

鳥 取 県 林 業 試 験 場

研 究 報 告

第 4 7 号

令和 8 年 7 月

Bulletin of Tottori Prefectural Forestry Research Center
No.47 July 2026

鳥取県林業試験場
鳥取県鳥取市河原町稻常 113

Tottori Prefectural Forestry Research Center
Kawahara Tottori Tottori 680-1203 Japan

目 次

論 文

1. 棧木の形状によるスギ板材の棧木痕の抑制
佐々木 裕介 1

CONTENTS

Articles

Sasaki Yusuke
Suppression of sticker stain on sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) boards by sticker shape . . .
. 1

棧木の形状によるスギ板材の棧木痕の抑制^{*1}

佐々木 裕介

Suppression of sticker stain on sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) boards by sticker shape

Sasaki Yusuke

要旨

人工乾燥後に棧木痕が残りにくい乾燥手法を検討するため、棧木の形状に注目し、加工を施した棧木を用いた乾燥試験を行った。始めに、形状によって生じる棧木痕の違いが見られるか確認したところ、棧木の長さ方向に対して直角に溝を作製し、試験体の繊維方向に対して棧木表面の凸部分が平行に接するように加工した横溝棧木では、一定の温湿度条件下で棧木痕の発生が大きく低減されることを確認した。次に、この横溝棧木による棧木痕の低減効果について、温湿度条件や棧木の材質による影響を確認するため、複数の温湿度条件と棧木の材質(ヒノキ、アルミ)を設定した乾燥試験を実施した。その結果、各条件において、横溝棧木を用いることで棧木痕の発生が大きく低減されることを確認したものの、温湿度ともに高い条件では、この横溝棧木を用いても乾燥後の棧木痕の発生を完全に抑制することはできなかった。しかしながら、アルミの横溝棧木で生じた棧木痕は2mmのプレーナー加工によって概ね取り除くことができ、棧木痕の軽減に有効であることが分かった。

Keyword: 棧木痕、ラミナ、棧木形状、色差

1 はじめに

木材は古くから建築用材として利用されており、その用途は製材品の約8割を占めている¹⁾。木材を建築用材として利用する際、腐食の防止や強度性能と寸法安定性向上のため、乾燥材を用いることが必須であるが、人工乾燥した木材に棧木痕が生じる場合がある。

棧木痕とは、乾燥時に材料間に挟んだ棧木と木材との接触面が濃色化または淡色化し、棧木の形状の痕跡がついたものであり、この着色は乾燥によって木材中の水分に含まれる成分の濃縮や化学変化によるものと考えられている²⁾。この棧木痕は、表面を数ミリ削っても残る場合があり、見た目の問題か

らクレームの原因にもなっている。柱材など断面の大きな材料では、乾燥後の変形を取り除くために歩増しをして製材し修正挽きが行われ、その結果として棧木痕も除去できるが、薄手の板材などで歩増しを行うと大幅に歩留まりが悪くなるため、CLT ラミナなどの薄板材の製造においては、なるべく棧木痕が残らない乾燥手法が求められる。

棧木痕については、これまで乾燥温度や棧木の種類、含水率が棧木痕に影響することなどが報告されている^{3,4)}。筆者も、複数の温湿度条件と材質の異なる棧木を用いた乾燥試験を行い、棧木痕の発生状況とそれに伴う材色の変化について調査した。既報⁵⁾では、スギとヒノキに比べてアルミの棧木で棧木痕が薄くなる傾向があることや、初期含水率が高く、乾燥時の湿度が高いほど明瞭な棧木痕が残りやすい傾向があることを明らかにした。一方、2mmのプレーナー加工でも生じた棧木痕を完全に除去す

^{*1} 本研究の一部は、日本木材学会中国・四国支部第35回研究発表会(2024年9月、広島)において発表した。

ることは難しく、栈木痕が残らない乾燥手法確立のためには、温湿度条件以外の手法の検討が必要となった。

そこで本研究では栈木の形状に注目し、まず各種形状に加工した栈木を用い、既報⁵⁾で栈木痕が濃く生じた温湿度条件において、形状の違いによって生じる栈木痕に差異が見られるか確認を行った。その後、前述の試験において栈木痕の低減を確認した形状の栈木を用い、各種温湿度条件、栈木の材質による栈木痕の発生状況について調査を行った。

