

Hokkaido CLT Pavilionにおける測定データの紹介（その3） CLT表面の乾燥による劣化～4年間にわたる測定結果～

技術部 生産技術グループ 石原 亘

■はじめに

直交集成板（Cross Laminated Timber, 以下CLT）は、幅100mm、厚み30mm程度のラミナ（挽き板）を並べ、繊維方向が直交するように積層接着した木質材料で、厚く、大きなパネルをつくることができます。2019年に、林産試験場では北海道産材を使用したCLTの様々な材料特性を多雪極寒地で検証するために、敷地内に「Hokkaido CLT Pavilion」（以下、CLT実験棟）を建てています（写真1）¹⁾。CLT実験棟では、現在に至るまで、様々なデータが収集されており、「林産誌だより」でもその一部を紹介してきました^{2～7)}。

CLTはラミナを直交させて積層接着しているため、寸法安定性に優れているのですが、湿度の低い場所で使用する際に“目隙き”や“干割れ”といった、乾燥収縮による表面劣化が生じやすく、美観上の欠点となります（図1）。林産試験場では、小型のCLTを用いた検証実験により、①ラミナの含水率を8～9%に抑え、②幅はぎ接着を行い、③木裏を表面側に向けることで、目隙きと干割れの双方が生じにくいCLTが製造できることを提案しました（図2）^{8,9)}。この提案の有効性を実証するため、CLT実験棟においては、壁として使用されている実大サイズのCLTの目隙き・干割れを経時測定することにしました。過去の「林産誌だより」において、CLT実験棟における、約1年4ヶ月間（2019年5月17日～2020年9月11日）の目隙き・干割れの測定データを紹介していますが⁴⁾、その後も2023年4月までデータの収集を続けました。この記事では、CLT実験棟が建てられて以降、約4年（2019年5月17日～2023年4月21日）にわたって収集した、表面劣化（目隙き・干割れ）の測定データについて紹介します。



写真1 Hokkaido CLT Pavilion (CLT実験棟)

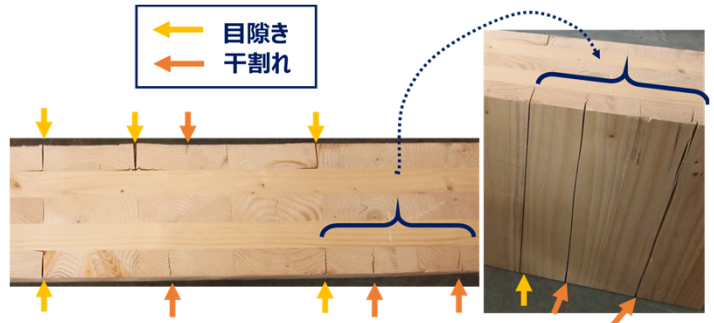


図1 乾燥によるCLTの表面劣化

乾燥による表面劣化を抑えるためのCLTの製造条件

- ①含水率を低く抑える（含水率：8～9%）
 - ▶「目隙き」「干割れ」の抑制
- ②幅はぎ接着をする
 - ▶「目隙き」の抑制
- ③「木裏」を表面側にする
 - ▶「干割れ」の抑制

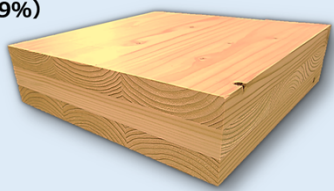
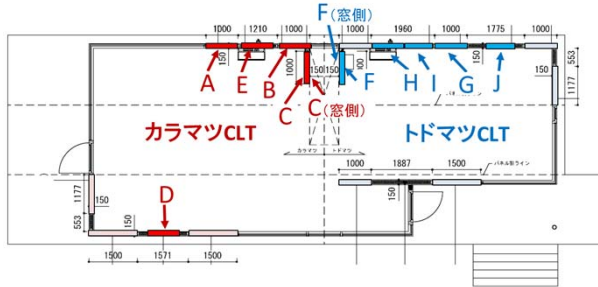


