

栈木痕の発生を抑制する板材の乾燥技術の開発

日高富男*, 徳留正明*, 上薗 剛*

Development of Wood Drying Technology to Prevent Crosspiece Marks

Tomio HIDAKA, Masaaki TOKUDOME and Tsuyoshi UEZONO

板材製造企業で問題となっている「栈木痕」の発生を抑制することを目的に、要因となる「栈木」の形状、材質について検討した。スリット状の切り込み加工を施した栈木を用い、製材品との接触面積を小さくしたことで、栈木痕の発生を大幅に抑制することが可能となった。また、開発した栈木を生産現場に適用したところ、その効果が証明され、移転可能な技術であることを確認した。

Keyword: 栈木痕, スリット加工, 工夫栈木, 色差, 現し

1. 諸 言

近年, SDGsなど環境への関心が非常に高まっており, その一端として, 木の良さが見直され, 木材利用の機運が高まってきている。国も「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(H22)や「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(R3)等の法律を整備し, 建築物の木造化, 木質化を推進している。

住宅の木造化, 木質化においては, 木を目に見える場所に利用する, いわゆる「現し(あらわし)」が多くなる。主な利用としては床材としての「フローリング」, 壁材としての「腰壁」などが挙げられる。また, 中大規模建築などで用いられる「CLT」なども, 現しで利用されることが多くなっている¹⁾。

木を現しで利用する際には, 見た目が重要になるが, それを損なう現象の一つに「栈木痕(さんぎこん)」が挙げられる。これは製材工程における乾燥方法に由来する不良である。木材を乾燥させる際には, 製材品と製材品の間に「栈木」と呼ばれるスペーサーを設置し, 空間を設けて通風を確保する。しかし, この栈木が触れている部分と, そうでない部分では, 熱の伝わり方や水分の蒸発など乾燥環境に差異が生じることとなり, 結果として乾燥後の色味に違いを生じ, 「栈木痕」と呼ばれる色むらとして視認される。材表面だけではなく, 材内部にも存在する栈木痕は, 仕上げ加工で除去出来ないものもあり, 栈木痕が残った製品は出荷出来ず, 生産性が低下する。挟掛けや, 2枚重ね等の対策をしている企業もあるが, コスト増につながっており, できるだけ通常の栈積みで乾燥させたいという企業の強い要望がある。

本研究では, 栈木痕の発生を抑制するために, 栈木の形

状や材質について検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

2. 1 試験材

出荷する製材品を模した試験材には, 鹿児島県大隅半島産のオビ系のスギ心材を用い, 栈木痕が発生しやすい生材を供した。試験材は, 幅120mm, 厚さ28mm, 長さ4,000mmの寸法で製材後, 栈木との密着性を良くするために, 表面仕上げを行い, 厚さを26mmとした。さらに, スキャナで材表面の画像を取得(後述)することを念頭に, 長さを430mmに切断した試験材を72本作成した。

2. 2 栈木の検討

栈木痕の発生を抑制するには, 製材品と栈木の接触面積を極力小さくする必要がある。そこで, 栈木の形状をスリット状にした工夫栈木を作成した。具体的には, 図1に示す様に, 栈木の表面に凹凸を作り込む形状とした。工夫栈木の断面寸法は, 幅, 厚さとも30mmとし, 長さは500mmとした。

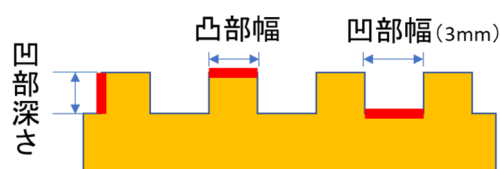


図1 工夫栈木の概要

凸部幅や凹部深さにより, 栈木痕の発生具合が異なると考えられたため, 凸部幅と凹部深さのサイズをパラメータとして検討した。

凸部幅をパラメータとした工夫栈木では, 凸部幅を3mm, 5mm, 7mm及び9mmの4種類とし, 凹部深さを全て5mmで統一した。また, 凹部深さをパラメータとした工夫栈木では凹部深さを, 1mm, 2mm, 3mmの3種類とし, 凸部

