

中温域で乾燥した能登ヒバ正角材の品質

松元 浩・齋藤周逸*

要旨：能登ヒバ生産地で主流となっている IF 型蒸気式乾燥装置を用いて、能登ヒバ心持ち正角材について連続運転による中温蒸気乾燥試験を実施し、能登ヒバ乾燥材の品質について検討した。その結果、割れを抑制するスケジュールについて課題は残るが、材色を重視した乾燥スケジュールを選択する際、実用上ヒバの持つ材色や乾燥速度を考慮すると、乾燥温度 70℃以下が適当な乾燥温度域と考えられる。

キーワード：能登ヒバ、中温乾燥、材色

I はじめに

石川県特有の造林樹種である能登ヒバ (*Thujaopsis dolabrata* var. *Hondai* MAKINO) は、独特の色沢や芳香を持ち、また耐朽性の高い樹種であることから、住宅金融公庫の工事共通仕様書において高耐久樹種として扱われ、土台など高い耐久性を要求される箇所に使用される。建築基準法の改正や住宅の品質確保の促進等に関する法律の施行などにより、能登ヒバ材についても乾燥材が求められるようになってきた。しかし、産地においては能登ヒバの人工乾燥についての経験が少なく、特に心持ち正角材については乾燥材の生産量は非常に少なかった。

石川県においては、これまでも能登ヒバ材の乾燥試験が実施され、乾燥マニュアル (石川県木材工業技術協会 1992) も作成されているが、これまで能登ヒバに対して実施されている乾燥試験はすべて間欠運転によるもので、提示されている乾燥スケジュールも間欠運転である。乾燥材生産現場では連続運転が採用されていることから、今後は連続運転による乾燥特性の把握及び乾燥スケジュールの提示が必要であると考えられる。

そこで、本研究では、能登ヒバ生産地で主流となっている IF 型蒸気式乾燥装置を用いて、連続運転による中温蒸気乾燥試験を実施し、能登ヒバ乾燥材の品質について検討した。

II 供試材及び試験方法

供試材は、石川県輪島市および鳳珠郡穴水町産の末口直径約 20cm の能登ヒバ (マアテ) 丸太から一丁取りした心持ち正角材 46 本を用いた。正角材の寸法は 145×145×3000mm とした。なお、生材時の密度は 0.54~0.57 g/cm³ であった。

人工乾燥試験は容量 10m³ の IF 型蒸気式乾燥装置 (SK-IF10LPT) により、表-1 に示す条件で目標含水率を 20% に設定して行った。また、写真-1 に示すように、乾燥の際には棧積み上部に 533kg/m² のおもしろを載荷するとともに、乾燥機内の風を循環させるために整風板を使用した。

表-1 人工乾燥条件

スケジュール番号	1	2	3
乾球温度(℃)	40~50	50~70	85~95
湿球温度(℃)	36~40	46~59	81~82
試験体数	12	22	12

乾燥前後には、材の重量を測定するとともに、材の両木口から 75cm 入った箇所と材中央部の直交する 2 面について、材幅および含水率計 (MOCO-2) による含水率を測定した。人工乾燥の経過については、それぞれの温度条件において、重量が平均的な試験体を 1 本選び、それから長さ約 80cm の経過観察用試験体を作製し、その両木口面をシリコンコーキング剤でコーティングした。これを適宜乾燥機から取り出して重量、材幅を測定し乾燥の経過を推定した。

人工乾燥後の含水率は、それぞれの温度条件につき 3 本を選び、材の中央部分から厚さ約 2 cm の小片を 2 枚採取し全乾法によって求めた。



写真-1 乾燥の様子

*独立行政法人森林総合研究所

このうち1枚は25分割して水分傾斜を求めた。さらに乾燥後には、乾燥材の材面に発生した割れの長さおよび幅を全数測定し、また曲がり及びねじれについては4面のうち最大値を測定した。さらに、含水率を測定した乾燥材から小試験体を採取し、含水率調整室(20℃、RH75%)で調湿した後、プレーナ仕上げしたものを、色彩色差計(ミノルタ製 CR-200、スポット径8mm)を用いて材色を測定しL*a*b*表色系により評価した。なお、材色は室内にて天然乾燥した材と比較した。

