

ヒノキ板材の中温乾燥処理における揮発性テルペン類の残存割合について (II)

松田 洋樹

Remaining ratio of volatile terpenes on drying process
of Japanese Cypress Board at medium temperature (II)

Hiroki MATSUDA

要 旨

松田洋樹：ヒノキ板材の中温乾燥処理における揮発性テルペン類の残存割合について (II) 岡山県農林水産総合センター森林研究所報39：1-9 (2025) ヒノキの乾燥材は、乾燥処理において香りが変質することが指摘されており、ヒノキの香りの特徴づけている揮発性テルペン類が乾燥時に揮発減少することが、その要因の一つと考えられる。前報において、複数の乾燥条件でヒノキ材を乾燥し、テルペン類の残存割合を測定したところ、乾燥初期から中温低湿度で乾燥することで残存割合が高くなる可能性が示唆された。そこで、本研究では、まず予備試験において、温度条件が異なる複数の低湿乾燥条件と既存の中温乾燥条件で乾燥試験を実施し、乾燥結果やテルペン類の残存割合を比較した。次に、得られた条件のうち様々な観点から最も実用に適していると評価された条件を選択し、実大材における中温低湿度乾燥試験を実施した。その結果、既存の中温乾燥に比べ、乾燥に要する時間は半分程度に短縮でき、テルペン類の残存割合も大きくなる可能性が示唆された。

キーワード：ヒノキ、香り、木材乾燥、テルペン類

I はじめに

岡山県は、令和5年度のヒノキ素材生産量が238千m³で全国4位の生産量であり（農林水産省 2024）、国内でも有数のヒノキ生産県として知られている。ヒノキ材は、その心材の耐久性の高さから、製材のJASにおける心材耐久性区分はD1樹種に区分され、薬剤による保存処理なしに土台などに使用することできる。また、構造材として有用なだけでなく、美しい材色や心地よい芳香を有していることで知られている。過去に岡山県で行ったアンケート調査（野上 2014）によると、多くの県民がヒノキ材の良いところを、香りに見出していることが明らかになっており、この香りを付加価値とした製品づくりが出来れば、県の林業・木材産業の活性化に寄与できると考えられる。

ヒノキやスギなどの針葉樹材には、樹種に特徴的な数十種類のテルペン類が含まれており、その量や組成により樹種特有の香りが形成されている（谷田貝 1997）。テルペン類は、イソプレン単位の骨格を持ち、その付加量によってモノテルペン類、セスキテルペン類、ジテルペン類と順次分類される。この中でも、香りに寄与するのは、分子量が比較的小さく揮発性の高い成分であり、ヒノキにおいてはモノテルペン類やセスキテルペン類が香り成分の主体となる（谷田貝 2008）。しかし、これらの香り成分は、その揮発性の高さから、乾燥工程においても、

揮発減少しやすいことが指摘されており（Ohira *et al.* 2009）、香りを付加価値とした製品づくりには、乾燥において香りを失わないことが重要であると考えられる。

既報（松田 2023）において、ヒノキ材を様々な条件で乾燥し、その前後における揮発性テルペン類の量を測定し残存割合を求めたところ、乾燥初期から低湿度で乾燥する乾燥条件（以下、中温低湿乾燥）で残存割合が高くなる可能性が示唆された。しかし、ヒノキなどの針葉樹板材は中温蒸気式乾燥による乾燥が一般的であり（信田ら 2020）、乾燥初期は乾球温度40～60℃、乾湿球温度差3～5℃程度の高湿度条件で乾燥を開始し、材の含水率が下がるにつれて、徐々に乾球温度を上げ乾湿球温度差を開く乾燥スケジュールが組まれることが多い（以降、既存中温乾燥）。このように乾燥初期から低湿度で乾燥するということは一般的に推奨されておらず、中温低湿乾燥後の材質については不明な点が多い。また、これまで、乾燥によるテルペン類の減少量を測定した研究はあるがスギ材での研究が多く（奥田ら 2017）、ヒノキ材を既存中温乾燥や中温低湿乾燥した際に、テルペン類が生材時からどの程度減少するのかは不明である。

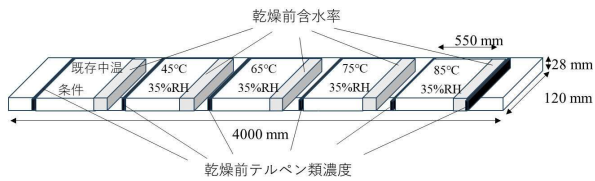
そこで、本研究では、まず以下の予備試験を行った。すなわち、試験用の短尺材を、湿度は35%一定で複数の異なる温度条件で乾燥し、テルペン類の残存割合が高くなる

条件を求めた。その際、乾燥により生じた欠点を測定し、既存の中温乾燥の結果と比較した。次に、予備試験の結果、残存割合が高く乾燥結果が良好であった条件において、実大材を用い乾燥の実証試験を行い、既存の中温乾燥の結果と比較した。

II 材料と方法

1. 材料

予備試験に用いる材料は、岡山県北部で伐採されたヒノキ（*Chamaecy-paris obtusa*）の板材（120 mm[W]×28 mm[T]×4000 mm[L]）を使用した。ヒノキの板材はすべて異なる個体から得たもので、心材部分のみとし、県内の製材所から製材直後の生材の状態ですでに5枚購入した。板材は、いずれも図－1のように分割し、乾燥条件毎に各5枚、合計25枚の試験板を得た。各試験板から初期含水率測定用試験片を採取し、全乾法で初期含水率を求めた。また、テルペン類濃度測定用の試験片を各板から6か所採取し、生材時のテルペン類濃度を測定し残存割合の基準とした。



