

減圧条件によるスギ平角材の人工乾燥試験

Drying test of a sugi flat square lumber without pith by the heat convective vacuum condition

齋藤周逸*1・土肥基生*2

Shuetsu SARU*1 and Motoo DOHI*2

*1 (研) 森林総合研究所

For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

*2 岐阜県森林研究所

Gifu Prefectural Research Institute for Forests, Gifu 501-3714

要旨：箱型の熱風減圧乾燥装置を用いて、スギ平角材（心去り，135×180×3100mm）の乾燥試験を次の人工乾燥スケジュールで行った。減圧乾燥は，乾球温度 80～90℃で装置内気圧を 400hPa（沸点 70℃）一定とした。また，一般的な常圧乾燥を対照試験として行った。この乾燥スケジュールは，乾球温度 80～90℃，乾湿球温度差 4～14℃とした。この結果，常圧乾燥では，初期含水率 100±10%の試験材は 19 日で含水率 20%を下回った。一方，減圧乾燥では，乾燥時間 9 日で含水率 20%を下回った。このように，乾燥室内を減圧により沸点を下げたことで，スギ平角材の乾燥時間は短縮され，乾燥エネルギーコストは削減された。

キーワード：スギ平角材，減圧乾燥，乾燥時間，乾燥コスト

I はじめに

スギ人工林は確実に成長し，供給される原木の主体が齢級 50 年を超える高齢級へと移行してきている。この大径化してきたスギ材の効率的な乾燥システムの開発が望まれてきている（2）。

一般的な常圧熱風乾燥法（以下，常圧乾燥）の報告（1）では，スギ平角材は人工乾燥に 1 カ月程度と長時間を要するため，乾燥効率の観点から天然乾燥との組み合わせを提唱した。

今回の試験目的は，箱型の減圧乾燥装置を用いた熱風減圧人工乾燥法（以下，減圧乾燥）により，心去り平角材の乾燥時間短縮を考えたものである。

II 方法

1. 試験材 岐阜県産と和歌山県産のスギ丸太から 2 丁取りされた心去り平角材とした。製材断面寸法は，短辺 135 mm，長辺 180mm，材長 3100mmとした。

2. 密度 産地別に乾燥前の製材品の密度を測定し，従来のデータと比較検討した。

3. 材色 人工乾燥後に製品加工を行い，心材色を色差計（CR-200，Minolta 製）により測定し，L*a*b* 表色系の色差 ΔE* により評価した。

4. 乾燥試験 減圧乾燥は岐阜県森林研究所の熱風減圧乾燥装置（株）大井製作所 OHV4-1HSV 型）を用いた。常圧乾燥は（研）森林総合研究所の熱風乾燥装置（日本電

化工機（株））を用いた。乾燥時間の評価は，初期含水率 100±10%から，JAS 乾燥材 D20 を基準にして，含水率 20%を下回るまでとした。

5. 乾燥スケジュール 減圧乾燥条件は，80℃で蒸煮した後，温度 80～90℃で装置内気圧を 400hPa（沸点 70℃）一定とした。常圧の乾燥条件は，80℃で蒸煮した後，温度 80～90℃，乾湿球温度差 4～14℃とした。乾燥温度は材色変化が小さかった過去の試験を参考にした（1）。装置内気圧を 400hPa（水の沸点 70℃）に選択した理由は，飽和水蒸気圧との関係から，常圧状態では 103～108℃による乾燥処理と同等の乾燥速度を得られると考えた。

6. エネルギーコスト 減圧乾燥と常圧乾燥にかかったエネルギーとして電気，灯油および水道使用量を比較した。減圧乾燥装置は，常圧乾燥装置に加えて減圧ポンプ等に関係する機器に電力を必要とするので電気使用量は大きくなる。そこで，まず装置の電気使用量を把握した。次に，電気，灯油，水道の各項目の使用量に金額を乗じてエネルギーに係る費用を算出し，各乾燥法によるエネルギーコストを比較した。

乾燥試験中の減圧乾燥装置では電気，灯油，水道の消費量は使用時間に対してほぼ一定の割合で増加した。これらの実測値したがって，各項目の増加を直線回帰解析して経過日数による消費量を推定した。対照試験として行った常圧乾燥のコスト計算は，減圧乾燥の減圧ポンプに係る電気消費量を差し引いて行った。各価格は次の条件とした。灯

油：79円/L（2015年8月店頭売値），電気：15.5円/kWh（2015年東京電力特高A），水道使用量：29円/m³（2015年東京都工業用水）。

III 結果と考察

1. **試験材の形質および材質** 試験材の製材に用いられたスギ丸太の末口径は，製材断面寸法 135×180mm 対して 32～40cm であり，製材は丸太の曲がりに影響された。

