

スギ正角の人工乾燥における乾燥スケジュールの検討

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	三好,誠治 村口,良範
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	15号
巻号補足	
掲載ページ	p. 67-82
発行年月	1994年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



スギ正角の人工乾燥における乾燥スケジュールの検討

三 好 誠 治

村 口 良 範

I はじめに

平成3年7月に「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」が施行され、建築用製材の信頼性を高めるために、規定寸法と乾燥材の含水率規定が明確化された。この背景として木造建築の工期の短縮、高品質化等により木材使用者の乾燥材への要望が強まってきたことがあげられる。

しかし、スギ・ヒノキ柱材等の建築用に使用される大きな断面の製材品の乾燥方法は確立されておらず、早期に乾燥の指針を出すことが要請されていた。特に外材等代替材と競合するスギ柱材は材価が低い割に乾燥方法が難しく、乾燥期間に長期を要するので低コストの乾燥方法の開発が必要であった。スギ正角（12cm角）を人工乾燥する場合、中温スケジュールで行うと含水率20%まで乾燥するのに約19日必要であり、1 m³当たり13,400円程度乾燥経費がかかると久田は推定している¹⁾。

この乾燥日数を短縮し、乾燥経費を節減することを目標にして、やや高温度の乾燥スケジュールを検討した。乾燥スケジュールは初期温度を75度・85度・95度の3条件とし、スケジュール各段階の平衡含水率を同一にして試験を行い、乾燥速度を比較した（以下、「乾燥速度比較試験」という）。また初期蒸煮がその後の乾燥速度に及ぼす影響を検討するために、蒸煮温度は乾燥スケジュールの初期温度と同じ3段階・処理時間は3水準で試験（以下、「蒸煮試験」という。）を実施したので報告する。

II 試験方法

1 供試材

愛媛県産のスギ正角（12cm角・材長3m・心持ち・背割り材）を供試材とした。供試材は乾燥速度比較試験と蒸煮試験の2回に分けて入手した。供試材はあらかじめ全ての重量を測定し、重量の平均値から1標準偏差内にある正角で、黒芯材等の欠点のないものを選んだ。この供試材1本から乾燥速度比較試験では材長60cm、蒸煮試験では80cmの試料を連続して3本採取した。試料は両端を銀ニスでコーティングして試験材とした。

試験材は、乾燥速度比較試験と蒸煮試験の各試験に重量をもとにして、無作為に振り分けた。1本の供試材から3本の試験材を作成したが、同一の試験に同じ供試材の試験材が2本以上含まれないよう留意した。

2 乾燥速度比較試験の方法と測定項目

(1) 試験方法

乾燥時間の短縮を目的として、比較的高温度に設定した蒸気加熱式乾燥スケジュールを、初期温度別に表－1に示す。初期温度は75度・85度・95度の3段階とし、常法によりスケジュールを組み立てた。最近、県内の製材用に導入された乾燥機はほとんどが蒸気加熱式乾燥機である。高温乾燥をすると乾燥機の損耗が大きいため現場で採用が容易なように、蒸気加熱式乾燥機の乾球温度の上限値を95度²⁾にし、スケジュールを検討した。やや低めの初期温度75度のスケジュールから、初期温度95度まで10度ずつ上げて3段階の乾燥スケジュールを設定した。乾燥機内の材間風速は2.0m/秒とし、25mm厚の栈木を使用した。

各乾燥スケジュールには、材温を短時間で上昇させることと乾燥時間の短縮を目的に初期蒸気を2時間組み入れた。また乾燥終期には材面寸法の安定を検討するために、初期温度75度と95度スケジュールで調湿を行った。

各乾燥スケジュールにⅡ－1の材長60cmの試験材を10本使用した。このうち6本は含水率測定用とし、4本は乾燥中及び乾燥後の水分傾斜測定用とした。各スケジュールで目標含水率は20%とし、含水率測定用試験材の平均含水率が目標値に達した時点で乾燥を終了、ないし調湿を行った。

乾燥及び調湿が終了した試験材は乾燥機から取り出して林業試験場木材実験棟内に放置して、人工乾燥後の含水率と材面寸法の変化を観察した。

表－1 乾燥スケジュール

スケジュール 含水率区分%	初期温度75度		初期温度85度		初期温度95度		平衡含水率 %
	DBT _{材1} 度	WBT _{材2} 度	DBT度	WBT度	DBT度	WBT度	
蒸 点	75 (2時間)	75	85 (2時間)	85	95 (2時間)	95	—
1 階段 G～40	75	69.5	85	80	95	90.5	11.4
2 階段 40～30	75	67.5	85	78	95	88.5	9.7
3 階段 30～25	80	69.5	90	80	95	85.5	7.9
4 階段 25～20	85	69.5	95	80	95	80	5.9
調 湿	85 (12時間)	83	— (なし)	—	95 (24時間)	93	15.0

注1：乾球温度 注2：湿球温度

(2) 測定項目

含水率測定用試験材は人工乾燥中と乾燥後実験棟内に放置している時に、適宜重量と試験材中央の4材面幅を測定した。試験材は最終的に割材をして全乾重量を推定し、全乾法で含水率を求めた。

水分傾斜測定用試験材は蒸煮後と乾燥途中及び調湿後に順次切断し、図－１のとおり11の部分に割材して水分傾斜を測定した。60cmの試験材の木口から20cm内側をまず切断し、エンドコーティングをした後試験を継続し、その次に残りの40cmの試験材の中央を切断した。このようにして4本の水分傾斜測定用試験材を順次使用した。

3 蒸煮試験の方法と測定項目

(1) 試験方法

ここでは人工乾燥初期に蒸煮を行うことにより、その後の乾燥速度がどのように促進されるかを検討した。特に乾燥初期の乾燥速度の変化を見るため、蒸煮後の温湿度条件は一定にし、目標含水率は30%とした。初期蒸煮の処理時間を3時間・6時間・9時間の3水準と、比較のために蒸煮処理を行わない試験を設定した。蒸煮温度は、75度・85度・95度の3段階とした。