2 栈木形状の検討

栈木の形状による、栈木痕の発生状況の差異を確認するため、3種類の形状に加工した栈木を用いた試験を実施した。

2.1 試験体

供試材には鳥取県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don)を用いた。既報⁵⁾より、初期含水率が高いと栈木痕が付きやすいと推察されることから、生材丸太から心材部を含む板材を製材した上で、最も薄い36mm厚3層3プライのCLTで用いられるラミナを想定して、幅135mm×厚さ17mm×長さ300mmに加工し、さらに高周波式水分計((株)ケット科学研究所製、HM-520)による測定で含水率が80%以上のものをエンドマッチで選別し試験体とした。

2.2 試験方法

ヒノキの乾燥材から、幅40mm×厚さ20mm×長さ

165mmの材を採材し、表面に次のとおり3種類の加工を施した栈木を作製した(図1)。

- ①栈木の長さ方向に対して直角な溝を複数加工した栈木(以降、横溝栈木とする)
- ②栈木の長さ方向に対して平行な溝を中央に加工した栈木(以降、縦溝栈木とする)
- ③栈木の長さ方向に対して、45°の角度の溝を複数加工した栈木(以降、斜め溝栈木とする)

加工を施した栈木を用いて3体の試験体を恒温恒湿器(エスペック(株)製、PR-1J)内に図2のとおり栈積みし、上部に1kgの重りを載せ、既報⁵⁾で栈木痕が濃く生じた80°C35%RHの条件で含水率が20%以下になるまで乾燥させた。なお、木材の人工乾燥において主流となっている蒸気式木材乾燥機では、乾燥期間の短縮と割裂や変形抑制のために初期蒸煮が行われるが、本試験においても同様の状況を再現するため、各温度条件で湿度100%の状態を6時間維持した後、各湿度条件で乾燥を行った。試験体の乾燥状況は、同器内に試験体と同じサイズで含水率も同程度の試験片1体を入れ、その中央部を一定期間おきに前述の高周波式水分計を用い測定することで確認した。

2.3 結果と考察

乾燥後の試験体を目視で確認したところ、試験体の接線方向に対して栈木が連続的に接触するが繊維方向では接触が分断される、縦溝栈木、斜め溝栈木では、栈木と試験体の接触部に明色化した栈