図2 目隙き・干割れの生じにくいCLTの製造条件

■データの収集

測定の対象としたのは、CLT実験棟内における10枚のCLT（5層5プライ、カラマツ・トドマツCLT各5枚、壁パネルとして使用）です。測定対象としたCLTの製造条件と配置状況は図3に示す通りです。CLTの含水率は、施工時の端材などから全乾法で測定した結果、9～10%程度でした。これは、構造用集成材などに使用されるラミナの一般的な含水率（12～15%）よりも低い値となっています。

これらのCLTに対し、高さ方向に50cmごとの区画を設け、区画ごとに表面を観察し、目隙きと干割れの評価を行いました。目隙きは、隣り合うラミナの目隙き幅が最も広がっている箇所を隙間ゲージ（最小測定単位：0.05mm）により測定しました。干割れは、各CLTにおいて、ラミナに生じた割れの長さを測定・累計し、CLTにおけるラミナ全長に占める割合を計算しました。なお、割れは幅が0.05 mm以上のものを計測の対象としました。また、含水率を高周波容量式含水率計を用いて、各ラミナの表面より深さ1 mm、13 mm、25 mmで計測しました。評価方法の概略について図4に示します。



| 樹種 | 配置場所 | 製造条件 | | 樹種 | 配置場所 | 製造条件 | |
|------|--------|-------|----|------|--------|-------|------|
| | | 幅はぎ接着 | 表面 | | | 幅はぎ接着 | 表面 |
| カラマツ | A | あり | 木表 | トドマツ | F | なし | ランダム |
| | B | あり | 木裏 | | F (窓側) | なし | ランダム |
| | C | あり | 木表 | | G | あり | 木表 |
| | C (窓側) | あり | 木裏 | | H | なし | 木裏 |
| | D | なし | 木裏 | | I | なし | 木裏 |
| | E | なし | 木表 | J | あり | 木裏 | |

[CLTの使用接着剤] 積層接着：水性高分子-イソシアネート系接着剤（水ビ）
幅はぎ接着：酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（酢ビ）

