

大径材の多様な利活用に向けた乾燥技術の開発

- スギ心去り材の高周波減圧乾燥試験 (その2) -

令和3年度～令和5年度
木材チーム 豆田 俊治

1. 目的

近年、人工林資源の充実とともに、素材生産に占める大径材の割合も増えており、主伐・再造林を推進する上で、大径材の需要創出が喫緊の課題となっている。当部では、大径材の価値向上につながる部材開発等の取り組みとして、平角2丁取りや正角4丁、9丁取りの試験を行っている。今後は大径材部材の品質向上のため、大断面材や反りや狂いの生じやすい幅150mm以上の大径材板類を含めた、大径材の木取りに合わせた乾燥技術の開発や建築業界からも高品質な大断面材の要望があり、地域材活用を推進する上で、大径材を活用した大断面材の部材開発は、建築業界をターゲットとした新たな需要先開拓として期待できる。

本年度は、大径材から製材される心去り2丁取り平角材と心持ち平角材を含む3丁取り平角材を試験材として、天然乾燥と高周波減圧複合乾燥（以下、高周波減圧乾燥と記す）を併用した方法で乾燥を行い、乾燥後の品質を評価した。

2. 試験方法

1) 試験材

試験原木は、大分県内の原木市場から入手した大径のスギ原木6本を使用した。製材前に材長、重量、末口径、元口径、矢高、縦振動ヤング係数（以下、 E_{fr} と記す）を測定した。製材工場で255mm×135mm×4mの平角材（以下、平角材と記す）に製材した。製材方法は、原木4本を心去り2丁取り、原木2本を心持ち1本、心去り2本の3丁取りで製材した。2丁取りは、髄を取り除くため、図-1に示す2つの方法（以下、2丁取り20、2丁取り50と記す）で製材した。3丁取りは、外側2本を心去り材、中心の1本を心持ち材とした。製材状況を写真-1に示す。なお製材時に、曲がりをとるための修正挽きを行った。

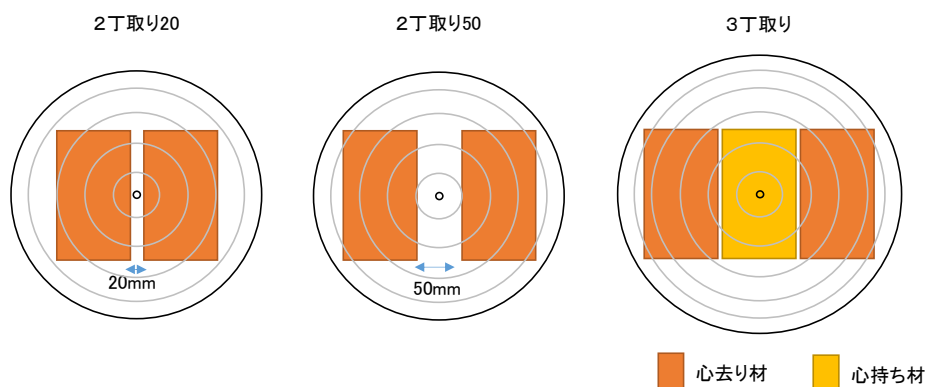


図-1 原木の木取り（2丁取り、3丁取り）

2) 乾燥試験

乾燥は、天然乾燥と高周波減圧乾燥を併用する工程とした。製材を令和4年10月に行い、令和5年1月に高周波減圧乾燥を行うまでの約4か月間、屋内で天然乾燥を行った。高周波減圧乾燥は、多機能木材乾燥機（株式会社ヤスジマ製、HTDM-182248-8型、商品名ハイブリッドドライヤー、写真-2）を使用して目標含水率15%以下まで乾燥させた。高周波減圧乾燥の乾燥スケジュールを表-1に示す。これは昨年度の心去り平角材乾燥に使用したスケジュール¹⁾を用いた。最初は、60℃で1時間の蒸煮を行ったのち、真空設定を段階的に下げるようにした。また高周波加熱を行う時の材温設定は、乾球温度を上回るように設定した。乾燥開始から終了までの乾燥時間は、265時間とした。乾燥後に約1か月間の養生を行った。