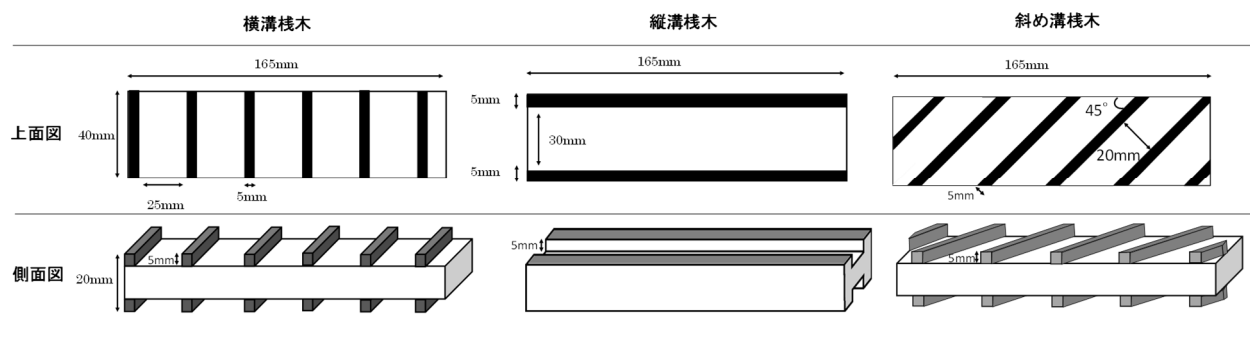


図1 栈木形状の検討のため作製した栈木

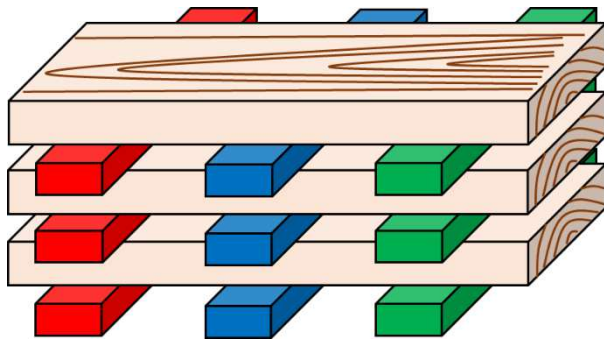


図2 栈積み方法

赤:横溝栈木、青:縦溝栈木、緑:斜め溝栈木



図3 各加工栈木で生じた栈木痕

左:横溝栈木、中央:縦溝栈木、右:斜め溝栈木

木痕が生じたが、接線方向に対して栈木の接触が分断されるが繊維方向では連続的に接触する横溝栈木では栈木痕はほとんど確認できなかった(図3)。このことから、繊維方向よりも、接線方向に対して表面の乾燥を阻害することが栈木痕の発生に与える影響が大きいと考えられる。

木材の収縮は異方性が大きく、その比は一般的に、接線方向、放射方向、繊維方向で 10:5:1~0.5 程度とされている⁹⁾。前章で、栈木痕の着色は乾燥によって木材中の水分に含まれる成分の濃縮や化学変化によるものと考えられている²⁾と述べたが、収縮率も着色に影響しているのではないかと考えた。具体的には、接線方向は繊維方向よりも収縮率が大きいので、接線方向に連続的に表面が覆われた

栈木では、縮んだことでより目立った栈木痕が生じたものと推察した。これらの関係については今後さらなる検討が必要である。

3 横溝栈木を用いた乾燥試験

2の栈木形状の検討試験で確認された横溝栈木による栈木痕の低減効果について、温湿度条件や栈木の材質による影響を確認するため、乾燥試験を実施した。

3.1 試験体と試験方法

用いた試験体の条件は、2.1で行った試験と同様であり、1条件で3体用いた。基本条件として、栈木の加工の有無の2条件、栈木の材質2条件(ヒノキ、アルミ)、乾燥時の温度3条件(35℃、60℃、80℃)、乾燥時の湿度1条件(80%RH)の計12条件で試験を行った。

さらに、栈木痕が顕著に生じやすい高温条件における影響を詳細に検討するため、80℃の条件に限り湿度35%RH、60%RHの条件を追加しヒノキとアルミの横溝栈木でも試験を行った。以上より、合計16条件、48体で乾燥試験を実施した。栈木の寸法は全て、幅40mm×厚さ20mm×長さ165mmである。なお、試験で用いた横溝栈木は、栈積みした際の荷重に対する耐久性を考慮して、2.1で作製した溝幅2.5cmのものから1.5cmに変更して作製したものをを用いた(図4)。また、試験に用いた栈木は事前に溝幅の違いによって生じる栈木痕に大きな違いが無いことを確認しており(未発表)、同じ栈積み内で用いる栈木は1種類とした(図5)。