III 結果及び考察

1 含水率

図-1に乾燥中の含水率経過を示す。含水率が20%に到達するまでの時間は、スケジュール1で約350時間、スケジュール2では約200時間、スケジュール3では約100時間であり、乾燥温度が高い条件ほど乾燥速度は速かった。図-2に各条件の経過観察用試験体の乾燥前後の水分傾斜を示す。乾燥温度が高い条件ほど乾燥後の含水率が低くなり、評価は難しいが、乾燥温度が高い条件ほど表層部の乾燥が進行し水分傾斜が大きく仕上がる傾向が認められた。

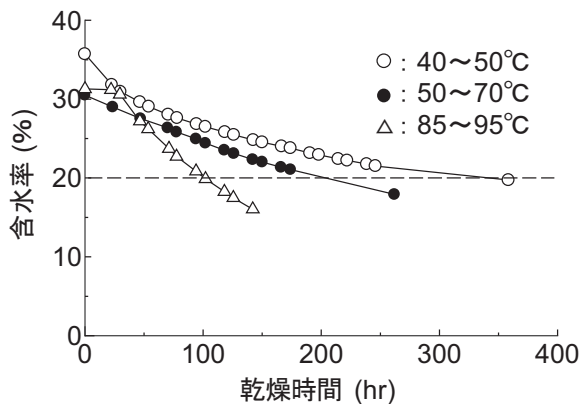


図-1 各乾燥条件における乾燥曲線

2 収縮率

図-3に各温度条件における材幅の収縮率の出現頻度を示す。図中のマイナス表示は、測定面に割れが発生し、その割れによって乾燥前より材幅が広がったことを示している。いずれの乾燥温度においても収縮率は0.5~2.5%の範囲に集中しており、また乾燥温度による明確な差は認められなかった。図-4には経過観察用試験体における含水率と収縮率の関係を示すが、収縮率はいずれも含水率30%付近から直線的に増加した。木材は繊維飽和点付近から収縮することから、今回の能登ヒバについても同様の傾向が得られた。

40-50℃乾燥前(35.8%)					40-50℃乾燥後(19.8%)				
51.2	67.1	33.7	35.3	35.1	16.0	17.1	16.4	17.1	15.4
42.8	51.7	34.6	35.4	37.9	18.6	22.6	22.9	22.0	17.1
39.7	31.3	31.4	32.6	33.4	18.7	23.8	25.5	24.0	17.5
39.1	30.3	30.6	30.8	31.1	18.0	22.6	23.3	22.7	18.2
34.7	31.8	29.9	31.0	33.9	15.7	18.0	18.7	18.7	16.2
50-70℃乾燥前(30.4%)					50-70℃乾燥後(17.7%)				
21.6	23.3	23.7	24.4	23.5	12.8	15.7	16.7	16.0	13.5
29.0	29.3	28.9	30.0	29.2	14.9	20.7	22.9	20.9	16.1
31.0	31.3	32.5	32.7	30.6	13.6	19.5	24.2	22.8	15.7
31.6	34.5	34.2	32.8	31.2	13.3	20.5	23.6	21.8	15.2
30.7	31.6	30.3	31.1	31.0	12.1	16.4	17.7	16.7	13.1
85-95℃乾燥前(32.4%)					85-95℃乾燥後(15.4%)				
32.4	31.4	30.0	30.7	31.9	8.8	12.6	10.0	9.1	8.2
33.1	30.8	29.5	30.1	32.5	12.5	20.3	18.9	15.3	13.1
32.7	31.1	29.5	29.8	31.8	10.9	18.7	25.5	23.2	14.5
33.1	32.0	31.5	31.6	32.1	12.7	20.2	23.4	21.4	13.7
37.3	33.0	34.1	34.1	33.1	9.7	13.6	15.7	13.9	9.1

