試材で、乾燥後に20%以下の含水率になっていることが確認できた。

表-3 乾燥前後の測定結果

水平圧縮		有							無						
		幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	E_{fr} (GPa)	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	E_{fr} (GPa)
乾燥前	平均	120.27	120.43	4027	33.23	569	73.8	5.37	103.45	102.77	4022	24.76	578	69.4	5.86
	最大	122.27	122.06	4028	37.72	656	92.5	7.12	104.61	104.47	4023	34.11	785	97.9	6.43
	最小	118.89	118.66	4025	24.04	415	47.3	4.05	102.53	101.91	4021	18.81	446	51.8	4.82
	標準偏差	0.99	1.24	1	3.91	65	12.3	0.91	0.58	0.75	1	4.98	111	16.0	0.47
乾燥後	平均	116.02	116.30	4021	20.05	369	9.8	6.32	116.49	115.71	4021	19.87	367	9.7	6.47
	最大	118.06	118.06	4025	22.12	398	12.0	8.17	117.52	116.74	4023	21.44	397	11.3	7.92
	最小	113.84	114.54	4017	17.58	327	8.8	5.11	115.09	115.07	4020	18.46	343	8.8	5.54
	標準偏差	1.09	1.11	2	1.24	21	0.8	1.02	0.83	0.75	1	1.23	23	1.0	1.09

(2) 供試材の乾燥前後の曲がり

乾燥前後の曲がりの変化を図-5に示す。図中の断面形状は、供試材の配置の状態を示しており、数値は曲がりの平均値である。垂直方向の加力により、下面に位置する木表面の曲がりは減少し、上面に位置する木裏面の曲がりは増す傾向を示した。水平方向に位置する木表面の曲がりは、圧縮の有無に関わらず減少し、木裏面の曲がりは増加する傾向が見られた。水平方向の圧縮の有無について、両者の曲がりには危険率5%で有意な差が認められなかったことから、コイルばねを装着した今回の方法では曲がり抑制効果が得られなかった。これは今回使用したコイルばねが弱かったためと思われる。

供試材の 配置方法	水平(バネ圧縮)		水平(圧縮無し)	
	0 → 6		0 → 7	
乾燥前後 の 矢高	5		0	
	2	6	4	5
	11 → 1		9 → 2	

図-5 乾燥前後の曲がりの変化 (乾燥前→乾燥後、単位: mm)

2) 供試材を治具により斜方形に配置した場合の矯正

(1) 供試材の乾燥前後の含水率

木表面下側配置の供試材の測定結果を表-4に示す。含水率の平均値は乾燥前が83.8%で、乾燥後は17.3%だった。乾燥後の全供試材の含水率は13.8~23.7%で、一部20%以上の供試材も見られたが、概ね20%以下に乾燥できていることを確認した。木表面上側・右側配置の測定結果を表-5示す。含水率の平均値は乾燥前が92.4%で、乾燥後は10.3%だった。乾燥後の全供試材の含水率は8.8~15.3%を示しており、20%以下に乾燥できていることを確認した。

表-4 木表面下側配置供試材の乾燥前後の測定結果

		幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	E_{fr} (GPa)
乾燥前	平均	120.86	120.67	4027	37.00	630	83.8	6.02
	最大	122.47	123.33	4029	43.42	740	96.6	8.10
	最小	119.11	119.65	4011	30.53	513	63.7	4.83
	標準偏差	1.08	1.05	5	4.28	76	12.1	0.89
乾燥後	平均	117.45	117.30	4022	19.54	353	17.3	6.53
	最大	119.28	119.87	4026	21.49	382	23.7	8.56
	最小	115.75	116.06	4016	17.54	319	13.8	5.21
	標準偏差	1.19	1.10	3	1.22	20	2.9	0.96

表-5 木表面上側・右側配置供試材の乾燥前後の測定結果

		幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	E_{fr} (GPa)
乾燥前	平均	120.30	121.35	4024	38.24	650	92.4	5.99
	最大	120.69	126.98	4025	46.44	758	108.9	7.87
	最小	119.94	118.66	4023	31.33	541	72.1	3.92
	標準偏差	0.21	2.69	1	4.38	68	12.2	1.29
乾燥後	平均	116.32	117.26	4022	21.22	387	10.3	6.90
	最大	117.26	123.48	4024	23.23	406	15.3	10.63
	最小	114.11	114.22	4019	20.01	348	8.8	4.18
	標準偏差	0.93	3.17	2	0.87	17	1.9	1.95