図4 作製した横溝栈木と加工無しの栈木



図5 乾燥試験の状況

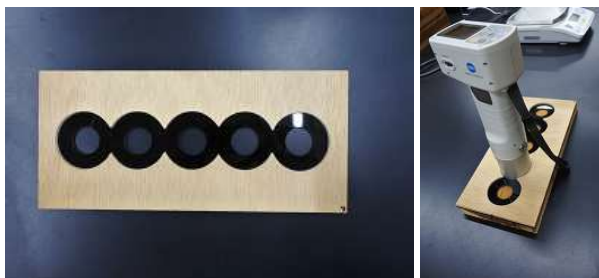


図6 測定治具と測定状況

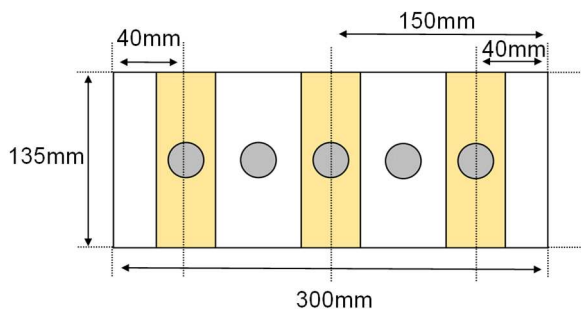


図7 試験体の測定点

○:測定点、■: 栈木の位置

3.2 栈木痕の評価方法

本研究では、乾燥時に生じた栈木痕が、表面加工を行った製品段階においてどの程度残存するのか確認するため、乾燥前後とプレーナー加工後による評価を行った。

色の違いを数値で表すため、既報⁵⁾と同様に、色彩色差計(コニカミノルタ株式会社製、CR-410)と図6の治具を用いた測定を行った。本試験で用いた色彩色差計の測定径は直径 50mm であるが、試験で用いた 40mm 幅の栈木の接触部のみを測定するため、異なる径の穴を開けた黒の亚克力板と合板を貼り合わせた治具を試験体に載せ、黒い円の部分に色彩色差計の測定部をあわせることで、栈木接触部、栈木非接触部の中心部で直径 27mm の範囲を、乾燥前、乾燥後、表裏 2mm のプレーナー加工後に試験体の表裏でそれぞれ測定した。この治具による測定結果は、治具無しで測定した場合や別の計測器を用いた場合と比較し、同程度の結果が得られることが確認された⁵⁾。木表面、木裏面それぞれに対し、栈木接触部 3 ヶ所、栈木非接触部 2 ヶ所とし、1 試験体 10 ヶ所を測定した(図7)。測定結果より、JIS Z8781-4(CIE 1976 L*a*b*色空間)に準拠し、隣接する栈木接触部と栈木非接触部の色差(ΔE_{ab}^*)を以下の式により算出し、条件ごとの平均値を求めた。

$$\Delta E_{ab}^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

ここで、 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* は、栈木接触部と栈木非接触部の測定値の差である。この色差の値により、生じた栈木痕の評価を行うとともに、目視による栈木痕の評価も行い、色差との比較を行った。目視の評価は、栈木痕の状態に応じて、濃(明瞭に栈木痕が残っている)、薄(薄い栈木痕が残っている)、無(栈木痕が残っていない)の 3 パターンに分類した。

3.3 結果と考察

乾燥前後とプレーナー加工後の試験体の状況の

温湿度 条件	栈木の加工 の有無	乾燥前	乾燥後	プレーナー後
35℃ 80%RH	無			
	有			
60℃ 80%RH	無			
	有			
80℃ 80%RH	無			
	有			
80℃ 60%RH	有			
80℃ 35%RH	有			

図8 ヒノキの栈木を用いた試験体の状況(抜粋)

一部を図8、9に示す。図8はヒノキ、図9はアルミの
栈木を用いた試験体である。また、乾燥後とプレー
ナー加工後について、隣接する栈木接触部と非接

触部の色差 ΔE^*_{ab} を算出し、各条件の平均値で整
理した結果を図10に示す。

ヒノキ、アルミの栈木とも、加工有りの栈木を用いた

温湿度 条件	栈木の加工 の有無	乾燥前	乾燥後	プレーナー後
35℃ 80%RH	無			
	有			
60℃ 80%RH	無			
	有			
80℃ 80%RH	無			
	有			
80℃ 60%RH	有			
80℃ 35%RH	有			

図9 アルミの栈木を用いた試験体の状況(抜粋)