*地域資源部

幅を全て3mmで統一した。なお、凹部幅は、切り込み加工用の丸鋸の厚さが3mmであるため全て3mm固定とした。

素材により栈木痕の発生状況に差がでると考えられたため、通常使用されるスギ材の他にアルミ材の栈木を準備した。アルミ材の凸部幅は、スギ材と同様3mm、5mm、7mm及び9mmの4種類とし、凹部深さは5mmとした。

工夫栈木は片面だけを加工（以下、工夫栈木面）し、反対側は無加工（以下、無加工面）とした。これにより、通常の栈木を使用したときの結果も同時に得ることができる。作成した工夫栈木を図2に示す。

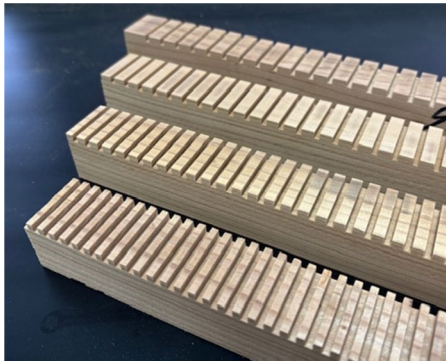


図2 製造した工夫栈木

2. 3 乾燥実験

2. 3. 1 実験1：凸部幅の影響

実験1では、凸部幅による影響を調べる試験を行った。栈積みの概要を図3に示す。1段に4枚の試験材を並べ、それを9段重ね、一つの段の間に同じ凸部幅の工夫栈木を4本ずつ設置した。凸部幅は3mm、5mm、7mm及び9mmの4種類とした。また、工夫栈木の向きが栈木痕の発生に関与することも考えられたため、上の4段は工夫栈木面を上向きに、下の4段は下向きに設置した。

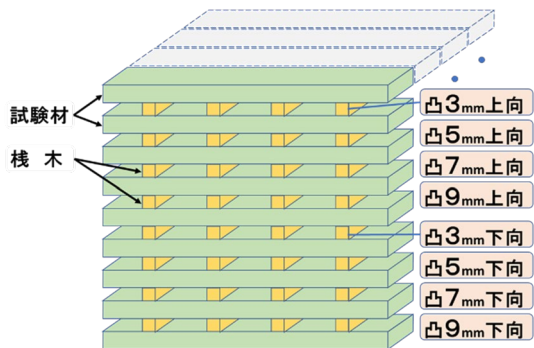


図3 実験1の栈積みの概要

2. 3. 2 実験2：凹部深さの影響

実験2では、凹部深さによる影響を調べる試験を行った。栈積みの概要を図4に示す。実験1同様に栈積みを行い、一つの段の間に同じ凹部深さの工夫栈木を4本ずつ設

置した。工夫栈木の凹部深さは、1mm、2mm及び3mmの3種類とした。また、アルミ材の工夫栈木も、本実験に供した。図4に示す場所に、凸部幅3mm、5mm、7mm及び9mmの工夫栈木を1本ずつ設置した。こちらも上の4段は上向きに、下の4段は下向きに設置した。

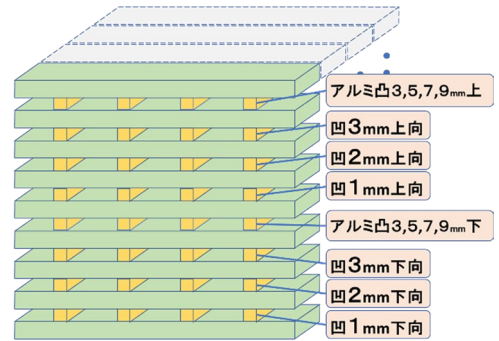


図4 実験2の栈積みの概要

2. 3. 3 乾燥方法

タバイエスペック(株)社製の大型電気定温器「PH-400」型を用いて、図5に示す一般的な板材のスケジュールで乾燥を行った。乾球温度は55℃から75℃とし、湿度制御は行わなかった。乾燥実験の様子を図6に示す。実験1、2ともに試験材の最上段には、120kgの载荷を行い、試験材と栈木が密着するようにした。

