

乾燥前の材端部被覆がスギ心持ち正角の割れおよび含水率の 材長方向分布に及ぼす影響

松元 浩・石田洋二・村野朋哉*・渡辺 憲*

要旨：長さ3mのスギ心持ち正角に対し、市販のシリコンシーラントで乾燥前に両材端部を被覆し、この被覆が乾燥材の材端部に生じる割れや含水率の材長方向の傾斜に及ぼす影響を検討した。その結果、材端部被覆は木口から500mm程度までは木口面の乾燥を抑制し、材長方向の含水率傾斜を緩やかにする効果があることが明らかになった。また、木口断面内の割れ（内部割れ）に対しては、少なくとも材端から200mmまでは抑制効果があることがわかった。

キーワード：スギ心持ち正角、材端部被覆、含水率、内部割れ、材長方向分布

I. はじめに

木材を乾燥させる場合、断面内および材長方向に含水率が均一であることが理想である。一般に広く普及している蒸気式乾燥法では、正角や平角乾燥材には断面内だけでなく材長方向にも含水率の傾斜が発生しやすいことが知られている¹⁻²⁾。また、心持ち材の蒸気式乾燥では、表面割れ抑制を目的とした高温セット処理を適用することが多いが、処理条件によっては内部割れ（ここでは材端部および材端から内部の木口断面に発生する割れを対象とする）が発生する場合がある。内部割れの材長方向分布については、心持ち正角および平角において材端部で割れ長さが大きく、その後材内部に向かって急激に減少し30～50cmあたりで一定の値に落ち着く傾向が示されている^{2,3-5)}。前述のような現象が起こる要因として、木材は柾目面や板目面に比べ木口面からの乾燥が早いことが要因として考えられる。

以上のことから、材端部の乾燥を緩和することができれば、材長方向全体の乾燥速度を一定に近づけることができ、それにより材長方向の含水率および内部割れの傾斜が軽減されることが考えられる。そこで、実大のスギ心持ち正角を用いて、市販のシリコンシーラントで乾燥前に両材端部を被覆し、乾燥前の材端部被覆が乾燥材に生じる割れおよび含水率の材長方向分布に及ぼす影響を検討した。

II. 試験方法

1. 供試材および乾燥条件

石川県産スギ心持ち正角（断面寸法120×120×3030mm）を48本購入し、寸法、重量を測定後、乾燥モニター材2本を選び出したのち、残りの46本

について密度の平均とばらつきが可能な限り同じになるように2グループに選別した（表-1）。2つに分けたグループのうち、片方のグループには材の両木口全面に被覆を施し（図-1）、もう片方のグループには材端部被覆は行わなかった。なお、材端部被覆にはセメダイン株式会社製、クリアタイプ（耐熱温度150℃）のシリコンシーラントを使用した。

上記の材を高温蒸気式乾燥装置（新柴設備製、SK IF 60HPT）を用いて、95℃蒸煮7時間、乾球温度120℃、湿球温度90℃の高温セット処理を24

表-1. 乾燥前の供試材の密度

	密度(kg/m ³)	
	被覆なし	被覆あり
平均値	641	640
最小値	532	520
最大値	731	729
標準偏差	58.3	59.7
変動係数(%)	9.1	9.3



図-1. 材端部被覆の様子

*国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
本報告は、2024年度日本木材学会中部支部大会（岐阜）において発表した。

時間、乾球温度 90℃、湿球温度 60℃の乾燥を行った（表-2）。高温セット処理後の乾燥時間はモニター材の重量を確認しながら平均含水率 15%を目標に時間を調整した。

表-2. 乾燥スケジュール

ステップ	処理時間(h)	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)
蒸煮	7	95	95
高温セット	24	120	90
乾燥	298.5	90	60