条件では、加工無しの栈木を用いた条件と比較して色差が小さくなった。加工有りの条件で生じた栈木痕は、主に試験体と栈木の凸部分が接触していた

5mm 幅の部分で生じており、試験体に接触していない 15mm 幅の凹状の部分ではほとんど認められなかった。試験体の各測定点の測定径は 27mm で

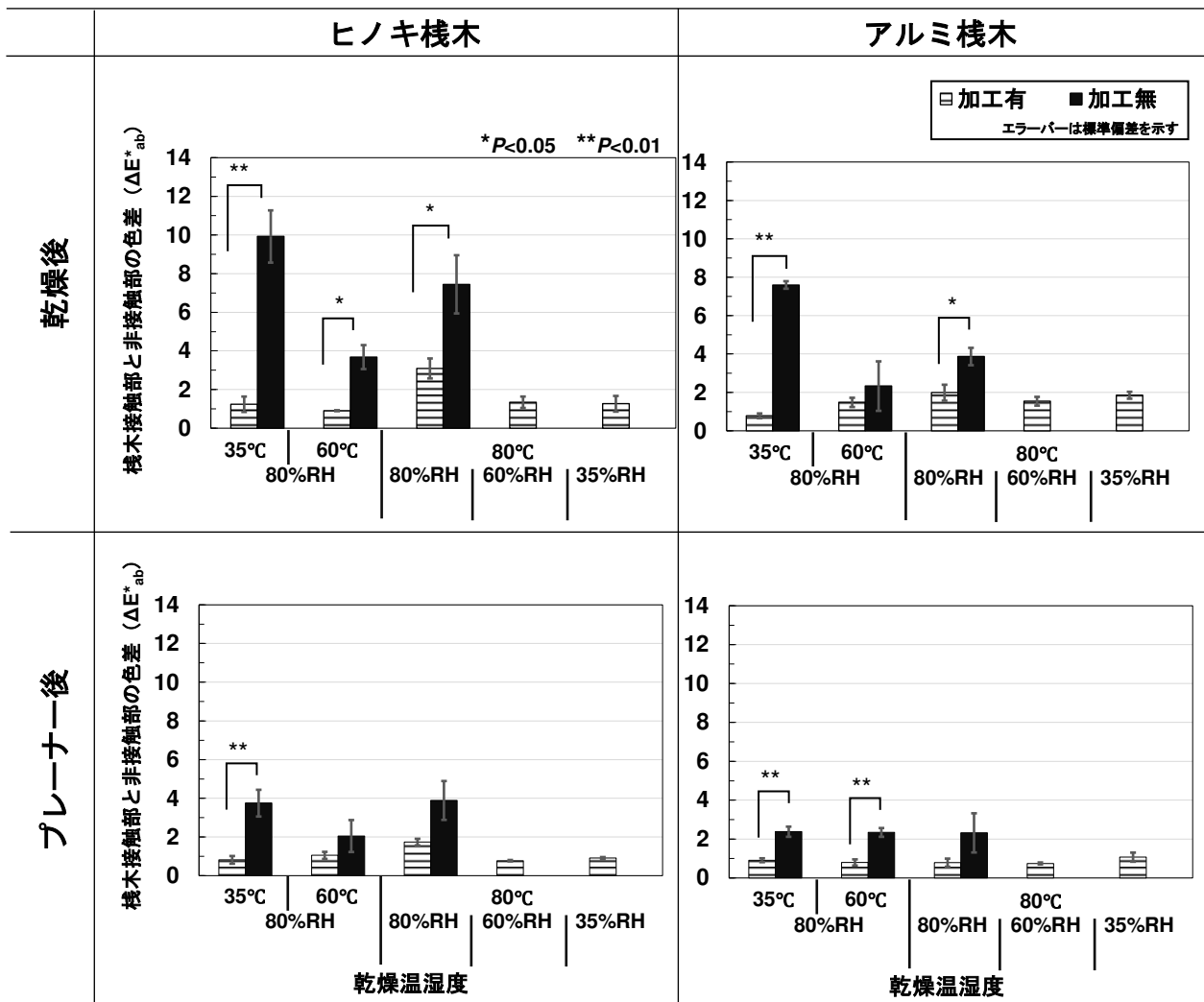


図10 各条件における桟木接触部と非接触部の色差

あるため、測定値にはこの凸凹の両方のデータが含まれることになる。加工無しの桟木では全体が試験体と接触するため、測定径の全面に桟木痕が含まれることになり、接触部で同じ濃度の桟木痕が生じたとしても、加工有りの桟木を用いた条件の方がある程度色差は小さくなることが考えられる。しかしながら、この影響を加味しても、加工の有無における色差の値の差は大きく、Student 及び Welch の t 検定において多くの条件で有意差も認められた。試験体表面の状況を確認しても、加工有りでは加工無しに比べて同じ温湿度条件でも生じた桟木痕が薄くなっており、加工桟木による桟木痕の低減効果が確認できる。

また、ヒノキとアルミの桟木を比較すると、特に乾燥後の加工無しの条件ではアルミの桟木を用いた方が色差は小さくなっており、ヒノキに比べて桟木痕の低減効果が高いと考えられる。しかし、桟木痕の発生を完全に抑えることは難しく、加工有りの桟木の場合、ヒノキの桟木を用いた条件では 80°C80%RH の条件で、アルミの桟木を用いた条件では 60°C以上の温度条件で、目視でも確認できる桟木痕が生じた。

乾燥後と 2mm のプレーナー加工後の測定結果を比較すると、図10に示すとおり、全体的にプレーナー加工後では色差 ΔE^*_{ab} が低下する傾向が認められた。これは、プレーナー加工によって桟木痕が一