図－1 予備試験に供する試験板の採取方法

実証試験に用いる材料は、乾燥条件毎に県内の原木市場で材長4000 mm、直径約300 mmのヒノキ原木15本を購入し、自所で製材して作製した。すなわち、各原木を30mm厚で7～8枚の板に製材し、すべて心材部分からなる板を原木あたり2枚ずつ選定することで、合計30枚の試験材を得た。乾燥前に端部から、乾燥前含水率測定用試験片とテルペン類濃度測定用試験片を採取したため、乾燥に供した寸法は150 mm[W]×30 mm[T]×3600 mm[L]とした。試験材としなかった板材の測定は行わなかったが、乾燥時にダミー材として試験材と合わせ乾燥した。

2. 乾燥処理と乾燥仕上りの測定項目

予備試験における乾燥は、恒温恒湿機ARL-1100（エスペック㈱）により行った。乾燥条件は、湿度35%一定で温度が異なる中温低湿乾燥4条件（乾燥期間中温湿度一定）と、既存中温乾燥の合計5条件とした。この時、既存中温乾燥の乾燥スケジュールは、既存資料（信田ら2020）を参考に、表－1のとおりとした。いずれの乾燥条件においても、重量測定から求めた推定の含水率が12%を下回った時点で乾燥終了とした。また、この時試験材の材長が550 mmと短尺であることから、急速な乾燥を防ぐため、木口面にはシリコンシーンを施した。各乾燥条件と乾燥結果を表－2に、詳細な乾燥経過を図－2に示

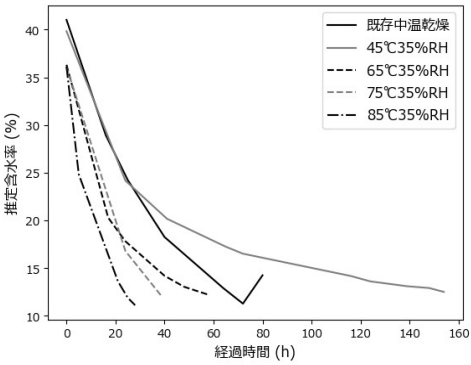
した。なお含水率は、個体間のばらつきが小さかったため、5個体の平均値を用いた。

表－1 既存中温乾燥スケジュール

処理時間(h)	経過時間(h)	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)	乾湿球温度差(℃)
12	12	60	56	4
11	23	60	54	6
11	34	62	54	8
12	46	65	54	11
15	61	70	56	14
10	71	75	57	18
3	74	80	56	24
6	80	80	75	5

表－2 乾燥結果

乾燥方法	初期含水率(%)	乾燥後含水率(%)	乾燥時間(h)
中温乾燥	41.02	13.02	80
45℃35%RH	39.83	10.83	154
65℃35%RH	41.68	9.94	58
75℃35%RH	36.10	11.17	39
85℃35%RH	36.13	10.41	28



図－2 乾燥経過

各試験材の乾燥後の仕上がり、およびテルペン類の残存割合を求めるため、材中央部の放射方向含水率傾斜、材中央部の放射方向解放ひずみ傾斜、各種欠点（割れ、反り、曲がり）、テルペン類濃度を測定した。放射方向含水率傾斜は、試験材の中央部（端からおおよそ250 mm位置）から長さ30 mmの試験片を採取し、木表木裏両面の表層から3 mm間隔で3層ずつと中心部の合計7層に鉋で分割し、全乾法により含水率を測定した。放射方向解放ひずみ傾斜は、乾燥後材内に残った応力を調べるために測定を行った。測定は村野らの方法を参考にした（村野 2020）。まず材中央部から長さ30 mmの試験片を採取し、図－3のように木口断面に油性マジックで黒色ターゲットを付与した。次に一定の距離で撮影できるようにデジタルカメラを固定し、分割前の木口断面を撮影した。その後、放射方向に鉋で9分割し、分割後の木口断面を撮影した。撮影した画像を用い、ターゲットの重心

座標をImageJにより求め、2点間の距離を測定し、解放前後における距離の差を解放ひずみとした。テルペン類濃度については、後述する方法により求めた。

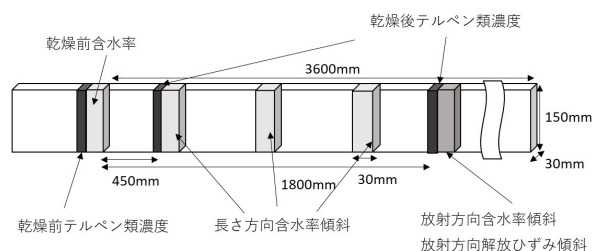


図－3 解放ひずみ傾斜測定用試験片の例

実証試験における乾燥は、蒸気式乾燥機（OHV4-1HSV 特殊型、大井製作所）で行った。乾燥条件は、予備試験と同様な既存中温乾燥（乾球温度60～80℃、乾湿球温度差4～24℃）と、予備試験の結果から成分の残存割合が比較的高く、乾燥時間の短かった新規中温低湿乾燥（乾球75℃湿球51℃一定）の2条件とし（表－3）、乾燥後、図－4に示した位置において長さ方向および放射方向含水率傾斜、解放ひずみ傾斜、各種欠点（割れ、反り、曲がりなど）、テルペン類濃度を測定した。

表－3 実証試験における乾燥スケジュール

既存中温乾燥		
経過時間(h)	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)
12	60	56
23	60	54
34	62	54
46	65	54
61	70	56
80	75	57
92	80	56
98	80	75
新規中温低湿乾燥		
経過時間(h)	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)
48	75	51