試験材を乾燥機内に栈積みする前に、あらかじめ乾燥機内の温湿度を蒸煮条件まで上昇させた。この乾燥機内に試験材を栈積みした後、温湿度の差がほぼ無くなるまでの立ち上がり時間を除いて、蒸煮処理時間を測定した。このようにして合計12回の試験を行った。

各試験にⅡ－1の材長80cmの試験材を、含水率測定用として8本使用した。

蒸煮温度と蒸煮後の乾湿球温度条件は表－2のとおりで、乾燥速度比較試験と同じ条件にした。

(2) 測定項目

含水率測定用試験材は、蒸煮後と乾燥中は1日1回乾燥機から取り出し、重量と試験材中央の4材面幅及び木口・材面割れを測定した。取り出した試験材は、測定中に材温が低下することと平衡含水率の変化による割れを防ぐため、塩化ビニールで表面を被覆した。試験材は最終的に割材をして全乾重量を推定し、全乾法で含水率を算出した。

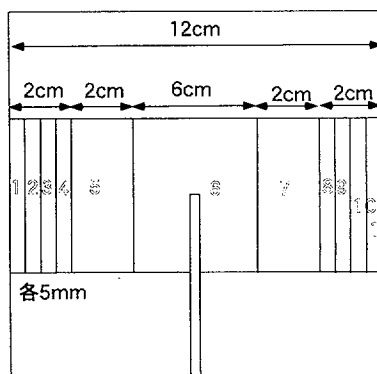
各温度条件の9時間蒸煮の試験で、蒸煮中の水分傾斜の変化を、連続した試験材2本を使って測定した。試験材は2－(2)と同様の方法で使用した。

材面割れは長さ和本数、木口割れは正角材両木口の割れの長さ和本数を測定した。

表－2 蒸煮条件とその後の乾燥温度

蒸煮温度 度	処理時間 時間	蒸煮後乾燥条件		
		DBT _{注1} 度	WBT _{注2} 度	EMC _{注3} %
75	無処理 3,6,9	75	69.5	11.4
85	無処理 3,6,9	85	80	11.4
95	無処理 3,6,9	95	90.5	11.4

注1：乾球温度 注2：湿球温度 注3：平衡含水率



図－1 水分傾斜測定の割材方法

Ⅲ 結果及び考察

1 乾燥速度比較試験の結果および考察

(1) 含水率測定用試験材の初期含水率等

各温度条件のスケジュールに使用した含水率測定用試験材の初期含水率・仕上がり含水率・気乾比重等は表－3のとおりである。初期含水率は、全ての試験材の平均値が73.5%、範囲は103.1～49.2%となっている。

表－3 乾燥速度比較試験の含水率測定用試験材の初期含水率等

区 分	初期含水率 %	乾燥終了時含水率 注1 %	人工乾燥時間注2 時間	室内放置後最終含水率注3 %	気乾比重注4	平均年輪幅 mm	心材率 %
75度スケジュール	75.7	19.6	84	14.2	0.385	5.9	78.4
85度スケジュール	70.6	19.5	79.5	13.3	0.380	5.9	83.7
95度スケジュール	74.1	17.8	80	13.5	0.381	6.2	80.8

注：数値は試験材6本の平均値である。

注1：スケジュール第4段階終了時、調湿前の含水率

注2：初期蒸煮からスケジュール第4段階終了時までの経過時間

注3：人工乾燥後室内に放置して、約200日後（平成3年2月6日）に測定した含水率

注4：含水率15%時の比重。文献10）の換算式により算出した。

(2) 含水率減少速度の比較

含水率測定用試験材は初期含水率のばらつきが大きいので、各乾燥スケジュールの乾燥速度を比較するために指数関数を用いた。試験材の含水率は乾燥時間の経過に対し、指数曲線を描いて減少すると仮定して検討を行った。この指数関数により寺沢は乾燥特性の考察³⁾を行い、信田はトドマツ正角材の人工乾燥の乾燥速度の検討⁴⁾をしている。

指数関数は(1)式のとおり初期含水率を起点とし、乾燥スケジュールの最終段階の平衡含水率に漸近する曲線である。

$$U = (U_a - U_e) \cdot \text{EXP}^{-k \cdot t} + U_e \quad \cdots \cdots (1)$$

$$t = 1/k \cdot \log((U_a - U_e) / (U - U_e)) \quad \cdots \cdots (2)$$

$$z = k \cdot (U_a - U_e) \cdot \text{EXP}^{-k \cdot t} \quad \cdots \cdots (3)$$

ここで、U；求める含水率（%）

U_e；最終段階の平衡含水率（%） この乾燥スケジュールでは5.9%

k；定数 t；経過時間（時） z；乾燥速度（%/時）

である。(2)式は(1)式を変形したもので乾燥時間の推定が可能である。(3)式は(1)式を時間tで微分して乾燥速度を算出する式である。

(1)式に、スケジュールの第1段階から第4段階までに測定した含水率と経過時間をあてはめて試験材ごとにk値を求めた。試験材含水率は蒸煮後に3%程度増えたが、初期含水率は

そのままとし、k 値算出のあてはめ計算から、蒸煮・調湿過程は除外した。各乾燥スケジュールの試験材含水率の測定値と、求めた k 値による指数曲線を図-2 に示す。いずれも測定値と指数関数の値とはよく一致していることが判る。

k 値は乾燥速度を表す指標であり、絶対値が大きくなれば乾燥速度は速くなる⁵⁾。求めた k 値によって乾燥速度の検討を行うことにする。k 値を表-4 に示す。

表-4 乾燥速度比較試験の含水率測定用試験材の k 値

区 分	k 値平均値	最 大 値	最 小 値	標 準 偏 差	変動係数%
75度スケジュール	0.01849	0.02451	0.01465	0.00347	18.8
85度スケジュール	0.01817	0.02089	0.01513	0.00200	11.0
95度スケジュール	0.01982	0.02388	0.01609	0.00305	15.4