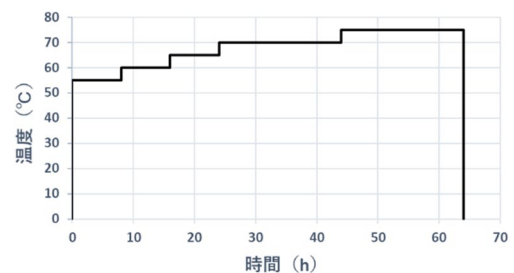


図5 乾燥スケジュール



図6 乾燥実験の様子

2. 4 評価方法

目視と色差の2方法で評価を行った。測定するポイント数は、栈木一本当たり8カ所（表裏で接触する試験材の数）とした。従って、1条件（例：凸部幅3mm）あたり、栈木8本×試験材4枚（工夫栈木面）＝32カ所、無加工面も同様に32カ所で、合計64カ所となる（アルミ材は1/4）。

2. 4. 1 目視による評価

目視評価は、木材乾燥に経験のある職員2名が、表1の基準で評価した。

表1 目視による評価基準

栈木痕	無し	薄い	濃い	顕著
評 価	○	△	×	××
判 定	-		発生	

なお、後述の実験結果において栈木痕の発生数を示すが、表1の「濃い」と「顕著」に相当するものを「発生」と判定した。

2. 4. 2 色差による評価

色差は、栈木が接触した場所と、その近傍の栈木と接触していない場所のうち、木目が同等で色の差が最も大きいと思われるポイントを一点ずつ選定し評価した。本来は、色差計で直接測定すべきだが、現有の色差計は据え置き型のみであり、狭い評価ポイントを正確に測定することが困難なため、スキャナで画像を取得し、画像処理ソフト（ImageJ）を用いてL*, a*, b*値を求めることを検討した²⁾。用いた色差計を図7に、スキャナを図8に示す。

スキャナで得られる値は、色差計の測定値とは異なる



図7 色差計



図8 スキャナ

ため補正を検討した。まず、紙に印刷した12色のカラーサンプル（図9）について色差計とスキャナ、それぞれでL*, a*, b*値を求めた。次に、L*, a*, b*値それぞれの散布図（図10, 11, 12）を作成し近似直線及び相関係数を求めた。