2. 割れおよび含水率の測定方法

乾燥終了後、寸法および重量を測定した後、断面寸法を 105×105mm にモルダー仕上げした。仕上げ後の試験体について、材面に現れた割れの長さおよび面積を測定後、片側の材端から 20, 100, 200, 300, 400, 500, 930mm の位置から厚さ 20～30mm の試験片を採取した。なお、試験片は各グループで元口側からと末口側からの採取が同数となるようにした。それぞれの試験片の重量を速やかに測定した後、スキャナを用いて木口面の画像を撮影し、JPEG 形式の電子ファイルとして保存した。撮影条件は 200dpi のカラーとした。撮影した画像を画像解析ソフト Image J に取り込み、木口面にみられるすべての割れ（内部割れ）の長さを測定し、その合計値（総長さ）を算出した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 仕上がり含水率

仕上がり含水率の結果を表-3 に示す。仕上がり含水率（材端から 930mm 位置の値）は、モルダー後 45 日後（乾燥終了後 55 日後）に含水率試験体を採取したため、モルダー後の重量と含水率試験体採取直前の重量から計算で求めた結果である。材端部被覆の有無で平均含水率を比較すると、被覆ありが 12.9%、被覆なしが 11.0% となった。材端部被覆の有無による含水率の出現数の分布（図-2）は、含水率 15% 超の試験体が被覆ありで 5 体、被覆なしで 2 体であった。

2. 含水率の材長方向分布

各部位における含水率は、材端部被覆を施したグループでは材端から材中央部に向かって高くなる傾向を示した。一方、材端部被覆なしのグループについては、材端から 100mm の位置で最小値となり、そこから材中央部に向かって高くなる傾向を示した（図-3）。100mm の位置の方が材端部より含水率が低かったのは、乾燥が終了してから含水

率測定試験片を採取するまでに 55 日間経過したため、木口面が吸湿した影響と考えられる。なお、それぞれの部位の含水率について、材端部被覆の有無による差を検定したところ、材端から 100～300mm は有意水準 1% で、400～500 mm までは有意水準 5% で差が認められた（Wilcoxon 検定）。このことから、シリコンシーラントによる材端部被覆は、材端から 500mm 程度までは木口断面の乾燥を抑制し、材長方向の含水率傾斜を緩やかにする効果があると考えられる。なお、材端から 930mm の位置における含水率に材端部被覆の有無で有意差は認められなかった。製材の日本農林規格⁶⁾では、製材の含水率を求める際、人工乾燥材では製材の長さ方向の両方の端部から約 300mm 内側、天然乾燥材では人工乾燥材の採取箇所に加えて長さ方向の中央部から含水率測定試験体を採取することとなっている。今回の試験で測定した木口から 300mm と 930mm の位置における平均含水率は、被覆なしで 8.8% と 10.9% でその差は 2.1%、被覆ありで 10.5% と 12.1% でその差は 1.6% となり、材端部被覆によってやや乾燥速度は低下するものの含水率傾斜の緩和が確認できた。

表-3. 仕上がり含水率

	含水率(%)	
	被覆なし	被覆あり
平均値	11.0	12.9
最小値	7.1	7.1
最大値	20.6	25.0
標準偏差	3.3	4.2
変動係数(%)	29.6	32.7