図3 観察対象のCLTの配置と製造条件

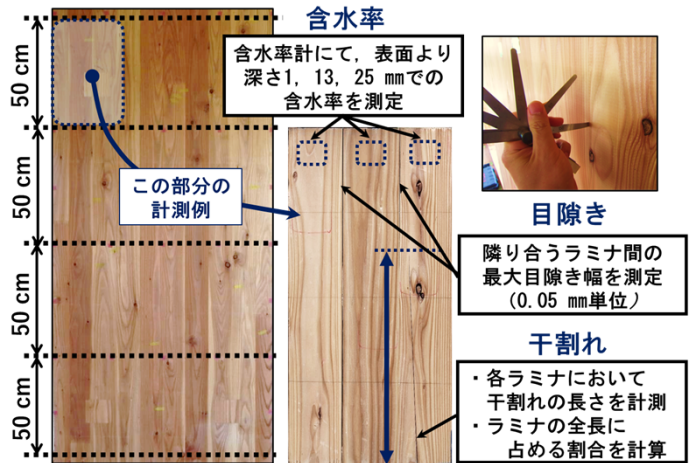


図4 各CLTにおける目隙きと干割れの計測方法

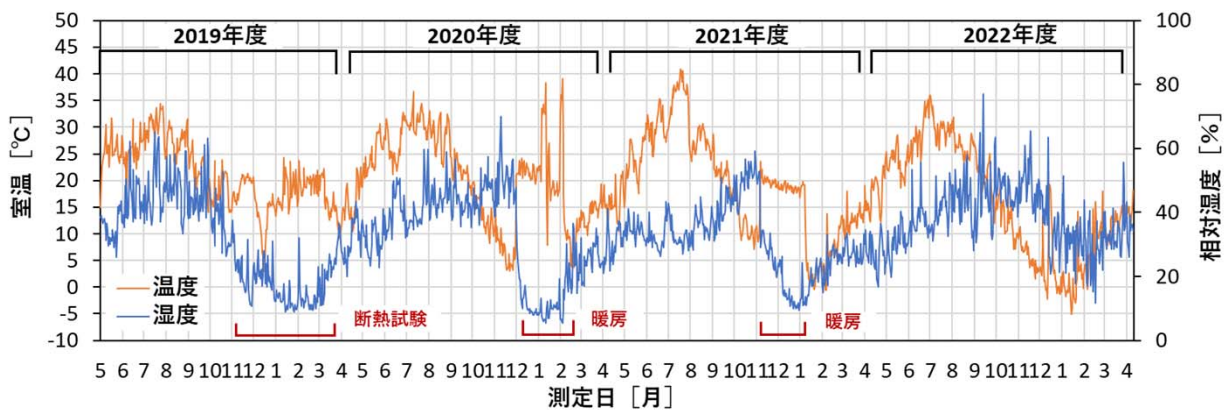


図5 CLT実験棟室内の経時変化

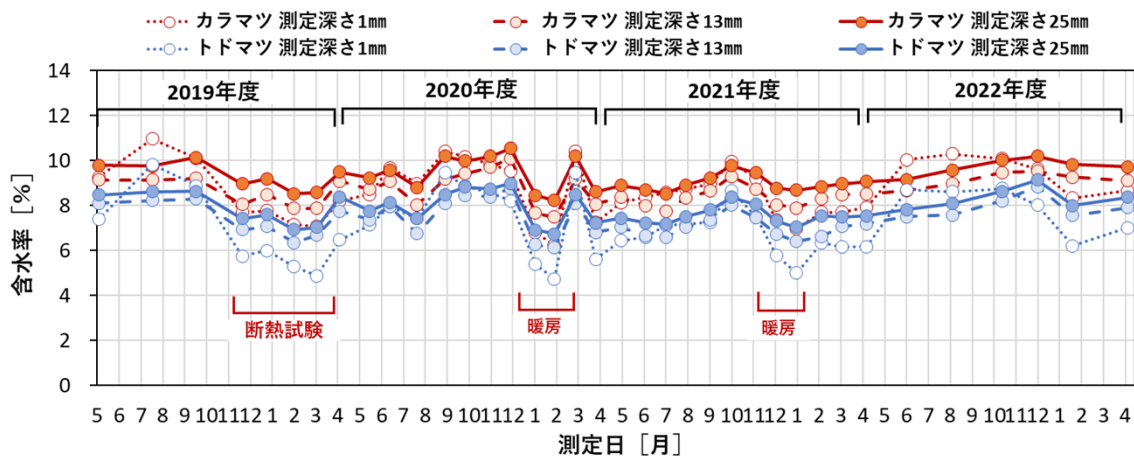


図6 CLT表層ラミナの含水率の経時変化

■ 4年間の観察結果

[室内環境]

まず、4年間の室内環境（気温、相対湿度）の経時変化を図5に示します。冬季に暖房を稼働（断熱試験³⁾を含む）させた場合、室内の相対湿度が20%を下回り、非常に乾燥した環境となりました。なお、これはCLT実験棟に限ったことではなく、旭川近郊の非住宅木造建築においても、冬季の室内の相対湿度は20%を切る例があります¹⁰⁾。

[含水率]

CLTの表層ラミナ（室内側表面から1 mm, 13 mm, 25 mm）の含水率の経時変化を図6に示します。含水率は室内の温湿度の変化に応じて変動しました。ただし、表面から25 mmでは年間を通して2%程度の変動幅であり、大きく上下するのはごく表面（1 mm）であることがわかりました。このことは、冬季の低湿度環境下において、表層ラミナ内に水分勾配があることを示しています。

[目隙き]

図7に、目隙きの経時変化を示します。温湿度と含水率の変化に応じて増減（冬季に拡大，夏季から秋季にかけて縮小，10～11月に最縮小）しました。ただし、建築後3年目（2021年度）以降は、1年目の7～9月の水準（目隙きがほぼみられない状態）に戻ることはなく、相対湿度の高い10～11月においても多少の目隙きがみられました。