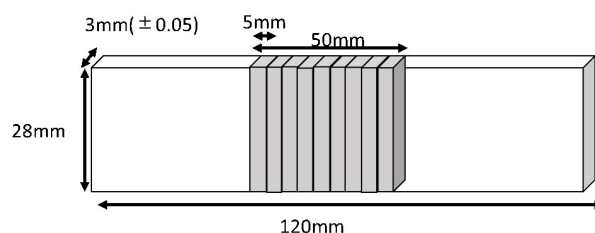
図－4 実証試験の試験片採取位置

3. テルペン類濃度測定の抽出用試験片の作成

テルペン類濃度の測定は、予備試験、実証試験ともに同様の方法で行った。すなわち、まず測定対象箇所は、予備試験においては、乾燥前は図－1のように材両端部2か所とし、乾燥後は試験材中央部（端部から250 mm）と、端部（端部から100 mm）の2箇所とした。実証試験におい

ては、図－4に示すように、乾燥前は材端部の1箇所とし、乾燥後は試験材中央部（端部から1800 mm）と、端部（端部から450 mm）の2箇所とした。次に試験片の採取は、それぞれの測定箇所において、長さ方向に3 mm±0.05 mm幅の試験片を正確に切り出し、さらにその試験片の中央部幅50 mmを10分割し10本のマッチ棒状の試験片をあわせて抽出用試験片とした（図－5）。

得られた抽出用試験片は、直に50ml容量のガラス製褐色スクリュウ管に入れ、内標入りヘキサン25ml（内標：ペンタデカン50mg/L）にて24時間抽出を行った。抽出後、後述する条件でガスクロマトグラフィー質量分析計（GC/MS）により分析した。



図－5 テルペン類濃度測定のための抽出用試験片

4. GC/MSの分析条件

GC/MSの分析条件は以下のとおりである。

GC/MS機種：GCMS-QP2020NX（島津製作所）
 カラム：SH-Rtx-5ms（30m×0.25mm、膜厚0.25μm、島津製作所）
 キャリヤーガス：超高純度He
 注入方法：スプリット（スプリット比30）
 昇温条件：40℃で3分保持、10℃/minで250℃まで昇温、250℃で3分保持
 検出器温度：200℃、イオン化方法：EI、イオン化電圧：70eV、測定モード：SCAN

5. 対象とする成分の定量と残存割合の計算方法

検出されたピークのうち、ピークの大きかった25種類の成分を測定対象とした。各成分の定性分析は行わず、分子量により分類を行い、分子量136をモノテルペン類、分子量154をモノテルペンアルコール類、分子量204をセスキテルペン類、分子量222をセスキテルペンアルコール類として4つに分類し、成分類毎に内標換算で濃度を算出し、以降の解析に用いた。この時、最初に測定した生材時の測定データを用いて、対象とするピークの分類及び選定を行った。その結果、対象となった成分は、モノテルペン類で5種、モノテルペンアルコール類で4種、セスキテルペン類で12種、セスキテルペンアルコール類で4種となった。このとき、残存割合は乾燥後に抽出された各成分類の濃度を生材時の濃度で除すことにより求めた。

予備試験においては、乾燥前のテルペン類濃度の測定は、図－1のように、長尺の板材から材長方向に6か所で測定を行った。このとき残存割合の基準（分母）として、この6か所の平均値を用いるか、各試験材の近傍2か所の平均値を用いるかのどちらが適切であるかを判断するために、事前に材長方向におけるテルペン類濃度のばらつきを確認した（図－6）。モノテルペン類濃度、セスキテルペン類濃度ともに、No1, No2の個体で材長方向における濃度のばらつきが大きく、No1では徐々に減少、No2では徐々に増加する傾向がみられた。特にNo2の個体の位置1と位置6では濃度に3倍程度の違いがみられた。この理由は不明だが、すべて心材部分を指定して購入した材であったが、材長方向に沿って心材率が変化し辺材部が混入した可能性などが考えられた。このように材長方向にばらつきがみられたため、後の残存割合の計算には、6か所の平均値を用いずに、測定する試験体を選択した近傍の2か所の平均値を用いることとした。また、この結果から、ヒノキ材には個体間にも大きなテルペン類の濃度の差があり、No1のように濃度が大きい材があることや、No2のように逆に濃度が低い材がある可能性が示唆された。

実証試験においても、図－4のように乾燥前と乾燥後で測定位置が大きく異なるため、乾燥によるテルペン類の減少だけでなく、材中のテルペン類のばらつきの影響を受ける可能性があったが、予備試験において材長方向でばらつきが少ない個体もあったこと（図－6）、実証試験では測定対象が30枚と増えることなどから、各試験材のテルペン類の残存割合の比較は可能であると判断し、材端部の1か所においてのみ乾燥前のテルペン類濃度の測定を行い、残存割合の基準とした。