図-2 各乾燥条件における乾燥前後の水分傾斜

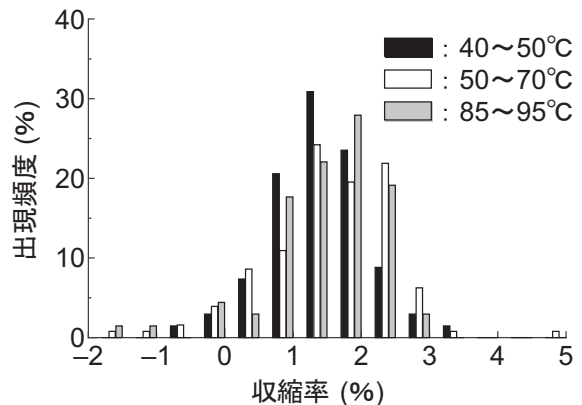


図-3 収縮率の出現頻度

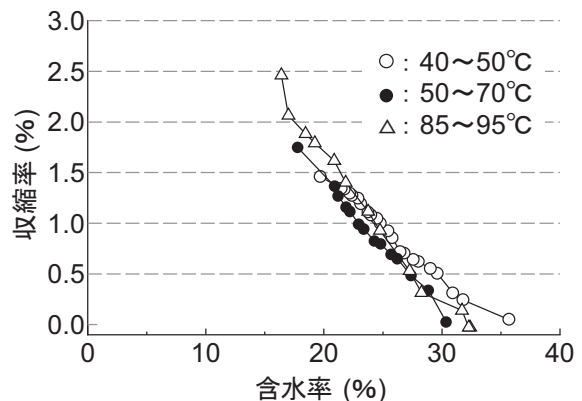


図-4 各乾燥条件における含水率と収縮率の関係

3 割れ

図-5に各乾燥条件における乾燥材の材面に現れた割れ長さの出現頻度、図-6に割れ幅の出現頻度を示す。割れ長さについては、いずれの乾燥温度においても、長さの短いものが最も多い傾向が認められ、特に85~95℃においては、その傾向が強かった。また、割れ幅については、幅1mm未満の割れが最も多かったものの、5mm~6mmのかなり幅広い割れも各温度条件において観察された。

割れの走行方向は、ねじれやすい樹種に特有な斜めに走る割れが多く、写真-2のように直交する面に伸展している貫通割れも観察された。このような割れは見た目だけでなく強度にも影響を及ぼすと考えられ、今後はこのような割れが強度に及ぼす影響を確認するとともに、貫通割れの生じない乾燥条件の検討が必要であると考えられる。

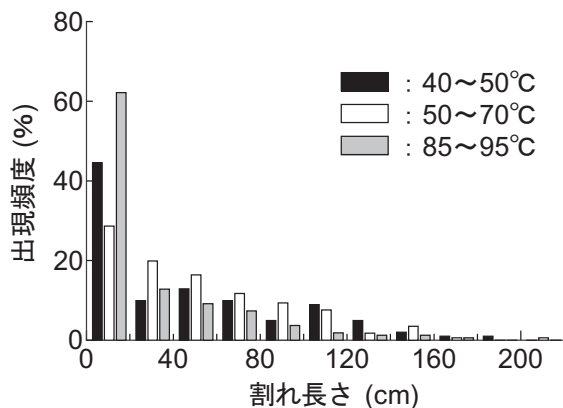


図-5 各乾燥条件における割れ長さの出現頻度

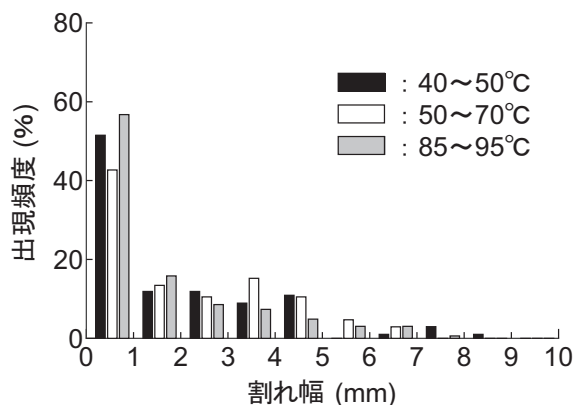


図-6 各乾燥条件における割れ幅の出現頻度

4 曲がり及びねじれ

表-2に乾燥材に生じた曲がり及びねじれの測定結果を示す。曲がりについては乾燥温度が高いほど大きく、一方、ねじれについては乾燥温度が低いほど大きくなった。しかし、いずれについてもばらつきが大きく、今回の試験においては乾燥温度による