幅はぎ接着を行ったCLT（A, B, C）の方が、幅

はぎ接着を行っていないCLT（D, E）に比べて冬季に目隙き幅が増大する傾向がみられましたが、幅はぎ接着を行ったCLTのうち、大窓に隣接して設置されたもの（C（窓側））については、幅はぎ接着の効果がみられませんでした。これは、このCLTが紫外線（直射日光）の影響を受けやすい場所に設置されているため、幅はぎ接着に用いた接着剤（酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤）が劣化したためと考えられます。

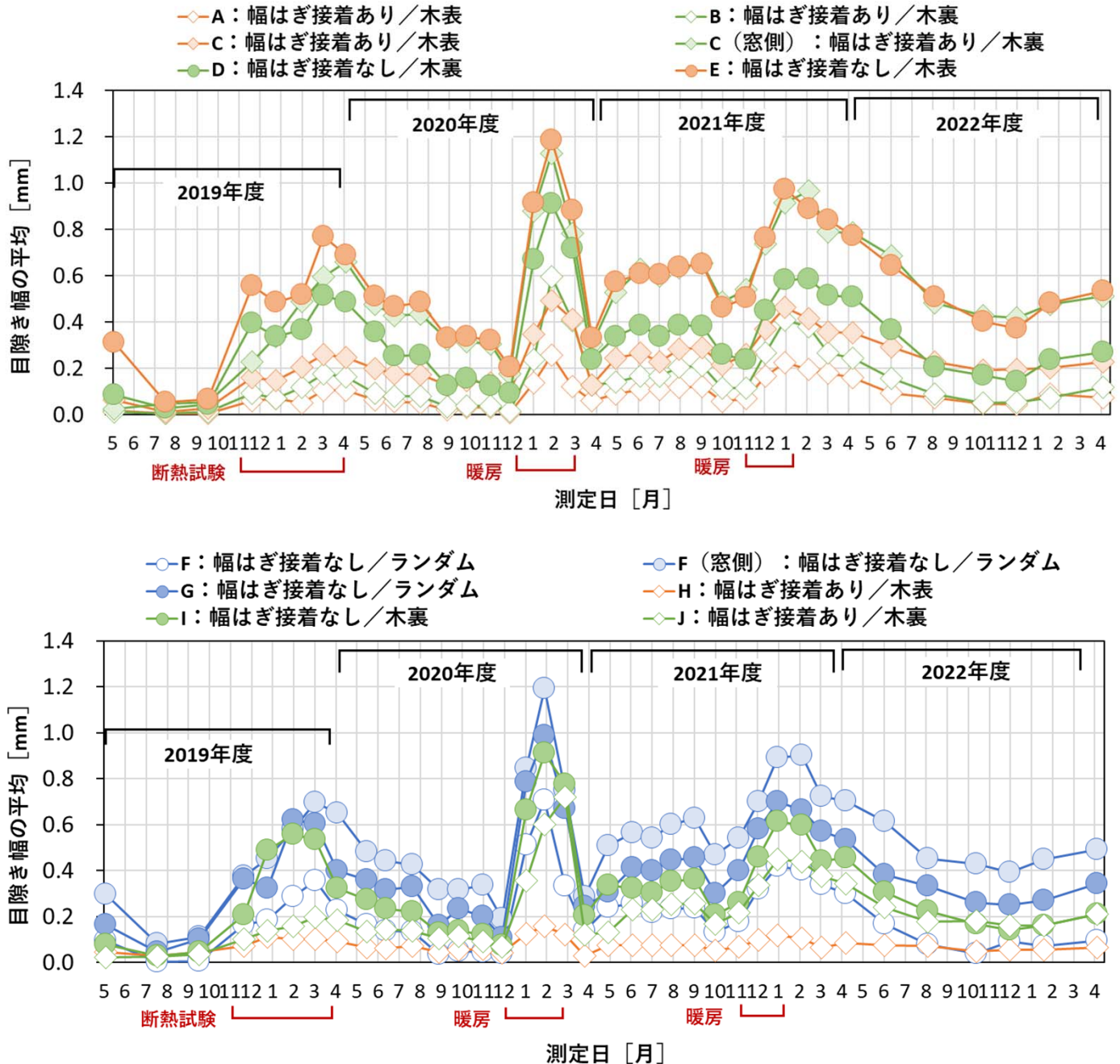


図7 目隙きの経時変化（上段：カラマツCLT, 下段：トドマツCLT）

[干割れ]

