

ビニールハウスを用いた低コスト木材乾燥の実施検証

－ 未利用樹木の価値創造手法の可能性を探る －

森と木のクリエイター科 木工専攻 渡邊 聡夫

1. 研究背景と目的

2020年9月に自身の親戚宅でケヤキ、ソメイヨシノを伐採することが決まり、その活用を考える機会を得た。樹を木製品にするには製材・乾燥が必要だが、製材は製材業での賃挽きなどの手段がある一方、乾燥は人工乾燥設備を持たない場合に天然乾燥以外に手段が乏しいことから、低コストでの人工乾燥の可能性を探ることとした。

2. 実験内容

乾燥方法はいくつかの林業事業者や研究組織での運用事例のあるビニールハウスとした。木材乾燥は含水率に応じて温度と湿度を制御することによって進めることから、温湿度変化と乾燥の進捗の関係を確認する実験内容とし、また天然乾燥と比較を行った。

(1) ビニールハウス

高い保温性を狙い、二重構造としハウス内の温湿度変化を記録した。建築面積を10㎡以下としたことから、市販のビニールハウスではなく竹を用いたバンブーグリーンハウス（以下BGH*1）を独自設計した。

(2) 試験材

入手したケヤキとソメイヨシノを学内製材機で28mm厚に製材した。観察対象とする板を樹種ごとに20枚選び、それを10枚ずつ天然乾燥とBGH乾燥に振り分けた。各試験体の含水率を全乾法で算出し、乾燥過程では試験体の質量を計測して含水率の変化を推定した。

*1: 京都大学地球環境学堂人間環境設計論分野の小林広英研究室らによる「バンブーグリーンハウスプロジェクト」で開発された竹構造の農業用ハウス。

3. 検証内容

(1) 含水率

木製品利用には天然乾燥で到達する含水率15%以下の7~8%レベルまでの人工乾燥が求められる。BGHでこのレベルの乾燥が可能であるかの検証を行った。

(2) 時間・コスト・品質

目標とする含水率までの到達時間、乾燥に関わるコスト、乾燥した材の品質が家具等の木製品に利用できるものであるかの検証を行った。

4. 含水率推移

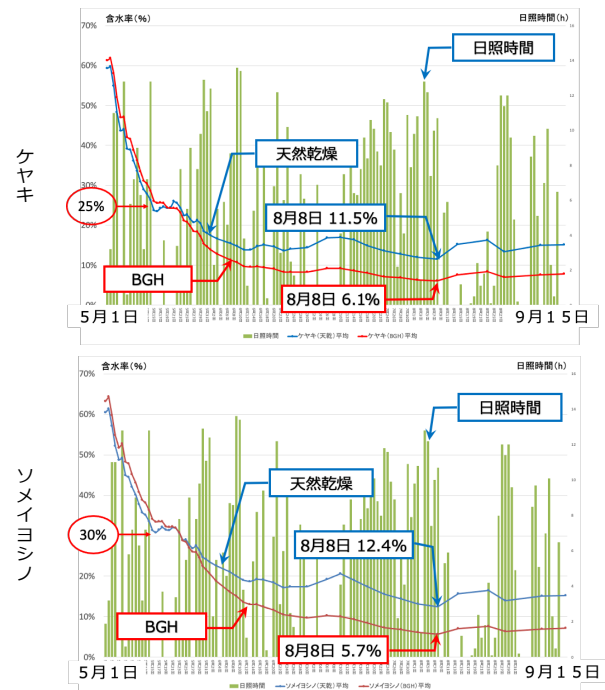
ケヤキ、ソメイヨシノそれぞれが到達した最低含水率は天然乾燥が12%前後であったのに対し、BGHでの乾燥では6%前後まで乾燥が進んだ。（図

表-1）乾燥過程では含水率30~25%までは両乾燥方法に大きな差は見られないが、それ以降に乾燥の進捗に差が現れた。天然乾燥が気候条件に連動して含水率が上下したのに対し、BGHは低下を続け10%まで達した以降は乾燥速度が低下したが、乾燥は進み最低含水率に到達した。（図表-2）

(図表-1) 乾燥工程、樹種別 到達最低含水率

	ケヤキ	ソメイヨシノ
天然乾燥	11.5%	12.4%
BGH	6.1%	5.7%

(図表-2) 含水率推移 天然乾燥とBGH乾燥



5. BGH内の温湿度変化

BGH内の温湿度を10分間隔で機械記録した結果（図表-3）を、含水率の推移に応じた、乾燥初期、中期、後期の3期に分け、高品質な人工乾燥を行うための計画である「人工乾燥スケジュール」（図表-4）と対比を行った。その結果、今回の実験期間（5月1日~9月15日）では今回のBGHの構造で、日照のある時間帯に限定されるが、人工乾燥設備環境に近い温度、湿度環境を実現していることがわかった。

(図表-3) BGH内温湿度変化

含水率	温度(℃)			湿度(%)		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均
初期(生~30%)	58.0	9.4	26.6	100	20.4	85.1
中期(30~15%)	65.2	14.2	32.1	99.8	17.3	64.7
後期(15%以下)	70.4	17.8	37.1	81.9	21.5	54.1

(図表-4) ケヤキ 人工乾燥スケジュール

	含水率	板厚 27mm		
		乾球温度 (°C)	乾湿球温度差	湿度換算 (%)
初期	生~45	50	3	84.4
	45~40	50	4	79.6
	40~35	50	6	70.5
	35~30	50	8	62.1
中期	30~25	55	13	46.5
	25~20	60	17	37.7
	20~15	65	25	22.8
後期	15以下	70	25	25.4