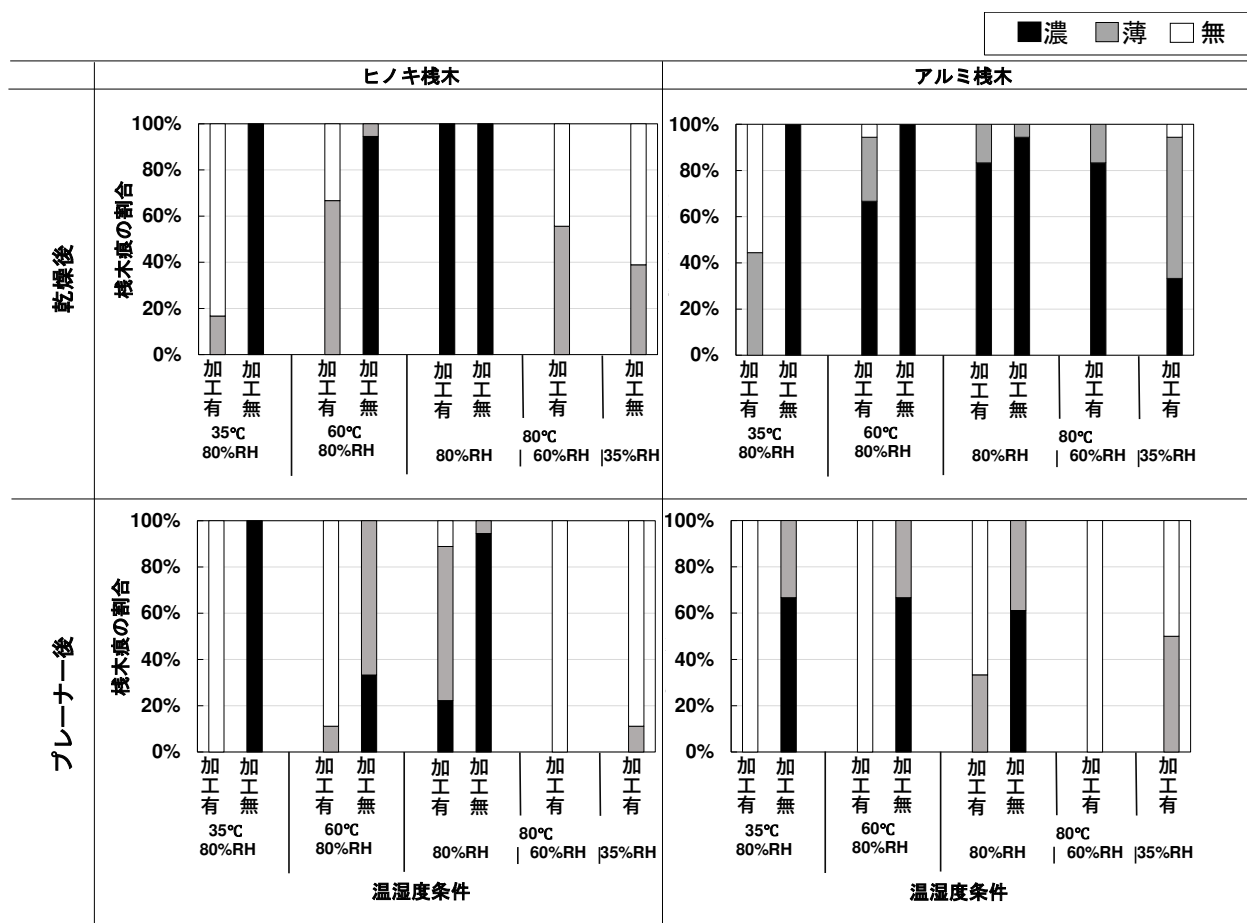


図11 目視による栈木痕の評価結果

定量取り除かれたことに加え、既報⁵⁾で報告したとおり、乾燥によって栈木接触部が明色化、栈木非接触部が暗色化していたものが、プレーナー加工によって栈木接触部、非接触部ともに明色化したことが影響していると考えられる。色差の値が0.8から1.6程度ある場合には、目視における隣接比較で色の違いを感じるレベルとなることが示されているが^{8,9)}、加工無しの条件では、プレーナー加工後も各条件の平均値はこの値を大きく上回っており、栈木痕がはっきりと残っている状況であると判断できる。一方、加工有りの条件では、色差の値は1.0付近まで低下したが、ヒノキの加工有りの栈木を用い80°C80%RHで乾燥させた条件では、乾燥後に3.09あった色差が1.74に低下したものの、他の条件と比較して高い値となった。