Ⅲ 結果と考察

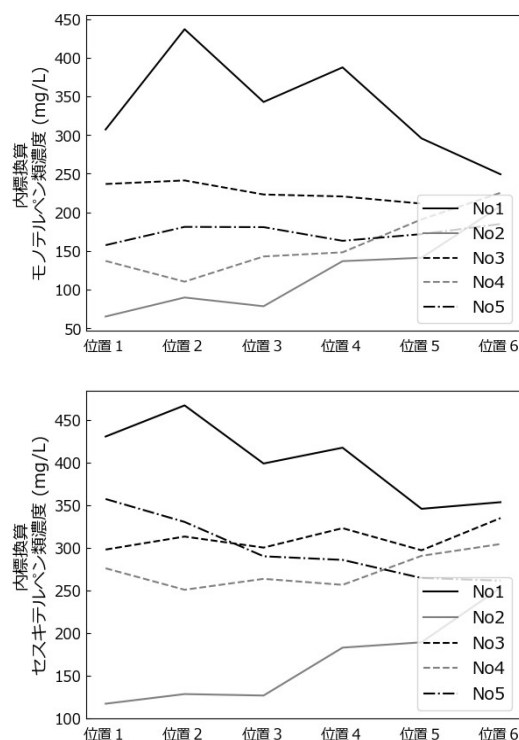
1. 予備試験

(1) 乾燥結果

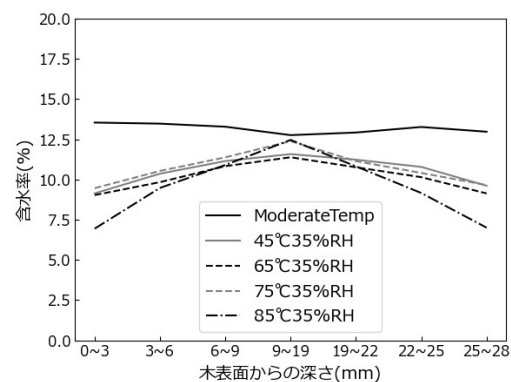
予備試験における各条件の乾燥後の平均含水率や乾燥時間の結果は表－2のとおりであった。乾燥温度が上がるにつれて乾燥時間は短くなる傾向が確認された。

乾燥条件毎の放射方向含水率傾斜の5個体の平均値を図－7に示した。放射方向含水率は、材中心部で高く、表層になるにつれて低くなる傾向があり、乾燥温度が高くなるにつれて、その傾斜が大きくなる傾向がみられた。次に、乾燥条件毎の解放ひずみ傾斜の5個体の平均値を図－8に示した。解放ひずみ傾斜は、いずれの中温低湿乾燥でも材中心部でマイナスの値（引張応力）となり、表層部でプラスの値（圧縮応力）となる傾向がみられた。また含水率と同様に乾燥温度が高くなるにつれて、その傾斜は大きくなる傾向がみられた。既存中温乾燥では、解放ひずみは深度によらず、ほとんど一定で常にプラス

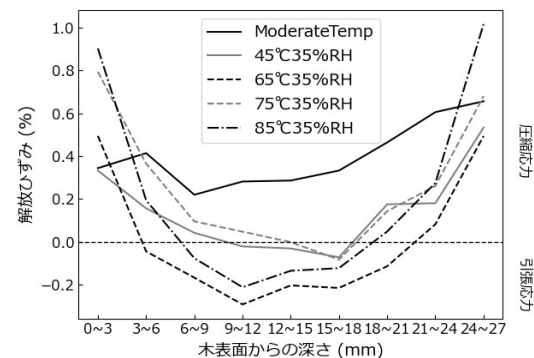
の値となった。



図－6 材長方向におけるテルペン類濃度のばらつき

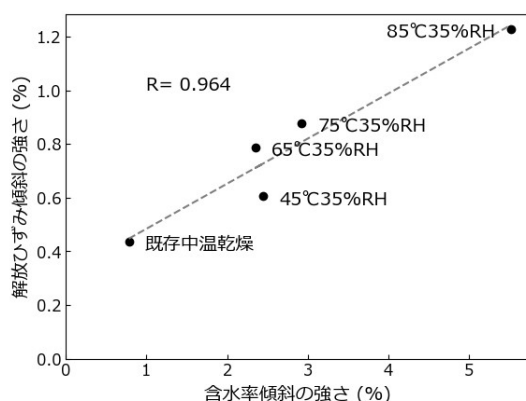


図－7 乾燥条件毎の含水率傾斜



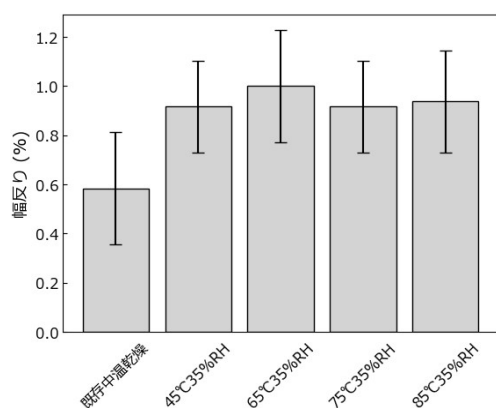
図－8 乾燥条件毎の解放ひずみ傾斜

また、含水率傾斜と解放ひずみ傾斜について、その傾斜の強さを定量的に表現するために、断面内における最大値と最小値の差を求め、両者の相関関係をとったところ、強い正の相関がみられた（図－9）。このことは両者の因果関係を説明するものではないが、含水率傾斜が大きくなるような乾燥条件では、乾燥応力も大きくなる可能性が示唆された。また、乾燥温度が85℃の条件では応力傾斜の強さ、含水率傾斜の強さともに、ほかの条件に比べ極端に強くなり、逆に既存中温乾燥では弱くなることが判った。



図－9 解放ひずみ傾斜の強さと含水率傾斜の強さの関係

乾燥条件毎の乾燥後の幅反り率の5個体の平均値と標準偏差を図－10に示した。幅反り率は、既存中温乾燥で小さくなる傾向がみられたが、既存中温乾燥とその他の中温低湿乾燥の間で、それぞれt検定を行ったところいずれも有意差はみられなかった。いずれにせよどの条件においても幅反り率は1%以下と小さく、実用に当たっては問題にならない程度であると思われる。