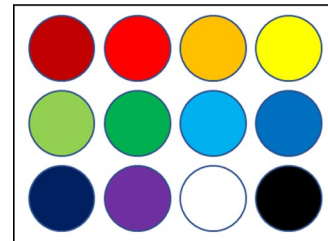


図9 カラーサンプル

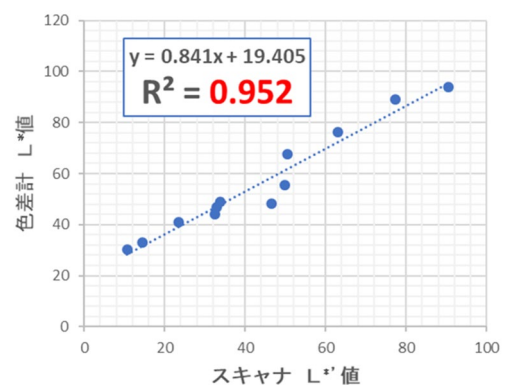


図10 L*値の散布図

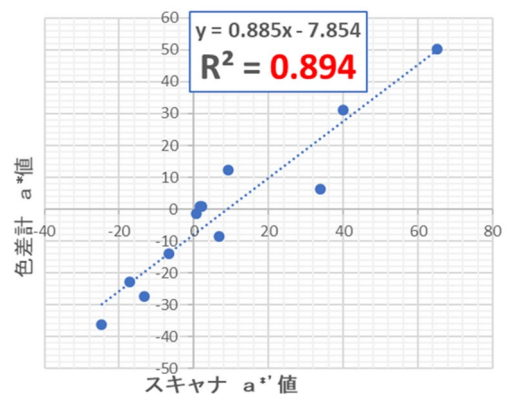


図11 a*値の散布図

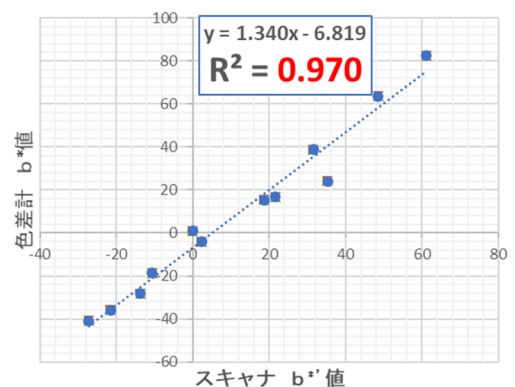


図12 b*値の散布図

横軸は、スキャナの値、縦軸は色差計の値である。それぞれの相関係数は、0.95, 0.89, 0.97 と全て高い相関が見られたことから、スキャナの測定値を式1で補正し、式2により色差を計算することとした。

$$\begin{cases} L^* = 0.841 \times L^{**} + 19.405 \\ a^* = 0.885 \times a^{**} - 7.854 \\ b^* = 1.340 \times b^{**} - 6.819 \end{cases} \quad \text{式1}$$

L^* : 色差計の値

L^{**} : スキャナの値

$$\Delta E = ((L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2)^{1/2} \quad \text{式2}$$

L^*1, a^*1, b^*1 : 測定点1の数値

L^*2, a^*2, b^*2 : 測定点2の数値

2. 4. 3 生産現場での評価

県内企業が準備した栈木を加工し、企業の生産現場で使用していただき、その感想をアンケート形式で数値化した。評価項目は、栈木痕の発生状況、栈木の劣化状況、作業性、今後の利用の4項目である。

3. 結果と考察

乾燥試験後の凸部幅3mmの試験材を図13に示す。上が工夫栈木面側、下が無加工面側の結果である。

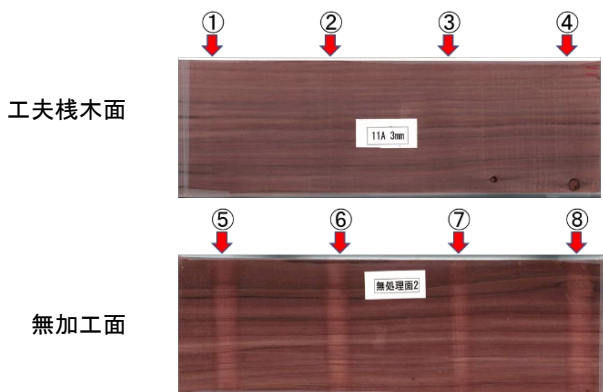


図13 乾燥後の試験材

①～⑧が栈木と接触していた部分である。工夫栈木面と無加工面では、栈木痕の発生状況が大きく異なることが確認できた。

3. 1 凸部幅の影響

目視結果を表2に、色差結果を図14に示す。凸部幅が小さいほど栈木痕の発生率が少ないことが目視、色差の両評価で確認できた。凸部幅が小さくなるほど栈木と試験材との接触面積が小さくなり、栈木痕の発生が抑制されたと推察された。一方、無加工面の色差は、工夫栈木面と比べて大きく、工夫栈木に効果のあることが確認できた。

なお、工夫栈木面の設置の向き（上向き・下向き）による違いは確認できなかった（以降の試験でも同様）。

表2 凸部幅の影響：目視結果

凸部幅	3mm	5mm	7mm	9mm	無加工
発生数	0/32	14/32	28/32	28/32	128/128
発生率	0%	43%	87%	87%	100%
○	23	4	0	0	0
△	9	14	4	4	0
×	0	14	28	28	0
××	0	0	0	0	128