違いは明確ではなかった。なお、今回の試験体のねじれはすべてZ旋回であった。

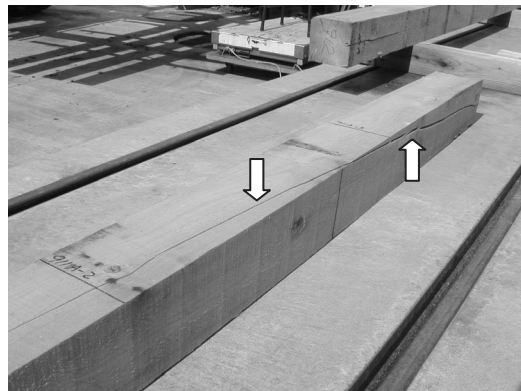


写真-2 乾燥材に生じた貫通割れ

表-2 乾燥材に現れた曲がり及びねじれ

スケジュール	1	2	3	
曲がり (mm)	平均値	5.3	6.4	6.5
	標準偏差	2.1	3.9	3.7
ねじれ (mm)	平均値	6.9	6.9	6.0
	標準偏差	2.1	2.5	3.0

5 材色

各色彩要素を数値の低いものから順位化して図-7~9に示す。材色は1試験体につきランダムに3点測定した。明度L*はスケジュール1では天然乾燥材と差はないが、スケジュール2になると明らかに低下する傾向を示した。また赤色度a*については、スケジュール2の温度以上になると明らかに増加する傾向を示した。さらに黄色度b*については、スケジュール2までは天然乾燥材と差は認められなかったが、スケジュール3になると低下する傾向を示した。したがって、能登ヒバの人工乾燥材については、乾燥温度が高くなるに伴い赤黒くなる傾向があることが明らかになった。

天然乾燥材のデータを色差基準色とし、その他の温度条件におけるデータとの色差 $\Delta E^*_{ab} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$ を求め表-3に示した。色差の感覚的表現については、米国標準局 (National Bureau of Standards, USA) が定めたNBS単位 (ΔE) によると、天然乾燥材とスケジュール1乾燥材との色差は「trace (きわめてわずかに異なる)」、スケジュール2乾燥材との色差は「noticeable (感知し得るほど異なる)」、そしてスケジュール3乾燥材との色差は「appreciable (著しく異なる)」となった。ヒノキ柱材について乾燥温度と材色の変化を調査した結果 (河崎 1996) によると、乾球温度 60~75℃、

乾湿球温度差3.5~5.0℃の条件で乾燥した乾燥材と未乾燥材の色差は、感覚的表現の「appreciable (著しく異なる)」に相当する値 (4.48) であるが、変色を認識した人は約半数であったと報告されている。今回の試験結果から、その領域に該当するのはスケジュール3乾燥材であるが、目視ではスケジュール2までは天然乾燥材との材色の変化を認識できない。これは、能登ヒバの材色はもともと黄白色であり、黄色度 b^* がスケジュール2乾燥材と天然乾燥材で差がないことも影響していると考えられる。