データ出典：木材乾燥のすべて 海青社

6. 乾燥に要する時間

BGH 乾燥は最低の含水率に達するまで 100 日、人工乾燥装置の所要時間比で 10~14 倍となった。

(図表-5)

	ケヤキ	ソメイヨシノ
BGH 乾燥	100日	100日
人工乾燥スケジュール	8~10日 *2	7日 *3

*2:含水率 8%まで データ出典 木材乾燥のすべて 海青社

*3:8時間間欠運転 172時間 含水率 13.9%まで

データ出典：長野県林業総合センター 技術報告 1984年 5月

「未利用中小径広葉樹の利用について -サクラ-」

7. 乾燥した材の品質

ケヤキの天然、BGH の両乾燥済材を 300×75×15(mm)に 12 枚ずつ木取りした。工房内で 2 週間のシーズニング（湿度環境に慣らす）を行い①繊維方向の反り②接線方向の反り③接線方向の収縮を計測した（図表-6）。その結果①は顕著な差は見られず、②は天然に発生があったのに対して BGH にほぼ発生がなく、③は天然が 0.52%となったが BGH は 0.04%の変化に留まり差が見られた。BGH 乾燥材で接線方向の変形や収縮が少なかったのは、含水率 6.1%に乾燥が進んだ効果と考える。なお内部割れ等の重大な欠点はどちらの材にもなかった。

(図表-6)

	天然乾燥	BGH 乾燥
①繊維方向反り(変形率*4)	0.05%	0.04%
②接線方向反り(変形率*4)	0.09%	0.00%
③接線方向収縮(伸縮率)	0.52%	0.04%

値は 12 枚の試験材の平均値。

*4:変形率は、接線方向、繊維方向それぞれの長さに対する変化量を表す。

8. 乾燥した材を利用したモノ作り

天然乾燥、BGH 乾燥の材を用いて 6 角形筒状の入れ物を製作した。製作過程の切削、接着、塗装の各工程では乾燥方法の違いによる材の違いを感じることはなかった。また完成後は通常的生活環境で 1 ヶ月間の観察をしたが、乾燥方法による違いは発生しなかった。完成後の変化が天然乾燥材で発生しなかったのは 2 週間シーズニングを行った効果と考える。



9. コスト

BGH は極めて低コストで建設が可能であり（図表

-7)、運用費は金額の単純比較で、乾燥請負の 2 社の料金（図表-8）を下回っている。ただし、この金額差には乾燥材の品質、変形等による歩留まりの良し悪しは考慮されていない。

(図表-7)

種類	容積	施設費 *5	容積あたり
蒸気式乾燥室	30 m ³ (15 m ² ×2)	乾燥室 1,400 万円 ボイラ (木屑だき 500kg/h)700 万円 (重油だき ")400 万円	木屑だき 70 万円 重油だき 60 万円
除湿式乾燥室	15 m ³	800 万円	53 万円
高周波加熱・真空乾燥装置	15 m ³	4,000 万円	266 万円
BGH	20 m ³	材料費 85,000 円 労務費 30 人日×15,000 円	3.6 万円

*5:人工乾燥装置の設備費

:出典 一般財団法人 日本木材総合情報センター WEB サイト

(図表-8)

社名	所在地	料金
A 社 *6	岐阜県	25,300 円/m ³
B 社 *7	福島県	23,652 円/m ³
BGH *8		9,750 円/m ³

*6*7 は天然乾燥（1年以上）後の材を含水率 7~8%まで乾燥させるために 2 週間~20 日間の人工乾燥を行う料金。*6:問い合わせ情報。

*7 B 社 WEB サイト掲載情報(2022年 1月 25日現在)。

*8 BGH の耐用年数を 6 年、3 年目にビニール皮膜を交換すると仮定。建設費 535,000 円 + 修繕費 25,000 円 6 年償却の償却費を 5 ヶ月分算入。庫内の入れる木材量を 4 m³とした。

10. 年間を通じた利用

10 月以降は外気温低下と日照時間減少の影響が大きく、5~9 月に実現した庫内環境は作れず、乾燥を同様に行うのは困難と考える。

11. 乾燥設備としての可能性

今回、太陽光エネルギーのみで 6%前後のレベルまでの乾燥を実現した。またビニールハウス乾燥設備は、日当たりの良さは必須だが設置場所の制約が少ない。建設・運用コストが極めて小さく、運用にあたって特別な知識も不要であることから導入のハードルが極めて低いこともわかった。

材が産出される中山間地や都市の伐採樹の集材場所で簡易製材設備とともに設置できれば、小さな地域単位での付加価値創造が可能になると考える。さらに人工乾燥設備へ輸送しなくて済めば、輸送コストや CO2 排出の低減につながる。

ただし運用時期が夏季中心に限定されることから秋以降の性能向上策と運用の工夫が必要である。

12. 終わりに

木材を低コストで乾燥する手段には、ニーズがある一方で、まだ開発の余地があると考え。

街路樹等の街の樹は伐採されると燃料や廃棄物として処理されている。また林業で産出される広葉樹も小径なものは製紙、燃料等での利用が多い。これらの樹を低コストで家具等の木材に利用できれば、街の木に思い出のある人の気持ちに応えられ、また林業や山主には製紙、燃料利用対比で価値を生みの利益増加につながると考える。