注：k 値平均値は、試験材 6 本の平均値。1 元配置の分散分析で有意差無し。

乾燥速度比較試験で測定した k 値のばらつきは、天然乾燥試験で求めた k 値のばらつきよりも小さく、変動係数は 18.8~11.0% であった。天然乾燥試験では天然乾燥を行う処理条件と乾燥時期により 6 本の試験材の k 値の変動係数は 64.2~31.0% であった⁶⁾。そして、天然乾燥試験では k 値と初期含水率に負の相関が認められ、k 値は天然乾燥を行う時期により異なった値をとっていた。乾燥速度比較試験では初期含水率との相関は認められなかった。また k 値と気乾比重・平均年輪幅・心材率とは、天然乾燥試験と同様に有意な相関はなかった。

人工乾燥における k 値は乾燥スケジュールの温湿度条件により決定されると推定し、平均 k 値の考察を行うことにする。求めた試験材の k 値と初期含水率からそれぞれの平均値を算出して指数曲線を決定し、測定した平均含水率とともに図示すると、図-3 のとおりである。測定した平均含水率と平均 k 値により求めた指数曲線とはほとんど誤差がない。各スケジュールの乾燥速度の比較に平均 k 値を用いることは妥当であると思われる。

平均 k 値と(2)・(3)式により、乾燥時間と乾燥速度の比較をした結果を表-5 に示す。乾燥時間は初期温度 75度スケジュールと 85度スケジュールではあまり差が認められないが、95度スケジュールでは短縮されていることが判る。各段階で同じ平衡含水率になるよう設定した乾燥スケジュールでは乾球温度の違いにより乾燥速度に差が生じると考えられる²⁾。小試験材の結果ではあるが中温スケジュール¹⁾に比べると、初期温度 75度スケジュールでも十分に乾燥時間の短縮効果が認められる。

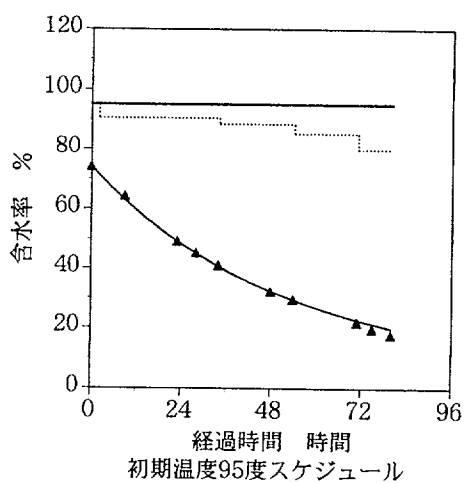
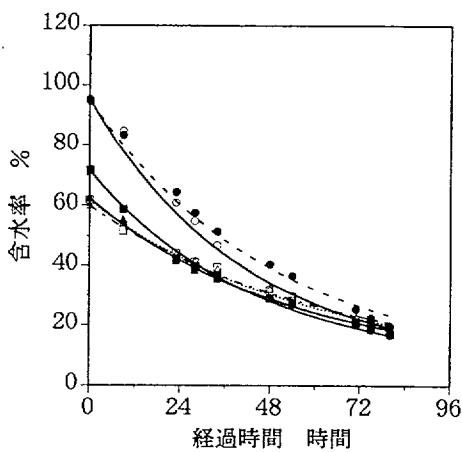
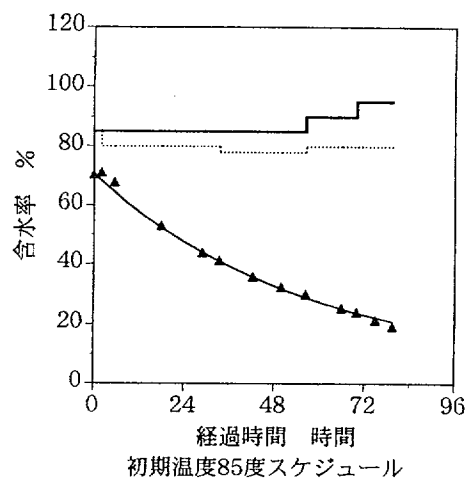
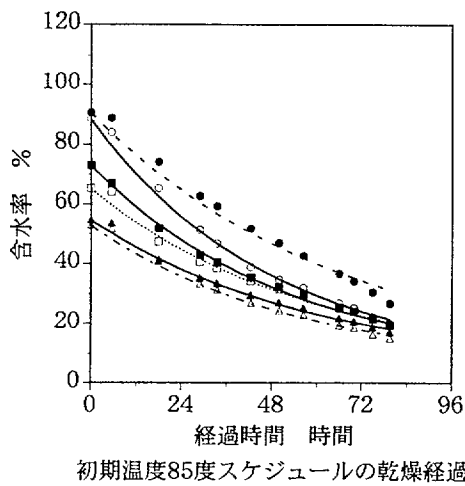
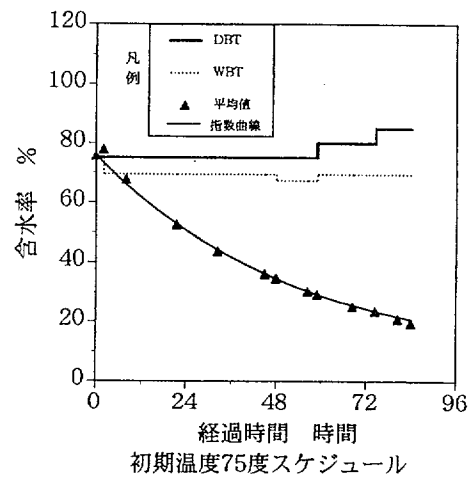
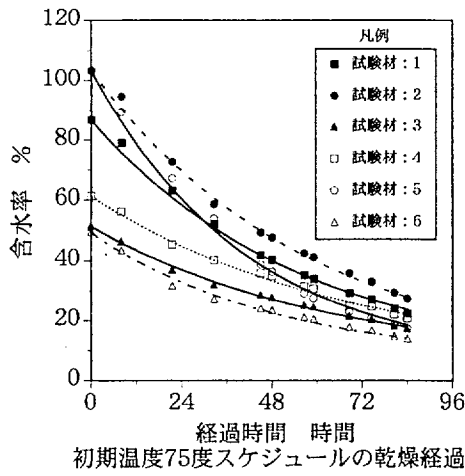