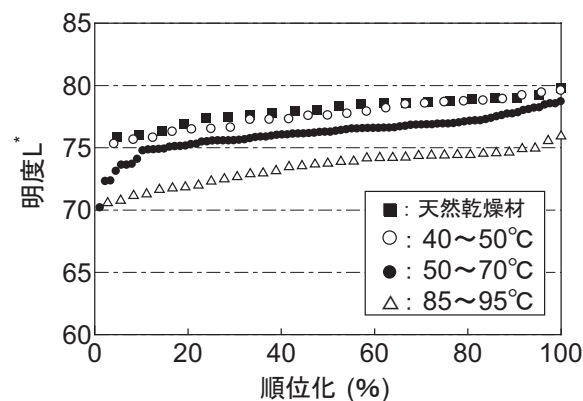


図-7 各乾燥条件における明度 L^* の分布

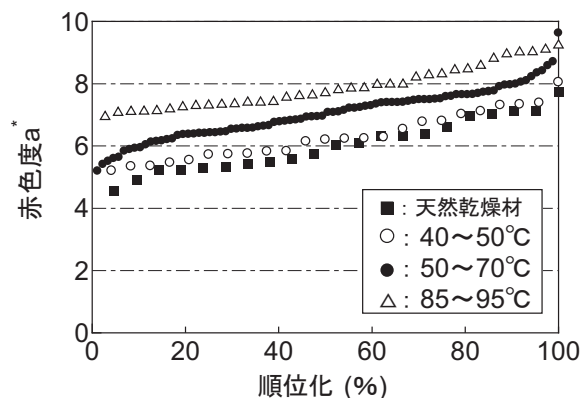


図-8 各乾燥条件における赤色度 a^* の分布

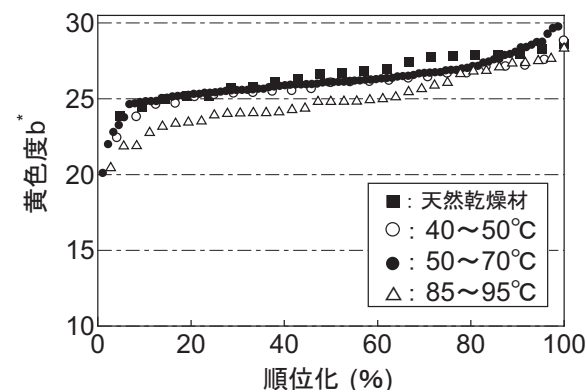


図-9 各乾燥条件における黄色度 b^* の分布

表-3 天然乾燥材を色差基準色とした場合の色差

スケジュール	1	2	3
ΔE^*_{ab}	0.83	2.19	5.25

IV まとめ

能登ヒバ生産地で主流となっている IF 型蒸気式乾燥装置を用いて、連続運転による中温蒸気乾燥試験を実施し、能登ヒバ乾燥材の品質について検討した結果をまとめると以下の通りである。

含水率 20%に到達するまでの時間は、乾燥温度が高い条件ほど短く、乾燥温度 40~50℃で約 350 時間、50~70℃では約 200 時間、85~95℃では約 100 時間であった。

収縮率については、乾燥温度による明確な差は認められなかった。

割れ長さについては、いずれの乾燥条件においても、長さの短いものが最も多い傾向が認められ、特に 85~95℃においてはその傾向が強かった。また、割れ幅については幅 1mm 未満の割れが最も多かったものの、5~6mm のかなり幅広い割れも各乾燥条件において観察された。

曲がり及びねじれについては、今回の試験では乾燥温度による有意差は認められなかった。なお、今回の試験体のねじれはすべて Z 旋回であった。

材色については、乾燥温度が高くなると明度 L^* は減少、赤色度 a^* は増加、黄色度 b^* は減少する傾向が認められた。材色を重視した乾燥スケジュールを選択する際、乾燥温度 50℃以下が最適であるが、実用上はヒバの持つ黄白色の材色や乾燥速度を考慮すると、乾燥温度 70℃以下が適当な乾燥温度域と考えられる。

今後は、強度性能や耐久性の面からも検討を加え、また、割れの少ない乾燥スケジュールの検討も行う必要があると考えられる。

V 謝辞

本試験を進めるにあたり、独立行政法人森林総合研究所木工室の皆様、Laboratorio Tecnológico del Uruguay の Andres Ono 氏及び富山県林業技術センター (平成 15 年当時) の四十住敬史氏には多大なるご協力を頂いた。ここに感謝申し上げます。

VI 引用文献

石川県木材工業技術協会 (1992) 木材乾燥実務マニュアル. 18-19、石川県木材工業技術協会、白山。
河崎弥生 (1996) 建築用針葉樹製材のための人工乾燥材生産技術入門. 169-176、岡山県木材加工技術センター、真庭。