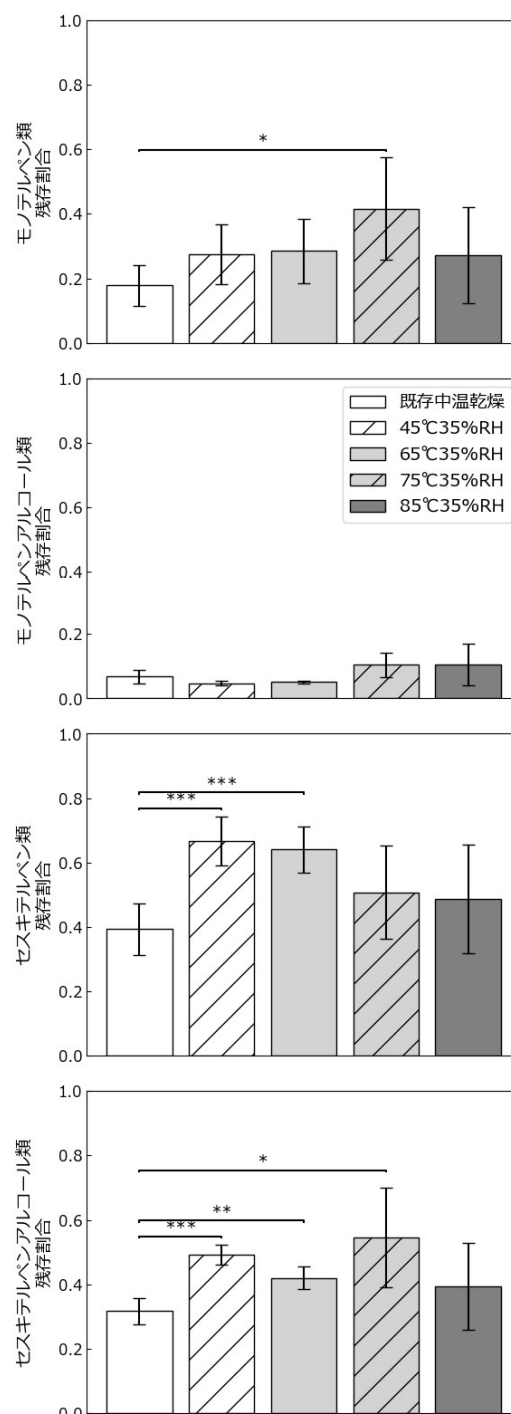


図－10 乾燥条件毎の幅反り率の比較

（2）テルペン類濃度および残存割合について

乾燥後のテルペン類濃度の測定は、各試験材あたり、材長方向に2か所（L=100, 250mm地点）で測定したが、い

ずれも同程度の値となったため、乾燥後の濃度については2か所の平均値を用いた。それを近接する左右2か所の乾燥前の濃度で除すことにより残存割合を求めた。乾燥条件毎の残存割合の5個体の平均値と標準偏差を、成分毎に図－11に示した。



図－11 乾燥条件毎のテルペン類の残存割合の比較

既存中温乾燥時の残存割合の平均値とその他の中温低湿乾燥時の残存割合の平均値の差を比較し、それぞれt検定で検定を行ったところ、モノテルペン類については、いずれの中温低湿乾燥においても残存割合は高くなり、

75℃35%RHでは有意差がみられた ($p<0.05$)。

モノテルペンアルコール類については、いずれも有意差はみられず、すべて残存割合は1割以下となり、いずれの条件でも乾燥により大部分が損失することが判った。これはモノテルペンアルコール類が親水性の成分で揮発性も高いため、水の蒸発とともに揮散した可能性が考えられた。

セスキテルペン類については、いずれの中温低湿乾燥でも残存割合は高く、45℃35%RH、65℃35%RHのとき、有意差がみられた ($p<0.005$)。

セスキテルペンアルコール類については、45℃35%RH、65℃35%RH、75℃35%RHのとき、有意差がみられた ($p<0.005$, 0.01, 0.05)。

(3) 考察

既存中温乾燥条件では、乾燥初期から低湿度で乾燥する方法に比べ、含水率傾斜や解放ひずみ傾斜が抑えられ、乾燥後の幅反りが抑えられるが、テルペン類の残存割合は中温低湿乾燥に比べ減少する結果となった。これは、乾燥初期に高湿度条件で徐々に乾燥するため、乾燥時間が長くなる傾向があり、熱が加わる時間が長くなる結果テルペン類の揮散が進むことによるものと推察された。また乾燥工程で排出される精油成分は乾燥条件により、その組成が異なることが報告されており(大平 2000)、湿度が高い状態がテルペン類の揮発に影響した可能性も考えられた。

一方で乾燥温度が65～75℃で乾燥初期から低湿度で乾燥する条件では、割れや曲がりといった大きな欠点はみられず、幅反りも実務においては問題にならない程度であると思われた。また乾燥時間は既存中温乾燥に比べ3分の2～半分程度に短縮でき、テルペン類の残存割合は有意に大きくなった。含水率傾斜や解放ひずみ傾斜は既存中温乾燥に比べ若干大きくなるものの、乾燥後に養生することでも緩和されると推察されることや、表面が圧縮応力で終了しており乾燥後の表面割れの可能性は少ないことから、実務においては特に問題にならないと思われる。また、45℃条件では乾燥時間が既存中温乾燥の2倍程度になることに加え、85℃条件では含水率傾斜や開放ひずみ傾斜が極端に大きくなることがデメリットになると考えられた。それらのことを考慮すると、65～75℃程度の温度で乾燥初期から低湿度で乾燥することで、既存条件よりテルペン類を残し、乾燥時間を短縮した上で、材質も問題なく仕上げる可能性があることが示唆された。そのため、次からの実証試験では、低湿条件として乾球温度75℃湿球温度51℃一定条件(以降、D75℃W51℃)を採用することとした。