図-2 含水率の減少経過と指数曲線

図-3 測定した平均含水率と
平均k値による指数曲線

表－5 各スケジュールの乾燥速度の比較

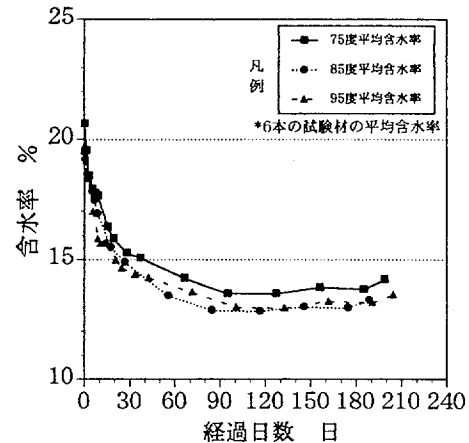
乾燥 スケジュール	k 値 (表－4 参照)	推定乾燥時間 _{推1} (含水率70%～20%) 時間	含水率20%時の 推定乾燥速度%／時間
75度	0.01849	81.9	0.261
85度	0.01817	83.3	0.256
95度	0.01982	76.4	0.279

注1：初期含水率70%から20%までの乾燥時間

しかし各スケジュールの平均k値を1元配置により分散分析した結果は、試験材数が少なかったこともあり有為な差は認められなかった。

(3) 乾燥後の経過

乾燥終了後、試験材を乾燥機より取り出し、木材実験棟内に放置して含水率と材面の寸法変化を観察した。試験材の平均含水率の減少経過を乾燥スケジュール別に示した図－4によると、放置後約1ヵ月で含水率15%になり、2ヵ月で平衡状態に達する



図－4 人工乾燥終了後の含水率の減少経過

ことが判る。平衡状態の含水率は75度スケジュールの試験材が高く、85度と95度のスケジュールよりも低かった。これは葉石らが考察⁷⁾しているように、高温乾燥を行うと、木材の平衡含水率が低くなるためであろう。

図－5に試験材の材面幅の経過を示す。試験材の材面幅の収縮は背割を施していない材面では人工乾燥後約1ヵ月で安定した。背割りをした材面は含水率の変化に合わせて、背割り部分の開閉により材面幅が増減し、この変化は背割を施していない材面より大きかった。

材面幅の寸法の安定を速めることを目的に、初期温度75度スケジュールでは12時間、95度スケジュールでは24時間調湿を行ったが、背割りを施した材面に効果が認められた。調湿を行うことで乾燥終期に大きく開いていた背割り部分が閉じて、寸法の安定が調湿を行わない試験材よりも速くなった。

しかし最終的には調湿をした試験材の背割り幅の開きは、調湿をしない試験材よりも大きくなった。

調湿を行う時間は12時間程度で充分効果があると考えられる。

(4) 材面幅の収縮

乾燥に伴う材面幅の収縮率と収縮による歩減りを図－6に示す。乾燥スケジュールにより

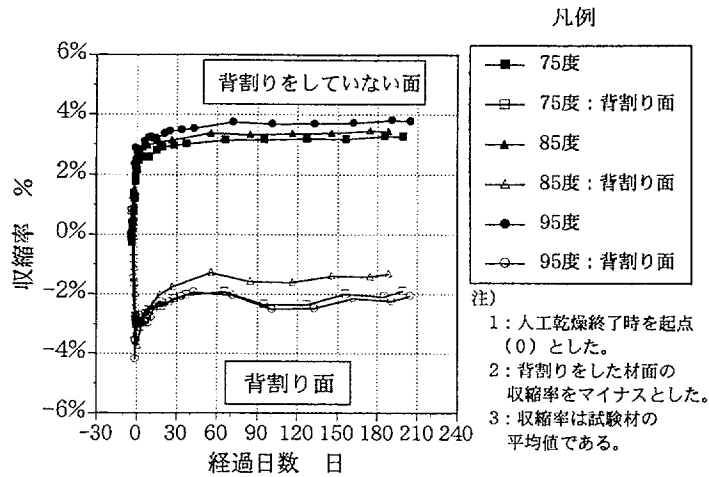


図-5 スケジュール別収縮率の経過

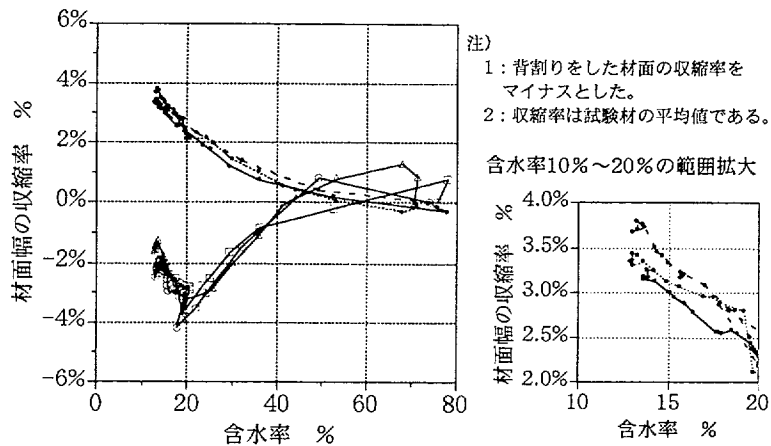
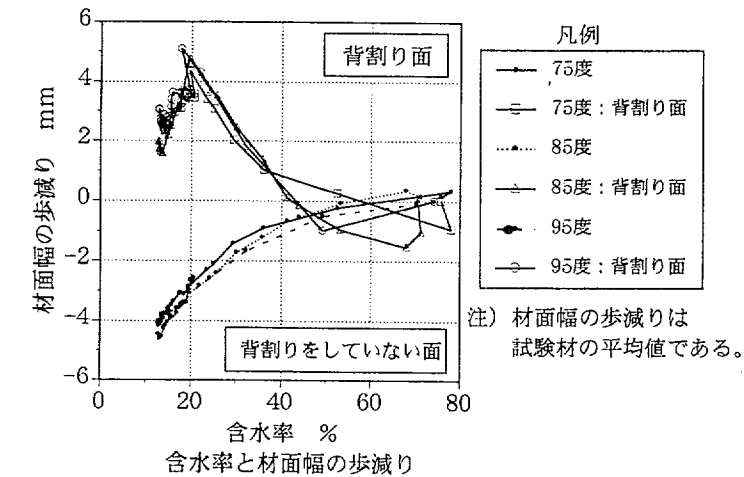


