

複合バルキング処理による木材の寸法安定化について

利用部 バイオマスグループ 長谷川 祐

■はじめに

深刻化する温暖化への対策として、化石資源由来のプラスチックをできるだけ減らす動きが加速しています。プラスチックについては、マイクロプラスチックや使い捨てプラスチックによる海洋汚染や環境負荷に対する懸念も高まっていることから、バイオマス由来で低環境負荷材料の元祖とも言える木材への利用回帰が進むことが期待されます。木材を利用してもらう側としても、プラスチックの代替として目を向けてもらえるよう、材料としての性能を高めてアピールすることが重要と考えられます。

木材の材料としての特徴の一つに、湿度変化に伴う寸法変化があります。これは木材が水分を吸・脱着する性質によるためで、これによって木造建築物では室内の湿度変化が穏やかになる（調湿機能）と言われています¹⁾。一方で、このような寸法変化は、木製品の変形や割れなどの原因となる場合があります、木製品に対する信頼性の低下や用途の制限につながる可能性があります。防湿性塗料の重ね塗りや合板など寸法変化の小さな木質材料を用いることで対応可能な場合も多いのですが、対応方法のバリエーションを増やしておくことで、従来手法では不適とされてきた用途に進出できる可能が生まれます。

木材の寸法変化を抑制する方法として、以前、アセチル化処理についてご紹介しました^{2,3)}。アセチル化により、木材の寸法変化は無処理木材の25～35%程度に抑制できます。例えば、無処理木材が10ミリ寸法変化した場合、アセチル化木材ならば3ミリ前後に抑制できることになります。それでは、これよりもさらに寸法変化を抑制することは可能なのでしょうか。今回は、基礎的な研究内容になりますが、複合バルキングという手法による高寸法安定化への取り組みについてご紹介します。

■水分による木材の寸法変化の基本メカニズム

複合バルキング処理の話の前に、水分による木材の寸法変化が生じる仕組みについて説明します。木材の構成成分のうち、寸法変化に大きく関与するのはセルロースであることが知られています⁴⁾。セルロースは、図1-①に示すようにグルコース（ブドウ

糖とも呼ばれます）が直鎖状に連なった分子構造をしており、隣接する分子鎖同士が結晶構造を形成している部分（結晶領域）と結晶が乱れている部分（非晶領域）があるとされています⁵⁾。

結晶領域は隣接セルロース分子鎖同士が水素結合で強固に結び付いているため化学的に安定で、そのため通常では水分子が入り込むことはできないとされています。一方、図1-②に示すように、非晶領域は水酸基同士の水素結合が不完全なため、外部から水分子が入り込んで領域を押し広げることができます。つまり、水分の吸脱着に伴う木材の寸法変化は、この非晶領域での水分子の出入りによると考えられています¹⁾。

■複合バルキング処理とは？

図1-②からもわかるように、寸法変化の原因となるセルロース非晶領域の水酸基をなんらかの方法でブロックして水分子が入り込めないようにできれば、木材の寸法を安定化できることになります。その方法としては、熱処理によって水酸基の数自体を減らす方法や水酸基同士を架橋（薬剤分子を介して結合）させることで膨潤を抑制する方法等が知られます。前述のアセチル化処理は、アセチル基により木材水酸基を置換する方法です。アセチル基は、疎水性でかさ高い分子であるため、図1-③に示すように、アセチル基が導入された木材の非晶領域は膨潤した状態で固定化されます。このように、水分によって膨潤する領域を予めかさ高い分子で膨潤させておくことをバルキング処理と呼びます。ちょうど、お腹いっぱいご馳走を食べて、もうそれ以上食べることができない状態に似ています。

複合バルキング処理は、図1-④に示すように、この膨らんだ状態の上にさらに別の成分で木材をバルキング化しようという発想です。人も、食後の後のスイーツは別腹というように、お腹いっぱいでも食べられる場合があります。これと同じで、バルキング化した木材に追加で種類の異なる薬剤によるバルキング処理を施すことで、一層強固な寸法安定性を実現しようというものです。