図8に、干割れの4年間の経時変化を示します。建築後1年目（2019年度）から2年目（2020年度）の冬季にかけては、目隙きと同様に、温湿度と含水率の変化に応じて増減しました。しかし、2020年度の冬期以降、大きく生じた干割れについては、翌年度の夏季以降においてもさほど縮小しませんでした。目隙きと比較すると、干割れは初期状態（割れが閉じた状態）により戻りにくい傾向があるといえます。

干割れは、幅はぎ接着を行い、木表を表面側としたCLTに多く生じました（A, C, H）。幅はぎ接着を行うと、幅方向の乾燥収縮が拘束されるため、干割れが生じやすくなると考えられますが、木裏を表面側とすることで、幅はぎ接着を行っていても干割れは生じにくくなりました（B, C（窓側）, J）。なお、トドマツCLTにおいては、幅はぎ接着を行っていないCLTにも、干割れが多く生じました（F, F（窓側）, G）。

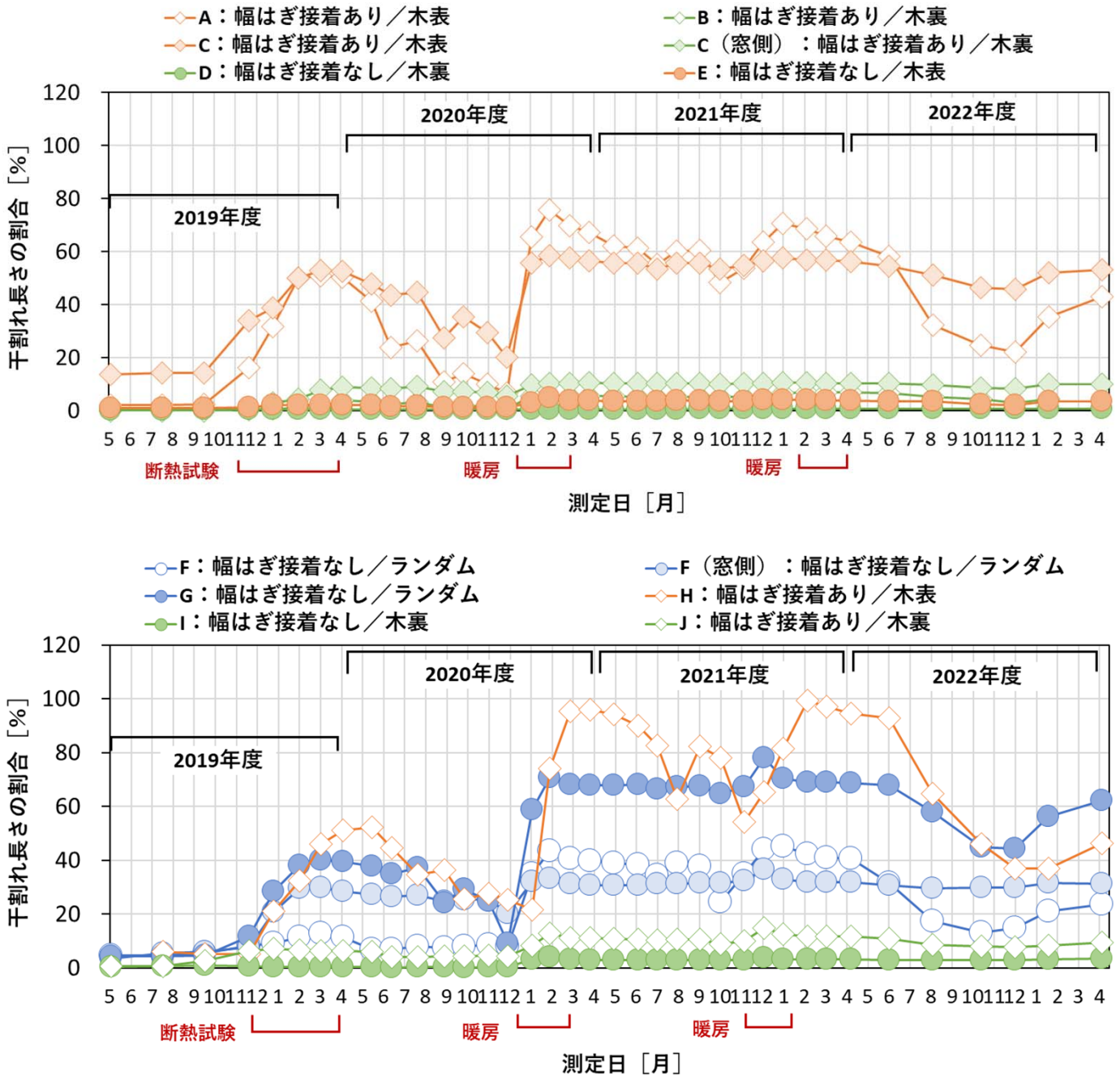


図8 干割れの経時変化（上段：カラマツCLT，下段：トドマツCLT）

■おわりに

以上に示した測定データより、実大サイズのCLTにおいても、小型CLTによる検証の結果（幅はぎ接着によって目隙きを、表面側を木裏とすることで干割れを抑制できること）とおおむね同様の傾向^{8,9)}を把握することができました。特に、表面を木裏とすることによる干割れの抑制は顕著でした。ただし、木裏側はささくれが生じやすいことが知られているほか¹¹⁾、カラマツのように早晚材の密度差が大きい樹種の場合は“目離れ”が生じることもあり⁴⁾、人の手が届く範囲でCLTを使用する場合には留意する必要があります。

なお、今後は、CLT実験棟にて、経年により生じた目隙きと干割れ（および目離れ）の適切な補修方法について検討していく予定です。