図-6 含水率の減少にともなう材面幅の変化

差があり乾球温度が高くなるほど、収縮率は大きくなる傾向を示している。図-6から読み取ると、初期温度75度・85度・95度スケジュールで含水率15%までの気乾収縮率はそれぞれ、3.0・3.1・3.3%となった。

天然乾燥の気乾収縮率は2.5%⁶⁾となっているので人工乾燥により収縮率は増えている。

「針葉樹」の構造用製材の日本農林規格」では材面幅90mm以上の乾燥材の寸法精度は±1.5mmとなっている。スギ12cm正角でこれを満足するためには、表-1の乾燥スケジュールの場合は目標含水率を20%以下にしなければならないことが図-6から判断できる。

(5) 乾燥中の水分傾斜

乾燥中の水分傾斜は図-7のとおりである。人工乾燥終了時の平均含水率は23.0%であるが中心部分は30%に近い値となっている。材面幅の寸法が安定するためには、まだしばらく時間を要することが判る。

また初期蒸煮と調湿によって表層の含水率が上昇している。

2 蒸煮試験の結果と考察

(1) 含水率測定用試験材の初期含水率等

12回の蒸煮試験に用いた含水率測定用試験材は96本で平均初

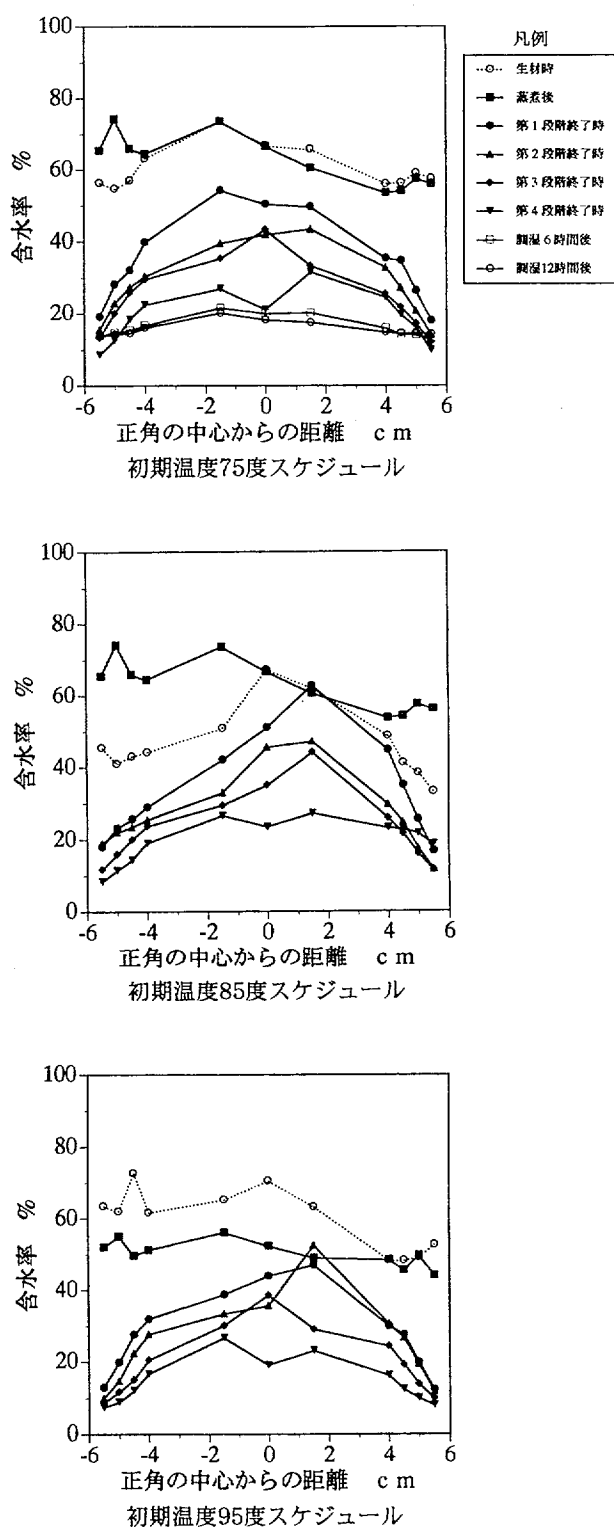


図-7 乾燥途中の水分傾斜

期含水率は62.3%、その範囲は111.5~37.9%である。試験材の初期含水率が低いのは試験の準備に時間がかかりその間に実験棟内で自然乾燥したためである。12回の試験に用いた試験材の初期含水率等

蒸 煮 条 件		初 期 含 水 率	蒸 煮 後 含 水 率	試験終了 時含水率	蒸 煮 後 乾 燥 時 間	気乾比重	平均年輪 幅	心 材 率
温度	処理時間	%	%	%	時間	注1	mm	%
75度	無処理	62.9	—	31.5	71.0	0.374	5.9	79.6
	3	60.5	64.4	28.6	71.0	0.382	5.3	81.0
	6	63.3	67.4	31.4	69.0	0.390	5.4	83.8
	9	63.9	67.7	31.3	69.0	0.378	6.2	83.6
85度	無処理	56.4	—	28.1	72.0	0.372	5.9	73.0
	3	63.5	67.3	29.1	72.0	0.385	5.4	78.3
	6	69.0	72.7	34.6	64.0	0.371	5.4	82.0
	9	54.5	58.1	26.0	64.0	0.404	4.9	79.0
95度	無処理	62.5	—	31.8	70.0	0.375	5.8	82.7
	3	67.6	67.7	28.7	70.0	0.393	5.2	80.3
	6	63.8	65.1	31.5	67.5	0.409	5.0	82.0
	9	59.3	62.3	27.8	67.5	0.387	5.3	78.9