写真-1 製材状況

写真-2 多機能木材乾燥機
(高周波減圧乾燥機)

表-1 乾燥スケジュール

	真空設定		材温設定	乾球	湿球	IFファン 周波数	処理時間	発振サイクル (min)	
	(kPa)	(torr)	(℃)	(℃)	(℃)	(Hz)	(時間)	発振	発振停止
蒸煮設定	98.7	740	-	-	60	40	1	-	-
ステップ1	98.7	740	70	60	73	40	20	9	1
ステップ2	38.7	290	80	65	50	40	7	7	3
ステップ3	18.7	140	80	63	48	40	112	3	6
ステップ4	18.7	140	80	63	48	40	2	3	3
ステップ5	13.3	100	80	63	48	40	123	3	3

3) 材質試験

製材後、天然乾燥後、高周波減圧乾燥後、養生後の段階で以下の測定を行った。測定項目は、重量、寸法、 E_{tr} 、含水率、表面割れ、材中央部矢高である。含水率測定は、高周波木材水分計（株式会社ケツト科学研究所製 HM-520）を使用した。矢高は、長さ方向の材中央部で測定した（図-2）。表面割れは最大幅と長さを測定して面積を算出し、試験材ごとに集計した。養生後に元口及び末口から50cm

の位置で試験片を採取して全乾法による含水率及び内部割れの測定を行った。なお、乾燥、養生時は木表面を上にした。測定結果は、木取り及び心持ち・心去り材別に①2丁取り 20、②2丁取り 50、③3丁取り心去り材、④3丁取り心持ち材の4つのグループに分けて比較した。

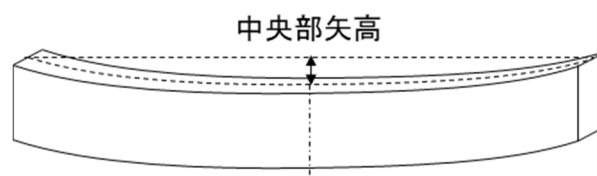


図-2 矢高の測定場所

3. 結果及び考察

表-2に今回試験に使用した原木6本の測定結果を示す。2丁取り原木の末口径は43.7~48.3cm、3丁取り原木の末口径は、62.1cm、62.6cmであった。

材質試験の結果を表-3に示す。また乾燥時の含水率の推移を図-3に示す。含水率は、全乾法から推計した値とした。乾燥前の含水率は、3丁取り心去り材が最も高かったが、これは製材した3丁取り原木の含水率が、2丁取りの原木に比べて高かったためと考えられる。同じ原木から製材した3丁取りでも、心去り材は心持ち材と比べて1.8倍の含水率であった。これは、一般的に心材部に比べ、辺材部の含水率が高い傾向にある影響と考えられる。高周波減圧乾燥後の含水率は、心持ち材がやや過乾燥になる仕上がりであったが、全ての材で含水率15%以下まで乾燥できた。養生後の含水率は、高周波減圧乾燥後と比較してやや増加した。

材中央部の最大矢高については、製材後は各グループ平均で1.3mm~1.5mmで、ほぼ同じであった。天然乾燥後と高周波減圧乾燥後は、2丁取り20が2.9mm→17.6mm、2丁取り50が2.5mm→10.8mm、3丁取り心去り材が2.3mm→13.0mm、心持ち材が1.3mm→4.0mmとなり、高周波減圧乾燥の前後で大きく変化した。また、心去り材は心持ち材より大きな最大矢高を示した。特に2丁取り20は各グループ中で最大矢高が最も大きく、髓に近い製材ほど曲がりが大きくなる傾向があると思われた。なお、最大矢高が生じた面が長辺側だった試験材は7本、短辺側だった試験材は6本、長辺、短辺が同じだった試験材が1本あった。次に表面割れの測定結果を図-4に示す。2丁取り50の表面割れが最も小さく、心持ち材の表面割れが最も大きくなった。1本あたりの割れ面積の合計は、心持ち材の養生後を除き20cm²以下となった。特に心持ち材は養生期間中に割れが大きくなった。これは、髓に近い材面に発生した表面割れが、養生期間中に大きくなったことが主な原因であった。全乾含水率測定時の断面で内部割れを確認した。写真-3~5に養生後の元口側から50cmで切断した断面の様子を示す。心去り材、心持ち材も全ての試験材で内部割れは発生していなかった。