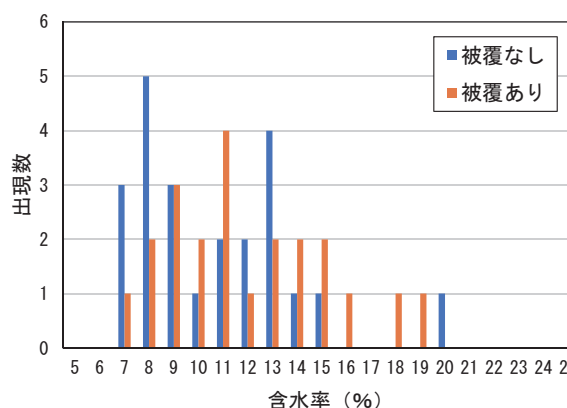


図-2. 仕上がり含水率の出現数分布

田中⁷⁾は、5 種類の被覆剤を用いて材表面の吸放湿抑制に使用される各種被覆材料の性能を明らかにし、その中でシリコンゴムは最もバリア性が

低かったと報告している。今回用いたシリコンシーラントに比べて吸放湿性の低い被覆材料を用いることで、材長方向の含水率傾斜をさらに緩和できる可能性がある。

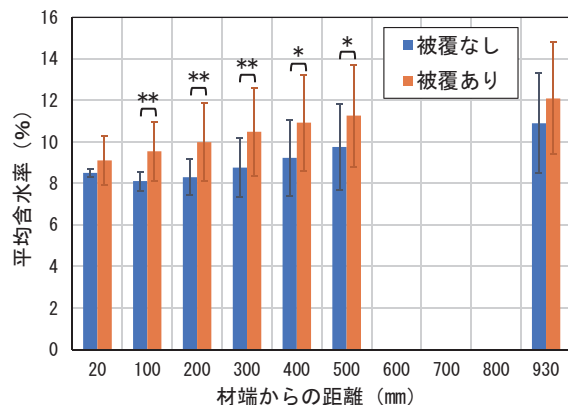


図-3. 含水率の材長方向分布
 **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ (Wilcoxon 検定)
 エラーバーは標準偏差

3. 木口から伸びた表面割れ

木口から伸びた表面割れについて計測した結果、総長さ（図-4）の平均値は被覆なしの方が大きい値を示したが、被覆の有無の有意差検定を行ったところ、差は認められなかった（Wilcoxon 検定、 $P > 0.05$ ）。また、総面積（図-5）と最大単独長さ（図-6）については、被覆ありの方が平均値が大きかったが被覆の有無で有意差は認められなかった（Wilcoxon 検定、 $P > 0.05$ ）。以上のことから、木口から伸びた表面割れは木口面のみの被覆では抑制効果は期待できず、被覆の箇所や方法の工夫が必要と考えられる。

4. 内部割れの材長方向分布

内部割れ総長さの材長方向分布は、これまでに報告されている結果と同様、いずれのグループも

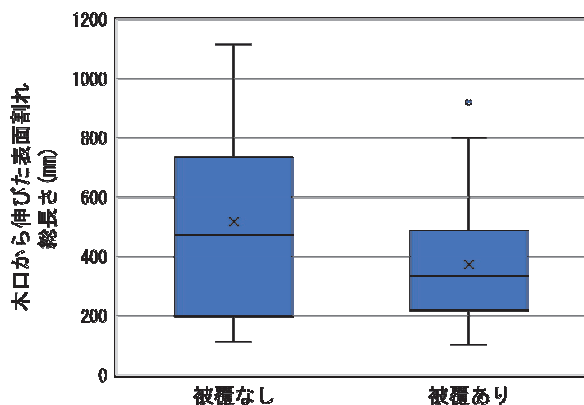


図-4. 木口から伸びた表面割れ総長さ
 エラーバーは最大値および最小値
 箱の上辺は第3四分位数
 箱の中央部は第2四分位数（中央値）
 箱の底辺は第1四分位数
 ×は平均値、○は外れ値

材端に近い部分が最も長く、材内部に入るにつれて低下する傾向を示した（図-7）。また、材端部被覆の有無では、平均値は被覆なしの方が被覆ありよりも総長さが長く、それぞれの部位において有意差を検定したところ、材端から 200mm までの位置で有意差が認められた（Wilcoxon 検定、 $p < 0.01$ ）。これより、シリコンシーラントによる材端部被覆は少なくとも材端から 200mm まで内部割れを約半分に抑制できており、木口断面の割れ（内部割れ）抑制に効果があることがわかった。