注：数値は全て試験材8本の平均値。

注1：含水率15%時の比重。文献10)の換算式により算出した。

表－7 蒸煮試験の含水率測定用試験材のk値

蒸煮温度	処理水準 時間	処理条件別の 平均k値	各 試 験 の k 値			
			平 均 値	標準偏差	最 大 値	最 小 値
75度	無処理	0.01439	0.01439	0.00338	0.01988	0.00968
	3	0.01561	0.01645	0.00352	0.02138	0.00986
	6		0.01501	0.00317	0.01986	0.01129
	9		0.01538	0.00262	0.01947	0.01215
85度	無処理	0.01431	0.01431 ^{*2}	0.00207	0.01816	0.01224
	3	0.01679	0.01645	0.00362	0.02296	0.01208
	6		0.01513	0.00201	0.01716	0.01201
	9		0.01878 ^{*2}	0.00452	0.02531	0.01233
95度	無処理	0.01427 ^{*1}	0.01427 ^{*3}	0.00393	0.02137	0.00858
	3	0.01692 ^{*1}	0.01742 ^{*3}	0.00131	0.01862	0.01503
	6		0.01571	0.00299	0.02133	0.01143
	9		0.01762	0.00366	0.02536	0.01273

*：同じ番号の平均値間に5%の危険率で有意差がある。

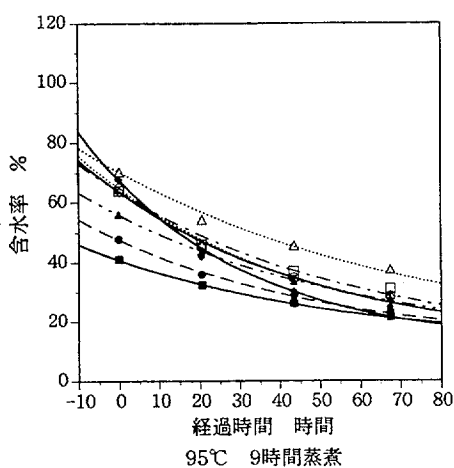
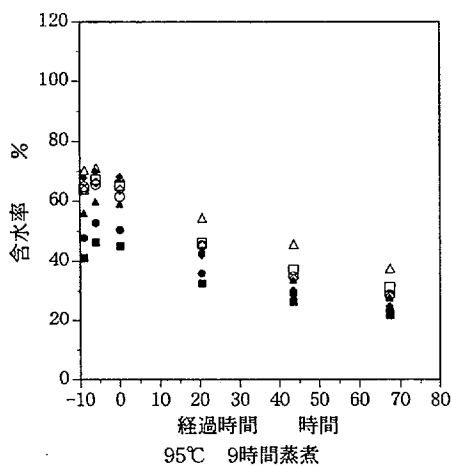
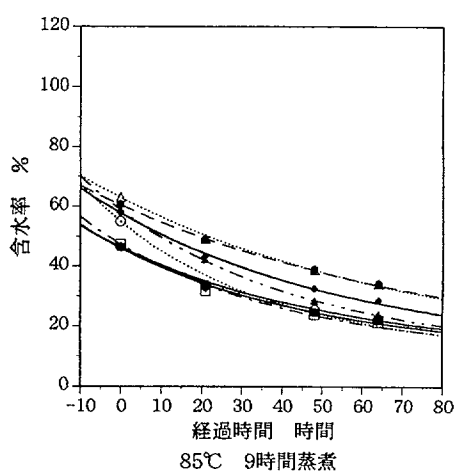
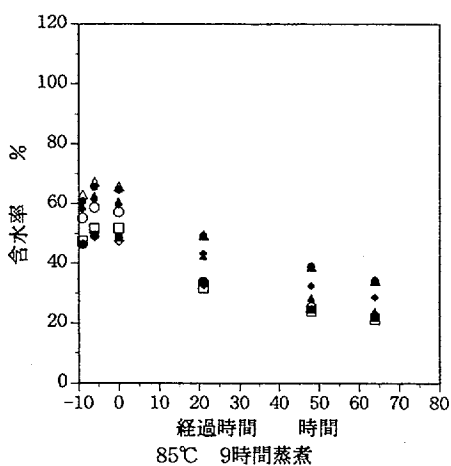
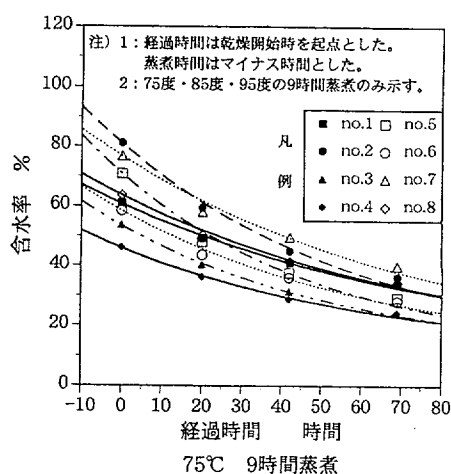
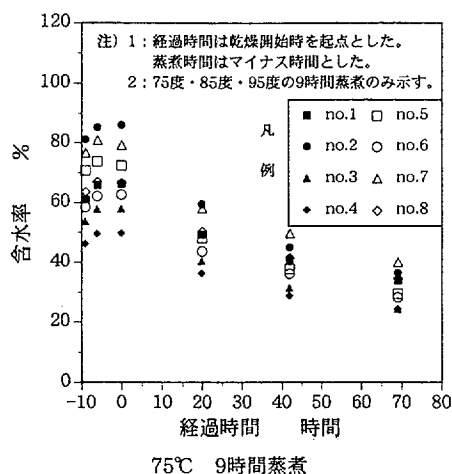