表-2 原木測定結果

原木No	木取り	末口径 (cm)	元口径 (cm)	材長 (m)	曲がり矢高 (mm)	曲がり (%)	重量 (kg)	材積 (m ³)	見かけ密度 (kg/m ³)	E_{fr} (GPa)
A	2丁取り20	43.7	53.7	4.13	19	4.4	562.8	0.769	732.0	5.6
B		45.4	55.3	4.16	19	4.2	581.0	0.828	701.8	5.5
C	2丁取り50	48.3	58.5	4.14	27	5.8	595.8	0.925	644.1	4.7
D		46.8	56.8	4.10	14	3.1	608.8	0.861	707.0	5.2
E	3丁取り	62.1	77.0	4.03	19	3.1	1355.3	1.531	885.4	4.0
F		62.6	77.5	4.28	34	5.6	1298.8	1.638	792.7	4.2

表-3 材質試験結果

(平均±標準偏差)

木取り区分	本数	含水率(%) ^{**}				最大矢高(mm)			
		製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後	製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後
2丁取り20	4	54.5±2.0	29.5±0.4	10.7±1.5	11.8±1.3	1.4±1.1	2.9±0.9	17.6±6.2	16.4±6.3
2丁取り50	4	67.1±6.4	27.5±1.6	9.2±1.9	10.5±1.7	1.4±0.5	2.5±0.7	10.8±8.3	11.3±7.0
3丁取り 心去り材	4	148.2±35.8	54.1±19.9	11.0±5.6	12.4±5.0	1.5±0.4	2.3±0.9	13.0±9.9	10.8±10.2
3丁取り 心持ち材	2	83.3±12.2	29.0±1.1	6.4±0.3	8.2±0.6	1.3±0.4	1.3±0.4	4.0±2.8	5.8±1.1

木取り区分	本数	収縮率(%) ^{**}		密度(kg/m ³)		E _{It} (GPa)			
		長辺	短辺	製材後	養生後	製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後
2丁取り20	4	2.4±0.2	3.1±0.2	534.3±13.7	409.5±11.7	5.6±0.1	5.9±0.1	6.7±0.1	6.6±0.1
2丁取り50	4	2.9±0.4	2.9±0.3	522.5±21.1	367.7±26.3	5.3±0.4	5.7±0.4	6.5±0.4	6.4±0.4
3丁取り 心去り材	4	3.3±0.8	3.3±0.8	691.9±76.1	336.6±11.7	4.9±0.7	5.1±0.6	5.5±0.5	5.7±0.2
3丁取り 心持ち材	2	2.6±0.3	4.1±0.0	546.2±49.4	345.7±11.2	4.1±0.2	4.4±0.2	5.2±0.2	5.1±0.2