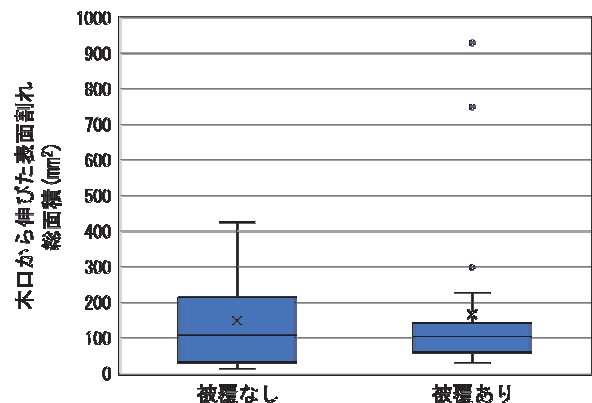


図-5. 木口から伸びた表面割れ総面積
 図中の記号は図-4 に準ずる

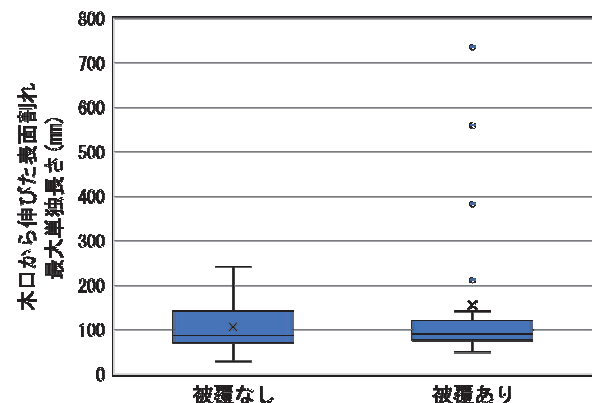


図-6. 木口から伸びた表面割れ最大単独長さ
 図中の記号は図-4 に準ずる

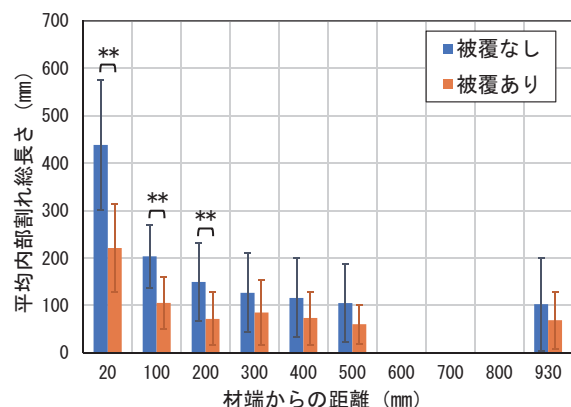


図-7. 内部割れ総長さの材長方向分布
 **: $p < 0.01$ (Wilcoxon 検定)
 エラーバーは標準偏差

5. 含水率と内部割れとの関係

今回採取したすべての含水率試験片の含水率と内部割れ総長さとの関係を図-8（被覆なし）および図-9（被覆あり）に示す。いずれも含水率と内部割れ総長さには負の相関がみられたが、相関係数（Spearman の順位相関係数 ρ ）は被覆なしでは-0.12、被覆ありでは-0.32 となり、被覆ありについては有意水準 1%で有意な値であった。なお、被覆なしにおいて内部割れ総長さが 400mm 以上を示したのはすべて材端から 20mm の位置のものであったため、それらのデータを除外して相関係数を求めたが-0.13 と有意な値は得られなかった。