図-8 含水率の減少経過

図-9 含水率の減少経過と指数曲線

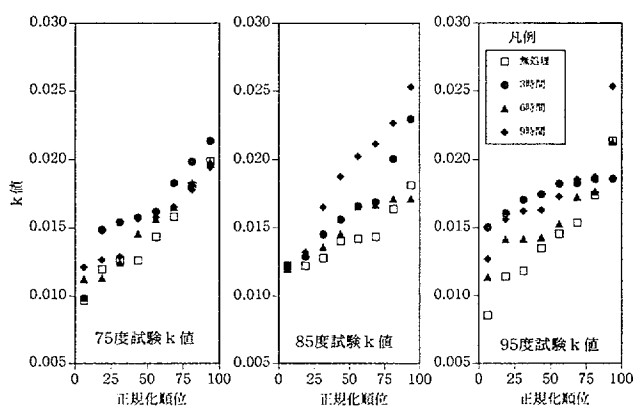
試験材の初期含水率等を表－6に示す。

(2) 含水率減少経過の比較

初期蒸煮の効果としては、材温の急上昇と乾燥速度の促進が考えられている²⁾。蒸煮時の材温の上昇については、吉田がスギ12cm正角を用いて蒸煮温度95度で測定している。蒸煮開始後95度に達する時間は、乾燥機内が1.5時間で、材中心部の材温は3時間要したと報告している⁸⁾。

ここでは初期蒸煮がその後の乾燥速度に及ぼす促進効果を検討する。

含水率減少経過の比較はⅢ－1－(2)と同様に(1)式の指数関数を用いた。k値の算出方法は、蒸煮後の乾燥開始時をk値のあてはめ計算の起点とし、その時の含水率は蒸煮により水分が増加していない初期含水率とした。また最終段階の平衡含水率は11.4%とした。このようにして12回の試験全ての含水率測定用試験材のk値を求めた。表－7に各試験のk値を、図－8、9に9時間蒸煮の試験材の含水率減少経過と指数曲線を示す。(蒸煮3・6時間処理と無処理は9時間処理とほぼ同じグラフになるため省略した。)



図－10 各温度条件の処理時間別k値の正規化順位

表－8 蒸煮処理の違いによる乾燥速度の比較

蒸煮温度	k 値の平均値	k 値の平均値の差	推定乾燥時間	含水率30%時の
95度	(表-7参照)	95%信頼区間	(70～30%)	推定乾燥速度
処理条件			注1 時間	%/時間
蒸煮無し	0.01427	0.00315±0.00314	68.6	0.344
3 時 間	0.01742		56.2	0.420

注1：初期含水率70%から30%までの乾燥時間。k値は平均値で計算した。

Ⅲ－1－(2)と同様にk値で乾燥速度の比較を行うことにする。まず温度条件別に蒸煮処理をしていない試験材の平均k値と蒸煮処理をした試験材全ての平均k値を比べた。その結果、表－7のとおり95度蒸煮試験では、無処理と蒸煮処理の平均k値に5%の危険率で有為な差

が認められた。無処理よりも蒸煮処理を行ったほうがk値は大きくなっており、乾燥速度が速くなっていると推定できる。75度・85度試験では有為な差は認められなかった。図-10に各蒸煮温度試験別にk値の正規化順位を示す。これによると各温度試験で無処理材よりも蒸煮処理材のほうがk値は大きい傾向を示している。

次に、温度条件別に処理時間3・6・9時間の水準間の差を1元配置による分散分析法により検討した。無処理と蒸煮処理により、k値に5%の危険率で有意な差が認められた95度試験では、蒸煮処理時間の水準間に有意な差はなかった。75度・85度試験にも差は認められなかった。しかし同じ蒸煮温度試験の無処理と各処理時間水準の平均k値を比較すると、85度試験の無処理と9時間処理、95度試験の無処理と3時間処理に5%の危険率で有意差があった。

この検討結果から、95度の高温で初期蒸煮すると、その後の乾燥速度の促進に効果があると推定できる。そして蒸煮処理時間は3時間でよいと思われる。95度で3時間蒸煮をした後に表-2の温湿度条件を設定した場合、初期含水率70%から30%までの乾燥時間と含水率30%時の乾燥速度を、Ⅲ-1-(2)の(2)・(3)式により計算すると表-8のとおりであり、蒸煮時間の3時間を越える効果が期待できそうである。

85度以下の蒸煮温度では明確な乾燥速度の促進効果は認められなかった。

表-9 蒸煮試験の試験材の損傷

蒸煮条件		材 面 割 れ			木 口 割 れ		
温度	処理時間	発生材率	長さ mm	本数 本	発生材率	長さ mm	本数 本
75度	無処理	12.5%	13.1	0.1	12.5%	6.9	0.3
	3	12.5	30.6	0.1	25.0	20.0	0.4
	6	12.5	12.5	0.1	12.5	3.1	0.1
	9	0	0	0	12.5	1.9	0.1
85度	無処理	0	0	0	25.0	25.6	0.3
	3	0	0	0	12.5	41.9	0.3
	6	12.5	7.5	0.1	0	0	0
	9	12.5	7.5	0.1	12.5	6.9	0.1
95度	無処理	0	0	0	12.5	22.5	0.1
	3	0	0	0	12.5	5.6	0.1
	6	0	0	0	37.5	65.6	0.4
	9	0	0	0	50.0	30.1	0.5

注：割れの長さと本数は試験材8本の平均値。

：発生材率は損傷が生じた試験材の本数割合。

また、図-11に各温度試験別に全ての k 値の正規化順位を示す。正規化順位の20~80%の間において、 k 値は概ね、95度、85度、75度の順に並んでおり、Ⅲ-1-(2)で検討した乾球温度差による乾燥速度の違いが読み取れる。

(3) 蒸煮処理の違いによる乾燥中の損傷

蒸煮後、含水率30%付近まで乾燥を行ったが、その間に生じた材面と木口割れは表-9のとおりである。まだ乾燥途中で、損傷が十分に発生していなかったこともあり、蒸煮温度差と処理時間による有為な差は認められなかった。