※ 重量から推定
 ※※ 製材後から養生後の収縮率

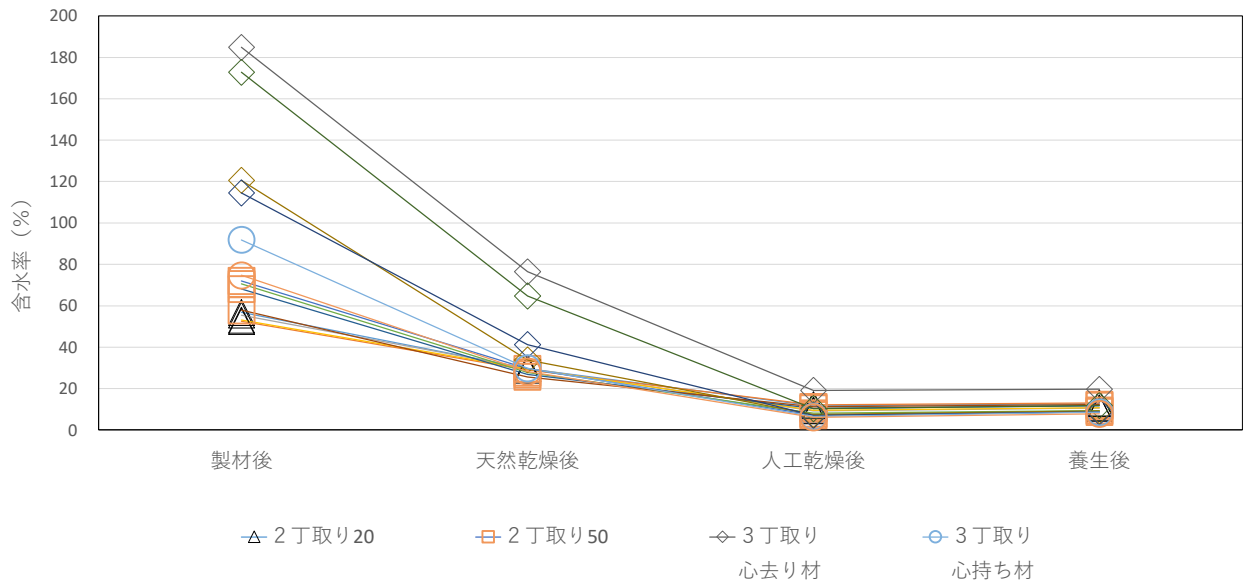


図-3 含水率測定結果

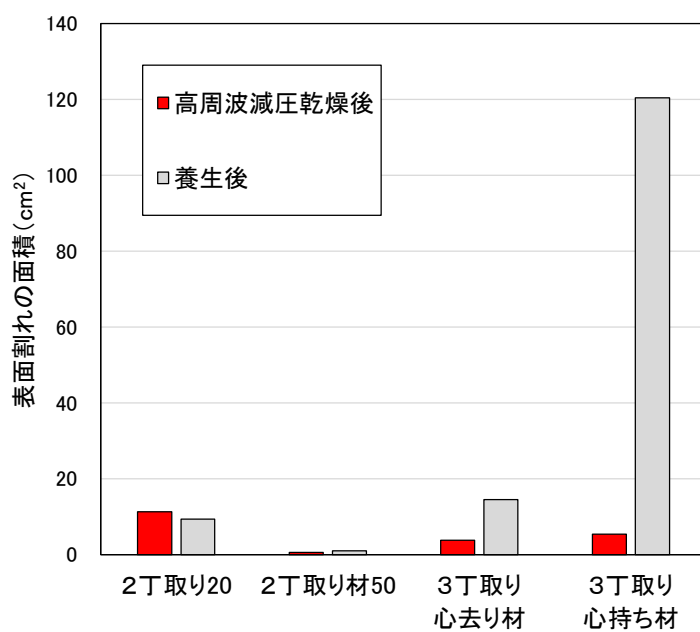


図-4 表面割れの面積



写真-3 2丁取り 20 の断面 (養生後)



写真-4 2丁取り 50 の断面 (養生後)



写真-5 3丁取りの断面（養生後）

4. まとめ

今回は、昨年度に引き続き心去り平角材の高周波減圧乾燥試験を行い、2丁取りや3丁取りに木取りを変えた時の乾燥時の製材品質に与える影響を調べた。その結果、髓を20mm程度除いた場合に比べて、50mm程度除いた場合は、曲がり、表面割れが少なくなる傾向があったことから、髓を含む幅50mm程度除くことは、心去り平角材の品質向上につながると思われる。ただし、髓を除くことを優先すると製材歩留まりの低下が懸念されることから品質向上と製材歩留まりについてはさらなる検証が必要である。

また製材後に天然乾燥を実施することで、含水率を低下させることができた。天然乾燥時には大きな表面割れはなく、心去り材において人工乾燥の時間短縮のために天然乾燥を行うことは有効な方法であると言える。ただし、偏心して髓が残っていたり（写真-6）、表面近くに髓がある場合は、発生した表面割れが養生期間中に大きくなる傾向があったため、注意が必要である。



写真-6 髓が残っている心去り材

謝辞

今回の試験にあたっては、大分県日田市上津江町の株式会社井上製材所に製材前の原木測定作業場の提供等でご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 豆田俊治：大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報 No. 64, 33-40（令和3年）