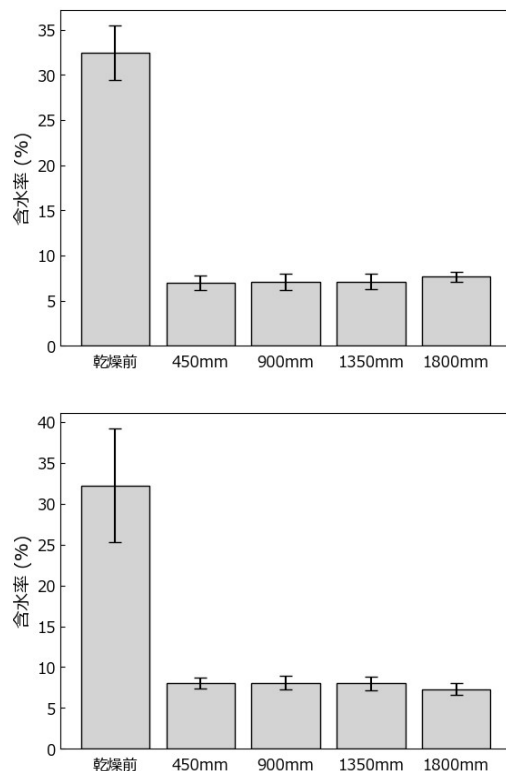
2. 実証試験

(1) 乾燥結果

乾燥スケジュールと乾燥に要した時間については、表

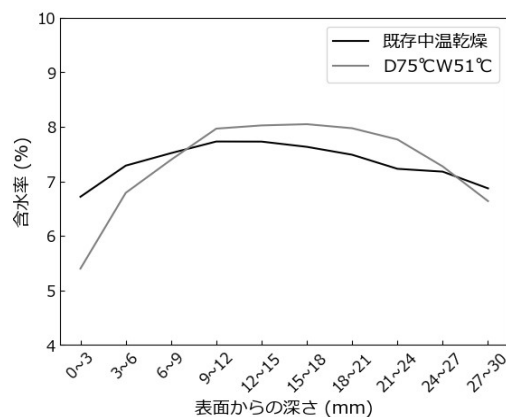
ー3に示した。D75℃W51℃の乾燥時間は、予備試験時に比べ長尺になることを考慮し、48時間とした。

長さ方向含水率傾斜の30枚の平均値と標準偏差を図一12に示した。いずれの乾燥条件においても乾燥後の長さ方向含水率には位置による違いはみられず、材端部から中央部まで均一に乾燥されていた。



図一12 乾燥前含水率および長さ方向含水率傾斜
(上：既存中温乾燥 下：D75℃W51℃)

放射方向含水率傾斜の30枚の平均値を図一13に示した。予備試験の結果と同様に、既存中温乾燥に比べD75℃W51℃で表層部の含水率が低く、中央部の含水率が高くなる傾向がみられた。



図一13 放射方向含水率傾斜

放射方向解放ひずみ傾斜の30枚の平均値を図一14に示した。既存中温乾燥は予備試験の結果と異なり、一律に解

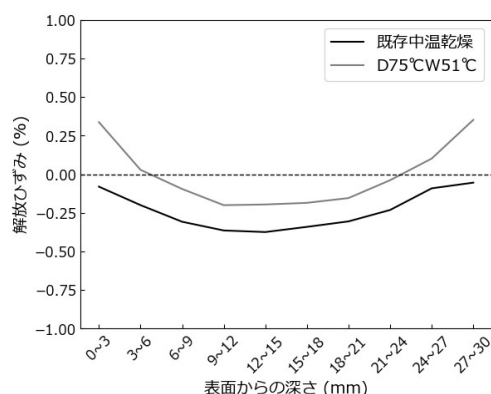


図-14 放射方向解放ひずみ傾斜

放ひずみがマイナスになったのに対し、D75°CW51°Cでは予備試験の結果と同様に表層部はプラス（圧縮応力）、中心部はマイナス（引張応力）となった。既存中温乾燥時の値がすべてマイナス側になった原因は不明であるが、予備試験時の結果がすべてプラス側であったことを考慮すると、測定精度による問題である可能性が考えられた。本測定では、デジタルカメラ（Canon SX620HS）を用い試験片の切断前後において一定距離からの撮影を試みたが、切断の前後において固定した治具の位置が若干ずれてしまった可能性がある。その場合、解放ひずみの絶対値には意味がなくなるが、解放ひずみ傾斜の傾向は変わらない。今回の測定では、D75°CW51°Cのほうが表層と中心の解放ひずみの差は大きくなっており、既存中温乾燥に比べ若干の傾斜がついていることが確認できた。今後、絶対値も含め解放ひずみを正確に測定するためには、卓上スキャナーの導入等を検討するなど測定方法に改善が必要だと思われる。

表面割れ、木口割れは、目視の確認において、いずれの乾燥条件でもみられなかった。ヒノキ材は他の樹種に比べ比較的乾燥が容易であり、乾燥初期から中温低湿乾燥で乾燥しても割れなどの欠点は発生しにくいことが確認された。