(2) 供試材の乾燥前後の曲がり

木表面下側配置の供試材について乾燥前後の曲がりの変化を図-6に、乾燥前後の曲がりを製材の日本農林規格に準じて等級区分した結果を表-6に示す。乾燥前の曲がりが大きかった下側木表面の曲がりは、2面とも減少する傾向を示した。乾燥前の曲がりが0mmであった木裏面は、乾燥後に微増したが、等級の低下につながるような曲がりではなかった。今回の配置方法では、材長方向の4面の曲がりは一様に矯正される傾向を示した。乾燥前後の曲がりを等級区分した結果、乾燥前に2級相当であった供試材が乾燥後には1級相当に改善されたことが示された。

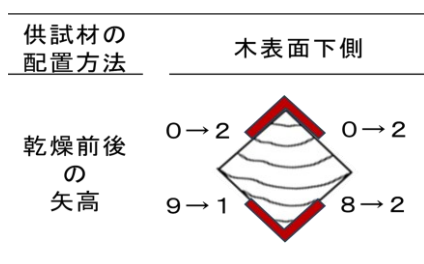


図-6 乾燥前後の曲がりの変化
(乾燥前→乾燥後、単位: mm)

表-6 乾燥前後の曲がりを日本農林規格に
準じて等級区分した結果
(乾燥前→乾燥後、単位: 本)

供試材の 配置方法	木表面下側	
1級	2	11
2級	10	1

注) 材長4mにおいて、1級: 矢高8mm以下
2級: 矢高20mm以下に該当

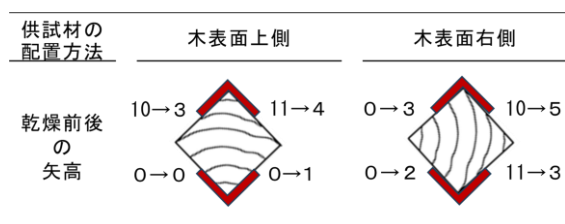


図-7 乾燥前後の曲がりの変化
(乾燥前→乾燥後、単位：mm)

表-7 乾燥前後の曲がりを日本農林規格に準じて等級区分した結果
(乾燥前→乾燥後、単位：本)

供試材の配置方法	木表面上側	木表面右側
1級	1 → 5	0 → 4
2級	5 → 1	6 → 2

注) 材長4 mにおいて、1級：矢高8 mm以下
2級：矢高20 mm以下に該当

木表面上側・右側配置の供試材について乾燥前後の曲がりの変化を図-7に、乾燥前後の曲がりを製材の日本農林規格に準じて等級区分した結果を表-7に示す。乾燥前の曲がりが大きかった上側または右側木表面の曲がりは、2面ともに減少する傾向を示した。乾燥前の曲がりが0 mmであった木裏面は、乾燥後に微増はしたが、等級の低下につながるような曲がりではなかった。曲がりの大きい面を斜方形の上側または右側になるように配置した今回の方法においても、材長方向の4面の曲がりは一様に矯正される傾向を示すことが分かった。乾燥前後の曲がりを等級区分した結果、乾燥前に2級相当であった供試材が乾燥後には1級相当に改善されることが示された。

これらより、供試材を斜方形に配置した場合、木表面をどの向きに配置しても4面ともに一様に曲がりが抑制されることが分かった。これは、全乾燥工程において上からの力だけで常に2方向の曲がりが矯正されていたためと思われる。

4. まとめ

供試材を水平に配置し垂直方向はプレスで、水平方向はコイルばねで圧縮した試験では、コイルばねが弱かったため、水平方向の曲がりが十分に抑制できなかった。今後は、コイルばねの強さや装着方法を見直す予定である。

供試材を斜方形に配置し垂直方向から加力した試験では、上からの力だけで常に2方向の曲がりが矯正されるため、4面ともに一様に曲がりが抑制できた。今後は、作業性や乾燥効率向上のため、治具等を見直す予定である。

参考文献

- 1) 古曳博也：令和元年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，24-29（令和2年）
- 2) 古曳博也：令和2年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，20-27（令和3年）
- 3) 古曳博也：令和3年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，22-27（令和4年）
- 4) 製材の日本農林規格(JAS 1083:2019)：平成19年8月29日農林水産省告示第1083号
- 5) 古曳博也：令和4年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，21-24（令和5年）