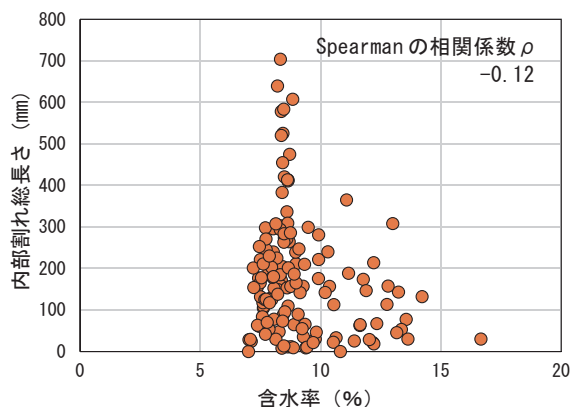


図-8. 含水率と内部割れ総長さとの関係（被覆なし）

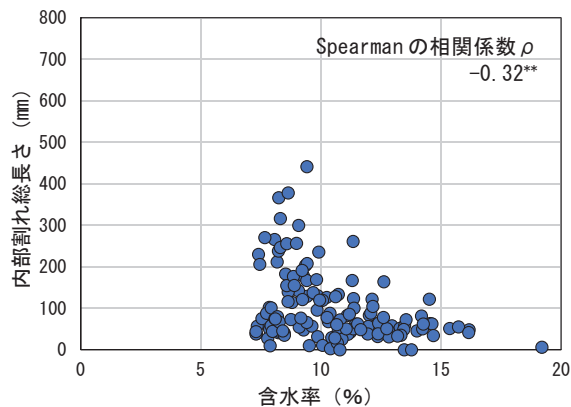


図-9. 含水率と内部割れ総長さとの関係（被覆あり）
** : $p < 0.01$ (Spearman test)

IV. 結 論

本報では、実大のスギ心持ち正角を用いて、市販のシリコンシーラントで乾燥前に両材端部を被覆し、この被覆が乾燥材の材端部に生じる割れや含水率の材長方向の傾斜に及ぼす影響を検討した。その結果、材端部被覆は木口から 500mm 程度までは木口面の乾燥を抑制し、材長方向の含水率傾斜を緩やかにする効果があることが明らかになった。一方、木口から伸びた表面割れに対しては木口面のみの被覆による割れ抑制効果は認めら

れなかったものの、木口断面内の割れ（内部割れ）に対しては少なくとも材端から 200mm までは抑制効果があることがわかった。

材端部の被覆は処理時間やコストが課題であるものの、今回用いたシリコンシーラントに比べて吸放湿性の低い被覆材料を選択し塗布方法を工夫することで、材長方向の割れおよび含水率の傾斜を抑制し、材長方向に均一な乾燥材の生産につながる可能性が示された。

謝 辞

本研究は令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業「課題名：品質・性能の確かな人工乾燥材の安定供給に向けた適正乾燥条件の検討」により実施した。

文 献

- 1) 吉田孝久・橋爪丈夫：カラマツ及びスギ心持ち柱材の高温乾燥特性．長野県林総セ研報 14, 1-18 (2000)．
- 2) 松元 浩・石田洋二・村野朋哉・小倉光貴：スギ心持ち平角乾燥材における含水率および内部割れの材長方向分布．石川林試研報 54, 20-24 (2023)．
- 3) 寺西康浩・小林秀充・吉田孝久・伊藤洋一・松元 浩・田中 誠：推奨乾燥条件．“安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアルー内部割れの無い乾燥材生産を目指して！”，「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」研究グループ編，石川県林業試験場，石川，2012, pp. 14-33．
- 4) 寺西康浩・海本 一・松元 浩・吉田孝久・古田裕三：スギ心持ち正角に対する蒸気・高周波複合乾燥（Ⅰ）高温セット時間が内部割れの発生に及ぼす影響．木材工業 71 (2), 52-57 (2016)．
- 5) 寺西康浩・海本 一・松元 浩・吉田孝久・古田裕三：スギ心持ち正角に対する蒸気・高周波複合乾燥（Ⅱ）高温セット後の乾燥条件が内部割れ発生に及ぼす影響．木材工業 71 (5), 186-191 (2016)．
- 6) JAS 1083：製材．農林水産省 (2019) ．
- 7) 田中 孝：木材表面の吸放湿抑制に使われる各種被覆材料の性能比較．木材工業 72 (6), 226-229 (2017) ．