幅反り、曲がり、縦反りの結果を図-15に示した。それぞれの平均値を比較し、t検定で検定したところ、幅反りは、既存中温乾燥よりもD75°CW51°Cで小さくなった（ $p < 0.05$ ）。曲がり、縦反りに有意な差はみられず、いずれも非常に小さなものであり実務上問題となるものではなかった。

（2）テルペン類の残存割合について

テルペン類の残存割合は、図-4のように乾燥後の2か所のテルペン類濃度の平均値を、乾燥前1か所のテルペン類濃度で除すことにより求めた。乾燥条件毎の残存割合の30個体の平均値と標準偏差の結果を、成分毎に図-16に示した。それぞれ残存割合の平均値を乾燥条件間で比較しt検定で検定したところ、モノテルペン類については、予備試験の結果と同様にD75°CW51°Cで有意に

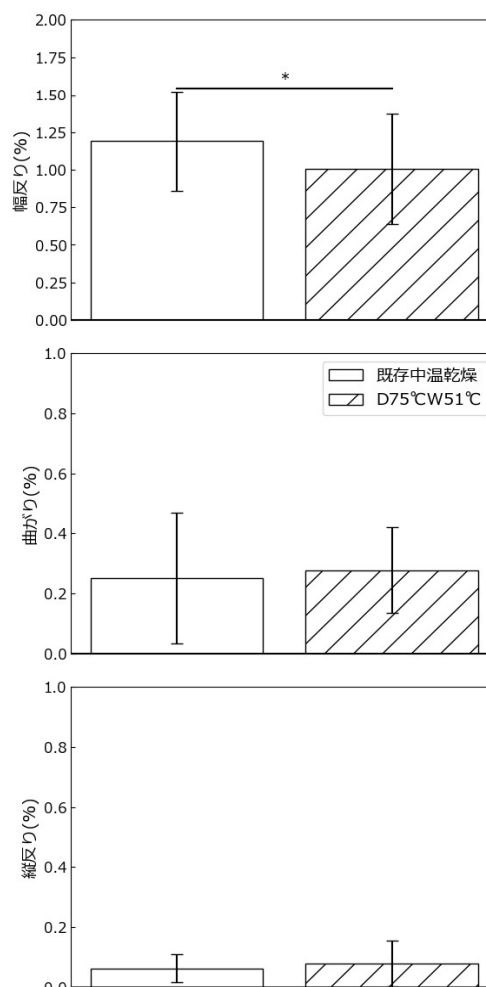


図-15 幅反り、曲がり、縦反りの比較

大きかった（ $p < 0.001$ ）。モノテルペンアルコール類については、予備試験の結果と同様に乾燥方法によらず、残存割合は2割以下となり、乾燥により大部分が消失した。セスキテルペン類については、予備試験では有意差はみられなかったが、実証試験では、D75°CW51°Cで有意に大きくなった（ $p < 0.05$ ）。セスキテルペンアルコール類については、予備試験では有意差がみられたが、実証試験では有意差はみられなかった。D75°CW51°Cでテルペン類の残存割合が大きくなる理由は不明であるが、乾燥時間が短いこと、高湿度条件が乾燥処理中にないことなどにより、テルペン類の揮発を防ぐことができていると思われる。

（3）考察

実証試験においても、予備試験と同様に乾燥初期から低湿度で乾燥しても、材質に目立った欠点はみられず、問題なく乾燥できることが判った。また乾燥にかかる時間は半分程度と大きく削減できることが判った。テルペン類の残存割合についても、モノテルペン類、セスキテルペン類とともに残存割合が大きくなり、既存の方法より香り成分を残すことができる可能性が示された。