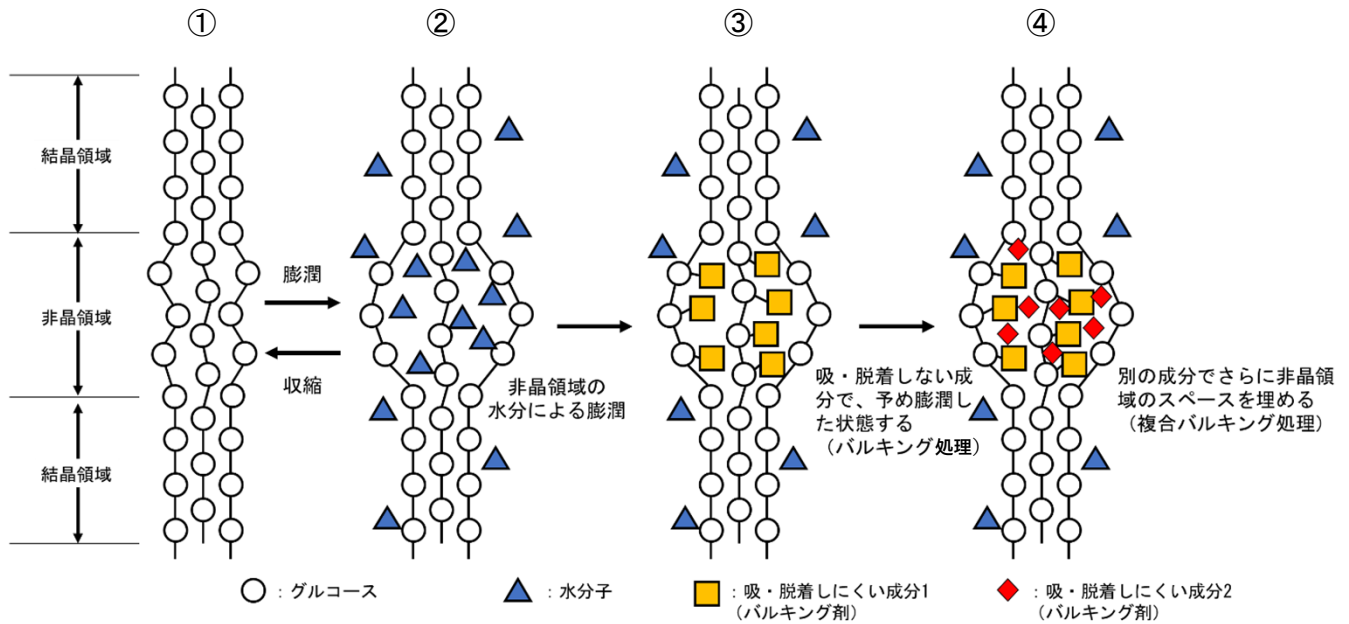


図1 セルロースの水分による寸法変化のメカニズムと複合バルキング処理による抑制方法のイメージ

■複合バルキング処理の寸法安定化効果

今回、複合バルキング処理の供試材としては、図2に示すようなトドマツの木口試験体を用いました。

トドマツ材は比較的密度が小さな針葉樹材ですが、水分による接線方向の寸法変化が大きいことが知られています⁶⁾。この試験体に一つ目のバルキング処理として気相アセチル化を行いました。気相アセチル化とは、無水酢酸という薬剤を蒸気にしてアセチル化する方法です²⁾。次いで、このアセチル化した試験体に二つ目のバルキング処理として、有機溶媒に溶かした多価アルコールのアセチル化物を含浸しました。多価アルコールとは、分子内に二つ以上の水酸基をもつアルコール類の総称で、身近なものとしては保湿剤のグリセリンや甘味料のソルビトールやキシリトールなどが挙げられます。含浸した試験体は105℃で加熱して溶媒を飛ばし、浸水（減圧

30分→加圧1.5 MPa・2時間→常圧に戻して48時間浸せき）と送風乾燥（60℃・24時間→105℃・24時間）を交互に3サイクル繰り返し、もっとも寸法変化が大きい接線方向の寸法変化を測定しました。その結果を表1に示します。

表中のバルキング処理した試験体の寸法変化率はバルキング処理後の寸法を基準にしています。また、ASE（Anti-swelling efficiency）は下記式で表されるもので、寸法安定性の度合いを示す指標です。値が100に近いほど寸法安定性が高く、100で寸法変化がないことを意味します。

$$ASE(\%) = [(S_c - S_t) / S_c] \times 100$$

ここで、

S_c : 浸水時の無処理材の寸法変化率

S_t : 浸水時のバルキング処理木材の寸法変化率

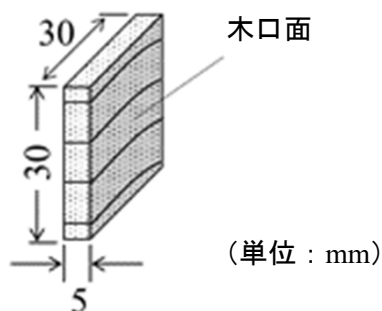


図2 木口試験体

絶乾状態から飽水状態の高含水率域に至る寸法変化率は、トドマツ無処理材では約11%を示したのに対して、アセチル化したものは約4%（ASEとして62%前後）に減少しています。さらに複合バルキング処理を施したものは1%前後（ASEとして90%前後）まで減少しています。これらの数値は吸水と乾燥を繰り返してもほぼ一定であり、高い寸法安定化の効果が持続することがわかりました。

表1 各試験体の浸水工程時の寸法変化率と抗膨潤能 (ASE)

バルキング 処理条件	W ₁		W ₂		W ₃	
	寸法変化率 (%)	ASE (%)	寸法変化率 (%)	ASE (%)	寸法変化率 (%)	ASE (%)
無処理	11.0	-	10.7	-	10.9	-
バルキング処理 (アセチル化)	4.0	63.6	4.1	61.7	4.0	63.3
複合バルキング処理 (アセチル化 +多価アルコールアセ テート含浸)	1.2	89.1	0.9	91.6	0.8	92.7

W_n: 浸水_n回目

■まとめ

今回は、木材の吸放湿に伴う寸法変化を抑える方法として、複合バルキング処理について紹介しました。トドマツの小試験体を用いた実験では、吸水時の寸法変化は無処理木材に比べて1/10以下になり、その効果も持続することがわかりました。今後は、吸水と乾燥をさらに繰り返した際の効果の持続性や他樹種に適用した場合の効果を調べると共に、高寸法安定性を活かした製品の試作を行う予定です。

■参考文献

- 1) 則元 京：日本木材加工技術協会関西支部編：“木材の基礎科学”，海青社（1992）.
- 2) 長谷川祐：林産試だより，8月号（2010）.
- 3) 長谷川祐：林産試だより，7月号（2013）.
- 4) Mariaux, A. Le Retrait du Bois et ses Constituants Chimiques. *Holzforschung*, 12 (2), pp.51-57 (1958).
- 5) 西野 孝：セルロース系材料における基礎と応用，材料，57 (1), pp.97-103 (2008).
- 6) 堀岡邦典：森林総合研究所研究報告，68，pp.15-66 (1954).