(4) 蒸煮中の水分傾斜

蒸煮中の水分傾斜を図-12に示す。蒸煮により正角

の表層の含水率が生材時よりも上昇しているのが判る。蒸煮時間の長短により、水分傾斜に明確な変化は認められなかった。

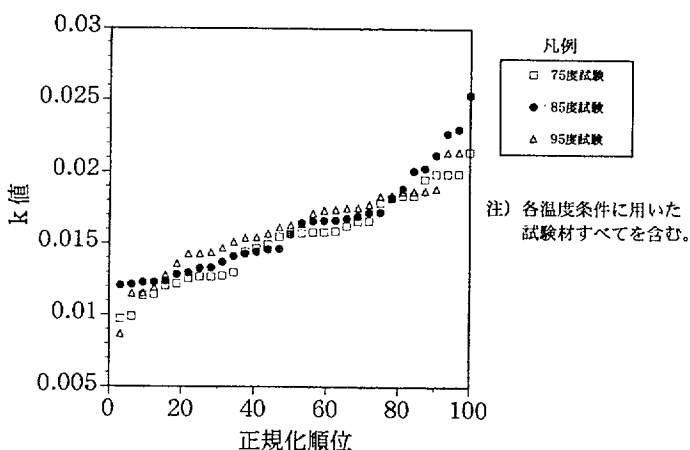


図-11 各温度条件の k 値の正規化順位

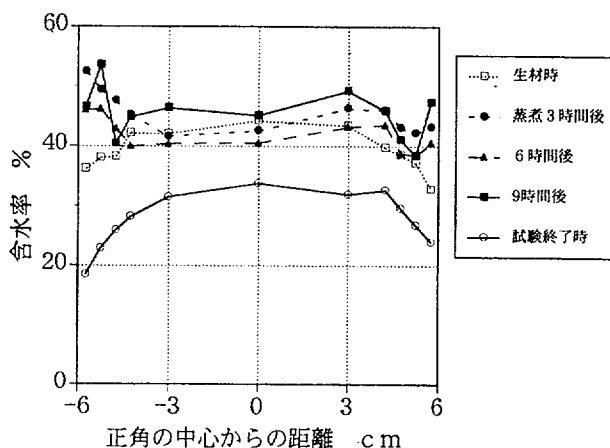


図-12 75度蒸煮試験前後の水分傾斜

Ⅳ おわりに

スギ正角を対象にして人工乾燥試験を行い、乾燥速度比較試験ではスケジュールの乾球温度・乾燥後の含水率の経過・仕上がり材の収縮・調湿条件等を検討し、蒸煮試験では乾燥初期の蒸煮とその後の乾燥速度について試験を行った。スケジュールを組み立てる場合の基礎項目に関する知見を得たが、初期蒸煮とその後の温湿度条件の設定・蒸煮と損傷の関係・高温蒸煮がその後の乾燥速度を促進する原因等についてさらに研究が必要である。

この高温蒸煮により乾燥速度が促進される理由に関しては、材質の変化の面から、*Eucalyptus pilularis* A.S.M.⁵⁾と*Pinus taeda* Linn.⁹⁾を対象にした研究報告がある。

V まとめ

- 1 初期温度を75度・85度・95度にし、やや高温のスケジュールで乾燥を行うと中温スケジュールに比べて乾燥時間の短縮が可能である。
- 2 同一平衡含水率条件では乾球温度が高いスケジュールのほうが乾燥速度が速い。
- 3 スケジュール最終段階で調湿を行うと、背割りを施した材面幅の寸法安定が速くなる。
- 4 人工乾燥で含水率20%にした正角を、室内に放置すると約2ヵ月で平衡状態に達した。含水率の減少に伴い材面幅は収縮した。「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」の乾燥材の寸法精度を満足するためには、表-1のスケジュールでは含水率を20%以下にする必要がある。
- 5 収縮率は乾球温度が高くなるほど大きくなる傾向を示した。初期温度75度・85度・95度スケジュールで気乾収縮率はそれぞれ、3.0・3.1・3.3%となった。
- 6 初期蒸煮は蒸煮温度95度で3時間行くと、その後の乾燥速度の促進に効果があると推定できる。

文 献

- 1) 久田卓興、斎藤周逸：スギ・ヒノキ柱材の乾燥方法と所要経費、日本木材加工技術協会第5回年次大会講演要旨集、57～58 (1987)
- 2) 寺沢真、筒本卓造：木材の人工乾燥、社団法人日本木材加工技術協会、32、107、116 (1981)
- 3) 寺沢真、岩下睦：木材乾燥操作に関する基礎的研究（第1報）乾燥特性曲線について、林業試験場研究報告、第81号、87 (1955)
- 4) 信田聡ほか3名：トドマツ人工林材の乾燥試験（第2報）—正角材の中温スケジュールによる人工乾燥—北海道立林産試験場月報、No.394、1～7 (1984)
- 5) P.N.Alexiou, A.P.Wilkins, Jamie Hartley: Effect of pre-steaming on drying rate, wood anatomy and shrinkage of regrowth *Eucalyptus pilularis* Sm., Wood Science and Technology, 24, 103～110 (1990)
- 6) 三好誠治、村口良範：県産銘柄乾燥材の生産技術の開発—スギ正角の天然乾燥経過の推定について—愛媛県林業試験場研究報告第15号、52～66 (1994)
- 7) 葉石猛夫、蕪木自輔：木材の人工乾燥による平衡含水率の低下、木材工業、Vol.23—5, 25～28 (1968)
- 8) 吉田孝久、橋爪丈夫：国産針葉樹材の高付加価値化技術の高度化—V心持ち柱材の乾燥スケジュールの確立—、長野県林業総合センター研究報告第7号、98～99 (1993)
- 9) D.D.Nicholas, R.J.Thomas: Ultrastructure of Bordered Pit Membrane In Loblolly Pine, Forest Products Journal vol.18, no. 1, 57～59 (1967)

- 10) 飯島泰男：曲げ強度性能、構造用木材一強度データの収集と分析、木材強度・木質構造研究会，6（1988）