図11に、栈木痕を目視で評価した結果を示す。

栈木痕の状況は色差の値と概ね一致しており、色差が小さくなることで栈木痕も薄くなることが確認できる。プレーナー加工後も、加工無しの栈木を用いた条件では栈木痕が多く残存していたが、加工有りの栈木を用いた条件では、ヒノキの栈木を用いた80°C80%RHの条件を除き、目視で確認できるレベルの栈木痕の残存はわずかであった。

4 まとめ

人工乾燥後に栈木痕が残りにくい乾燥手法を検討するため、栈木の形状に注目し、加工を施した栈木を用い、温湿度条件と材質を組み合わせた乾燥試験を実施した。その結果、栈木の長さ方向に対して直角に溝を作製し、試験体の繊維方向に対して栈木表面の凸部分が平行に接するように加工した横溝栈木で、栈木痕の発生が大きく低減されることを確認した。温湿度ともに高い条件では、この横溝

栈木を用いても乾燥後の栈木痕の発生を完全に抑制することはできなかったが、アルミの横溝栈木で生じた栈木痕は 2mm のプレーナー加工によって概ね取り除くことができた。そのため、CLT 製造工程においては、ラミナ乾燥後のモルダー加工により、目立った栈木痕は残らなくなるものと考えられる。また、内装材等の薄い板材の乾燥においても同様に有効であると考えるが、横溝栈木の耐久性については確認が不十分であるため、栈積みした際の耐荷重や使用による劣化など、現場での利用を想定した検討が必要である。

引用文献

- 1)林野庁:令和 6 年版森林・林業白書、p186、2025
- 2)關谷文彦: 爐乾燥による所謂横木着色 (Sticker stain) に就いて、林學會雜誌、vol.15、pp217-218、1933
- 3)鳥羽景介、神林徹、渡辺憲、小林功: 木材乾燥で起こる表面の栈木痕と乾燥条件の関係、日本木

材加工技術協会第 37 回年次大会公演要旨集、pp45-46、2019

- 4)森下真衣、中晶平: 人工乾燥時の温度及び含水率が栈木痕の発生に及ぼす影響、奈良県林業技術センター研究報告、No.53、pp17-31、2024
- 5)佐々木裕介: スギ板材の乾燥における材色変化と栈木痕の調査、木材工業、Vol.79、no.9、pp336-343、2024
- 6)信田聡、河崎弥生: 木材科学講座 7 木材の乾燥 I 基礎編、p90、2020
- 7)日本産業規格: JIS Z8781-4:2013、測色－第 4 部: CIE 1976 L*a*b*色空間、2019
- 8)一見敏男: 印刷における色の技術 基礎編 5. 色差と UCS 表色系、日本印刷学会誌、26 巻、5 号、pp265-273、1989
- 9)日本電色工業株式会社: https://nippondenshoku.co.jp/web/japanese/color/color_story (閲覧 2025 年 12 月 25 日)

Summary

To investigate drying methods that minimize the formation of sticker stain after artificial drying, we conducted drying tests using crosspieces with different shapes. First, we investigated whether sticker stains formed differently depending on their shape. We found that when sticker with grooves right angle to their length and processed so that the convex portions of the sticker surface were in equilibrium with the fiber direction of the specimen were used, the occurrence of sticker stains was significantly reduced under certain temperature and humidity conditions. Next, to confirm the influence of temperature and humidity conditions and sticker material on the effectiveness of these processed stickers in reducing sticker stains, we conducted drying tests under multiple temperature and humidity conditions and with sticker materials. We confirmed that the use of modified stickers significantly reduced the occurrence of sticker stains under all conditions. However, under high temperature and humidity conditions, the occurrence of sticker stains after drying could not be completely suppressed, even with these modified stickers. However, the sticker stains by aluminum stickers could be largely removed with a 2mm planning, demonstrating its effectiveness in reducing sticker stain.

令和 8 年 7 月 31 日 発行

鳥取県林業試験場研究報告（第 47 号）

発行所 鳥取県林業試験場
〒680-1203
鳥取県鳥取市河原町稲常 113
電 話 (0858) 85-6221
ファクシリ (0858) 85-6223

印刷所 東京印刷株式会社
鳥取県米子市両三柳 929 番地