従来、板材の乾燥では、乾燥初期に発生しやすい表面

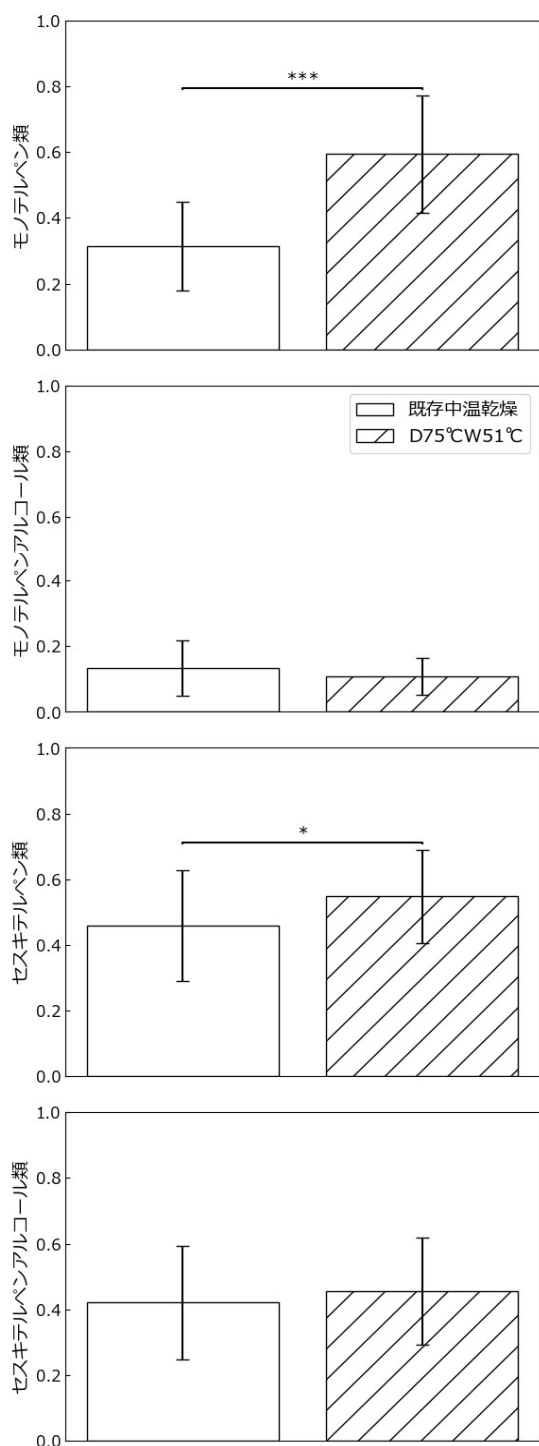


図-16 残存割合の比較

割れを防ぐため、乾燥初期の湿度は高く設定されることが多い（信田ら 2020）。しかし、これは広葉樹等における板材の乾燥を念頭においていると考えられ、広葉樹に比べ、乾燥による割れなどの欠点の発生リスクが小さいヒノキ材は、乾燥初期から低湿度で乾燥することができたと考えられた。また、今回ヒノキ材の香りを残すことにのみ注目して乾燥スケジュールを検討したため、中温低湿条件で乾燥を行ったが、ヤニの滲出を防ぐためには、乾燥初期に高湿度条件を用いることが多い（北林産

試 2005, 中山 2013)。今回、ヤニ滲出量の測定などは行わなかったが、ヒノキの香り成分であるテルペン類を残すことと、ヤニ滲出抑制処理は、真逆の関係にある可能性があり、今後の検討課題の一つである。また、今回の測定では、材中のテルペン類を抽出し含有するテルペン類濃度を測定したが、本来、ヒノキ材に求めるのは実際に揮発する香り成分である。今後は、実際に本法で乾燥した材から揮発する成分の測定も行う必要がある。また、今回の実証試験では、乾球温度75℃、湿球温度51℃という条件を用いたが、予備試験の結果を考慮すると、乾球は65～75℃程度が適当であると思われ、板厚の薄い材であれば乾燥時間は早まるため、適宜乾球温度を下げて用いることが適切であると推定された。

IV まとめ

本研究では、ヒノキ材の付加価値となりうる香りについて着目し、香り成分を残す乾燥方法について検討した。予備試験では、乾燥初期から低湿度で乾燥する際の温度条件について検討し、乾燥後の材質やテルペン類の残存割合について、既存中温乾燥と比較した。また、予備試験の結果から、一つの乾燥条件を選択し、実大材による実証試験を行い、既存中温乾燥と比較した。これらの試験から以下の結果を得た。

（1）乾燥初期から低湿度で乾燥することで、含水率傾斜や解放ひずみ傾斜は乾燥温度に応じて大きくなるものの、その他の材質には影響がないことが判った。

（2）乾燥温度が85℃になると含水率および解放ひずみ傾斜が他の条件に比べ大きくなることが判った。

（3）乾燥初期から低湿度で乾かす乾燥方法では、複数のテルペン類で残存割合が大きくなることが判った。

（4）乾燥温度が65～75℃で乾燥初期から低湿度で乾燥することで、乾燥時間が短縮でき、テルペン類の残存割合が大きくなり、材質は問題なく乾燥できる可能性が示された。

（5）実証試験の結果、乾球温度75℃、湿球温度51℃で乾燥初期から低湿度で乾燥することで、既存中温乾燥に比べ乾燥時間は半分程度に短縮できること、材質面は問題なく乾燥できること、テルペン類の残存割合は大きくなることをそれぞれ確認した。

今後、これらの結果を踏まえて、実際の製造現場における実証および普及に取り組み、香りを付加価値とした県産ヒノキ材の需要拡大に努めたい。

引用文献

- 北海道立林産試験場（2005）カラマツ活用ハンドブック：18-19。
 松田洋樹（2022）ヒノキ板材の中温乾燥処理における揮発性テルペン類の残存割合について、岡山県農林水産

総合センター森林研究所報38:1-6.

村野朋哉・藤本登留（2012）乾燥スケジュールがスギ芯
去り正角の内部応力に及ぼす影響，木材学会誌Vol.67,
No2:86-92.

中山伸吾（2013）三重県産ヒノキを用いた内装材用部材
の開発（1），県林業研究所研究報告:27-29

野上英孝（2014）日本木材学会中国・四国支部第26回研
究発表要旨集:20-21.

農林水産省（2022）令和3年木材統計:21pp.

大平辰郎（2009）木質建材製造工程で排出する成分とそ
の利用，におい・かおり環境学会誌40巻6号:400-411.

Ohira, T., Park, B. J., Kurosumi, Y. and Miyazaki, Y.
(2009) Evaluation of dried-wood odors: comparison bet-
ween analytical and sensory data on odors from dried
sugi wood. J wood Sci 55: 144-148.

奥田拓，中川敏法，村野朋哉，三好悠，亀井裕人，佐々木
隆雄，三枝康弘，和田善行，湊俊司，阪井彰一，千里泰
三，藤本登留，清水邦義（2017）乾燥処理がスギ板材の
抽出成分に与える影響中温乾燥によるテルペン類の量
的变化，木材学会誌Vol.63, No.5:204-213.

信田聡・河崎弥生（2020）木材科学講座7 木材の乾燥 II
応用編，海青社:187-189.

谷田貝光克（1997）木材と感性4．におい感覚と木材, J.
Soc.Mat.Sci., Japan 46:1222-1227.

谷田貝光克（2008）森の香り・木の香り その正体と働
き，におい・かおり環境学会誌38巻6号:428-434.