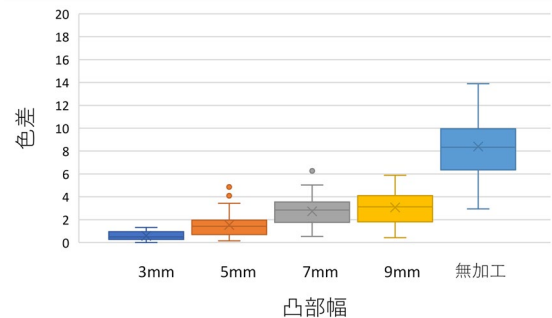


図14 凸部幅の影響：色差結果

3. 2 凸部幅の影響（1.5mm 切削後）

前述の結果は、乾燥後の材表面の栈木痕を評価したが、出荷前には表面の仕上げ加工を行うため、一般的な歩増し量である1.5mm切削後の材面についても評価した。目視結果を表3に、色差結果を図15に示す。

目視、色差ともに工夫栈木面の栈木痕は凸部幅に関係なく、より目立たなくなる結果となった。一方、無加工面の栈木痕は、切削しても濃く残ったままであり、木材内部まで栈木痕が強く発生していることがわかる。

このことから、工夫栈木を使用することで、木材内部への変色を小さくすることができ、その結果として歩増し量を減らすなど生産性を向上させることが可能になると思われた。

表3 凸部幅の影響：目視結果（1.5mm切削後）

凸部幅	3mm	5mm	7mm	9mm	無加工
発生数	0/32	0/32	0/32	0/32	128/128
発生率	0%	0%	0%	0%	100%
○	29	20	18	5	0
△	3	12	14	27	0
×	0	0	0	0	0
××	0	0	0	0	128

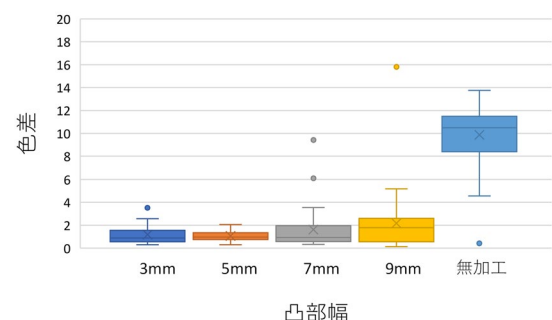


図15 凸部幅の影響：色差結果（1.5mm切削後）

3. 3 凹部深さの影響

目視結果を表4に、色差結果を図16に示す。凹部深さが大きいほど、栈木痕の発生率が少ないことが確認できた。凹部が深いほど通気性が確保され易く、乾燥環境がより均一になったためと推察された。

表 4 凹部深さの影響：目視結果

凹部深さ	3mm	2mm	1mm	無加工
発生数	0/32	8/32	32/32	96/96
発生率	0%	25%	100%	100%
○	16	11	0	0
△	12	13	0	0
×	0	6	1	0
××	0	2	31	96

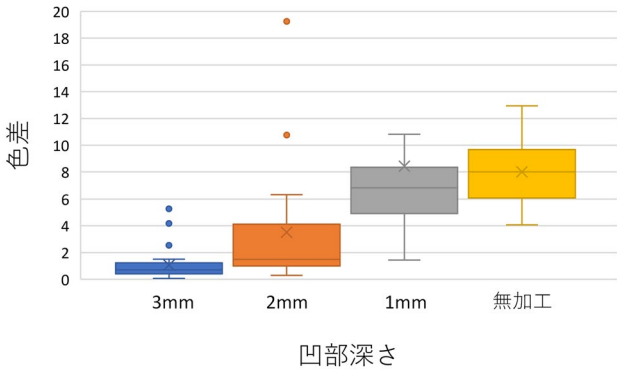


図 16 凹部深さの影響：色差結果

3. 4 素材の違いによる影響

アルミ材の目視結果を表5に、色差の結果を図17に示す。凸部幅による影響は、スギ材と同様の傾向を示したが、アルミ材の方にやや色濃く栈木痕が発生する結果となった。

アルミ材は、スギ材と比較して熱伝導率が高い特徴がある反面、スギ材の様に空隙が無いため、水分の蒸発が妨げられ栈木痕が濃くなったと考えられた。

アルミ材の利用は現実的ではなく、通常のスギ材と比べて効果も良くなかったことから、利用には適さないことが明確になった。

表 5 アルミ材の影響：目視結果

凸部幅	3mm	5mm	7mm	9mm
発生数	4/8	8/8	8/8	8/8
発生率	50%	100%	100%	100%
○	1	0	0	0
△	3	0	0	0
×	4	5	4	4
××	0	3	4	4