■参考文献

- 1) 大橋義徳, 戸田正彦, 平舘亮一: 道産CLTを用いた実験棟の建設. 林産試だより5月号, 1-8(2019).
- 2) 平間昭光: 道産CLTを用いた実験棟の気密性能. 林産試だより10月号, 1-6(2019).
- 3) 今井良, 富高亮介: 道産CLT現し仕上げの建築物における断熱性と気密性. 林産試だより6月号, 4(2020).
- 4) 石原亘: Hokkaido CLT Pavilionにおける測定データの紹介(その1) 壁パネルCLTの乾燥に伴う表面劣化の観察. 林産試だより5月号, 2-5(2021).
- 5) 高梨隆也: Hokkaido CLT Pavilion における測定データの紹介(その2) 屋根パネルはね出し部のたわみの経過. 林産試だより11月号, 1-4(2021).
- 6) 平間昭光: 道産CLTを用いた実験棟の気密性能(第2報). 林産試だより12月号, 1-3(2021).
- 7) 伊佐治信一: CLTモデル実験棟壁パネルの塗膜劣化と早期補修の効果. 林産試だより10月号, 4-7(2023).
- 8) 石原亘: あらわし仕様に対応したカラマツCLTの作製. 林産試だより4月号, 4-7(2018).
- 9) 石原亘, 宮崎淳子, 大橋義徳, 中村神衣, 高梨隆也: 低湿度環境下での内装現し仕上げを想定したカラマツ・トドマツCLTの製造条件の検討. 木材工業75(1), 10-15(2020).
- 10) 石原亘: 旭川市近郊における非住宅木造建築物における室内の平衡含水率. 木材学会北海道支部講演集, 55, 3-6(2023).
- 11) 矢田茂樹: 外装木材の初期劣化とその抑制. 木材保存, 42(3), 127-131(2016).