図-1は試験材の乾燥前密度分布である。岐阜産は平均 665kg/m³（標準偏差=136 kg/m³，測定本数=16），和歌山産は平均 620 kg/m³（標準偏差=176 kg/m³，測定本数=47）であった。これらは，従来から蓄積された各産地の総合的な密度（平均 594 kg/m³（標準偏差=117 kg/m³，測定本数=256）（1））に対して，統計的に差はないと考えられた。

2. **人工乾燥試験** 図-2は各試験の乾燥曲線である。常圧乾燥では，初期含水率 90～110%の試験材は含水率 20%を下回るまでに 19 日間を必要とした。一方，減圧乾燥では，初期含水率 90～100%は含水率 20%を下回るまでに 9 日間であった。この試験時の減圧乾燥装置による温度と減圧制御は良好であった。したがって，今回の試験では，減圧乾燥は，常圧乾燥に比べて，スギ平角材の乾燥時間を半分以下に短縮できる可能性を示唆した。

3. **材色試験** 表-1は人工乾燥後の心材色を L*a*b* 表色系の測定平均値で表している。常圧乾燥と減圧乾燥を色差 ΔE*により評価したところ，ΔE*は 2.9 と算出され，「色の離間比較ではほとんど気づかれない色差レベル」と評価された。前報（1）によると，乾燥温度 80～90℃の常圧乾燥による材色変化は乾燥前に比べて 10%～20%の暗色化とされたが，目視評価ではスギ心材色の特徴を残したとされている。このことから，乾燥処理温度が同じであれば，減圧乾燥法もスギ材そのものの材色を損わない製材品の生産が可能であることを示唆した。

4. **乾燥コスト** 電気消費量は，減圧乾燥法で減圧ポンプ等に係る機器を稼働させると，常圧乾燥の約 3 倍の電気を消費することが明らかになった。

今回の試験では減圧乾燥により乾燥時間が短縮された。したがって，消費電力は，初期含水率が約 100%から 20%になるまでの乾燥時間で比較すると，常圧乾燥では 19 日で 978 kWh，減圧乾燥では 9 日で 1,462 kWh であった。このように電気使用量は多くなるが，灯油と水道消費量を加えて，金額的にエネルギーコストを比べた場合，常圧乾燥は 19 日で 119,000 円，減圧乾燥は 9 日で 72,000 円となり，減圧乾燥は常圧乾燥の 6 割のエネルギーコストで乾燥材を生産できる可能性を示唆した。

IV まとめ

今回の試験結果では，スギ平角材の初期含水率 100%から 20%を下回るまでの乾燥時間は，乾燥温度 80～90℃の同じ温度域で試験した場合，常圧乾燥では 19 日，装置内気圧 400hPa 一定とした減圧乾燥では 9 日であった。このことは，乾燥時間 53%減，エネルギーコスト 40%減で乾燥材を生産できる可能性を示唆した。ただし，スギ平角材生産に係る乾燥コストは，乾燥装置の初期設備費や人件費等を加えて，総合的に評価する必要があると考えられた。

引用文献

- （1）齋藤周逸（2014）スギ心去り平角材の乾燥，関東森林研究，65（1）：159-160
- （2）林野庁（2013）平成 25 年度版森林・林業白書，全国林業改良普及協会，東京：20-21

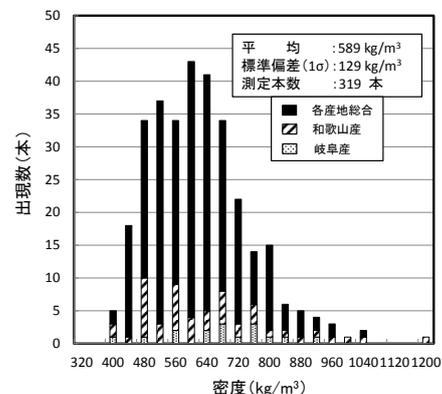


図-1. スギ平角材の乾燥前密度分布

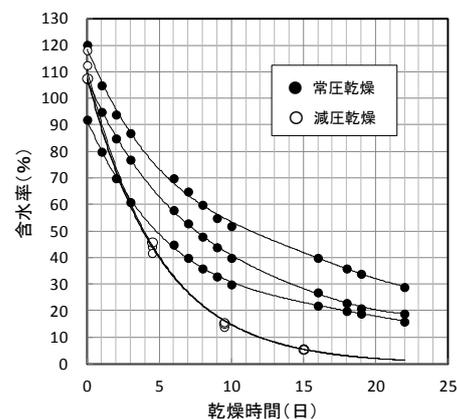


図-2. 乾燥法による含水率低下曲線

表-1. 乾燥法による材表面心材色の比較

	常圧乾燥		減圧乾燥		色差
	L*	L ₂ *	L ₂ *	(ΔL*) ²	
明度	62.0	64.5	64.1		2.9
色度(赤)	a ₁ *	a ₂ *	(Δa*) ²		
	10.4	9.49	0.78		
色度(黄)	b ₁ *	b ₂ *	(Δb*) ²		
	20.7	19.5	1.29		

$$\text{色差 } \Delta E^* : \Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$