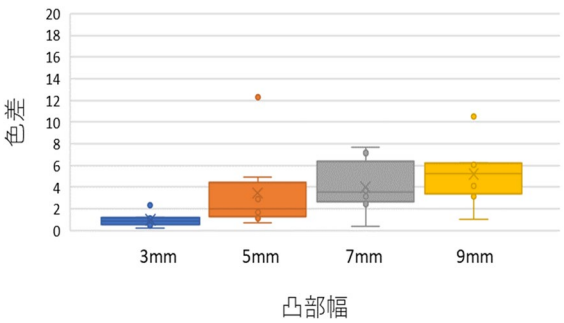


図 17 アルミ材の影響：色差結果

3. 5 生産現場での評価

アンケートによる3社の評価を表6に、各企業の栈木のサイズを図18に示す。各項目最高4点の16点満点で、数値が大きいほど良い結果となる。

表 6 製造現場での評価

	評価項目				総合点数 (満点16点)
	栈木痕の発生	栈木の劣化	作業性	今後の利用	
A社	2.5	4	3	2.5	12
B社	4	1	3	4	12
C社	4	4	4	4	16
平均	3.5	3	3.3	3.5	13.3

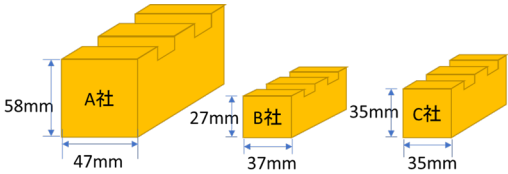


図 18 各企業の栈木のサイズ

提供して頂いた栈木の加工条件は、凸部幅5mm、凹部深さ3mmで共通とした。

各評価の平均値は、栈木痕の発生状況は3.5点、栈木の劣化状況は3.0点、作業性は3.3点、今後の利用については3.5点及び総合評価では13.3点と高い評価であった。特に、C社での評価は全ての項目で満点であった。

評価点の低い項目について、企業に聞き取り調査を行った。A社の「栈木痕の発生：2.5」は乾燥試験を3回実施した所見であった。初回は製材、栈積み、天然乾燥まで全て屋内で材を管理していたため良好な結果を得たが、2、3回目は天然乾燥を屋外で実施したため評価が下がった。使用後の工夫栈木には一部木屑が固着しており、雨水や木屑等が工夫栈木の凹部に侵入し、通気性が悪化したのではないかと考えられた。また、B社の「栈木の劣化：1」は、栈積みする際に、引きずったため、凸部の欠けが発生したとの事であった。

工夫栈木の取扱い、工程の一部改善等により、これらの問題は解消できるのではないかとと思われる。

4. 結 言

板材製造企業で問題となっていた栈木痕は、栈木の表面にスリット加工を施した工夫栈木を用いることで、その発生を大幅に抑制することが可能となった。

凸部幅が小さいほど、また凹部深さが深いほど効果が高くなり、特に、凸部幅 3 mm, 凹部深さ 3 mm の工夫栈木では、栈木痕はほとんど発生しなかった。

熱伝導率の高いアルミ素材を検討した結果、スギ材と比較して効果が低いことを確認できた。

実際の生産現場の利用については、耐久性を考慮したサイズの検討が必要だが、今回の現場評価（凸部幅 5 mm, 凹部深さ 3 mm）でも、概ね良好な結果が得られたことから、十分利用可能であると思われる。

本技術により、板材製造企業での製品の品質向上、生産コストの削減に貢献する事が期待できる。

謝 辞

開発した工夫栈木の効果を、3社の企業様で確認して頂き、改善点や更なる知見を得ることができました。多大なご協力に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 林野庁補助事業 令和7年度 CLT 活用建築物等実証事業 CLT 建築事例集 <https://cltjisshou.org/>
- 2) 西野吉彦, 品川良平: 木材工業 Vol. 54 No. 4 「カラーイメージスキャナーによる木材材鑑のデジタル画像化と色彩測定への応用」167-169 (1999)