

# スギ心持ち製材の天然乾燥におけるドライグセット処理の効果

渡井純・星川健史・池田潔彦

農林技術研究所森林・林業研究センター

## Effects of the drying-set on natural drying of Sugi boxed heart lumber

Jun Watai and Takeshi Hoshikawa and Kiyohiko Ikeda

Forestry and Forest Products Research Center/Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For.,

### Abstract

We investigated the effects of drying-set as a pre-treatment for natural drying of sugi boxed heart lumber and evaluated their natural drying characteristics. We performed natural drying of two kinds of square lumber (dimension A:120 x 120 mm / B:120 x 240 mm), with the drying-set as a pre-treatment before drying, in different periods starting from March and December, respectively. We measured the moisture contents and examined the surface checks during drying. The results were as follows. (1) Six months of natural drying where more than 90% of the A lumber dried from March satisfied the JAS standard of D20. (2) Eight months of natural drying where more than 90% of the A lumber dried from December satisfied the JAS standard of D20. (3) Seven months of natural drying where more than 90% of the B lumber dried from March satisfied the JAS standard of D20. (4) Twelve months of natural drying where about 80% of the B lumber dried from December satisfied the JAS standard of D20. (5) The surface checks were observed more often in the A/B lumber dried from December than in those from March. However, all the checks were small. This result suggested that the drying-set is effective in the prevention of the surface checks for sugi boxed heart lumber.

キーワード：高温セット，高温低湿乾燥，スギ，含水率変化，表面割れ

### I 緒 言

木材人工乾燥機の普及以前の木材乾燥の主流は天然乾燥であった<sup>1)</sup>が、乾燥に長期間を要することや割れが生じやすいなどの理由から、現在の木材乾燥の主流は人工乾燥となっている。しかし、乾燥時の環境負荷が小さく低コストで<sup>2)</sup>、木材独自の色や香りが残る<sup>3)</sup>などのメリットから、近年、天然乾燥が見直されている。スギ製材の天然乾燥に関するこれまでの報告では、いずれの報告においても乾燥に6~12ヶ月と長期間を要し<sup>3,13)</sup>、各材の仕上がり時期もばらつくことから安定生産が難しい。これまで、太陽熱などを効率的に利用した簡易施設内での天然乾燥試験など<sup>2,5,15)</sup>、これら課題の解決に向けた試みがなされてはいるものの、安定生産技術が確立されて

いるとは言い難い。また、スギ心持ち製材は、辺材部と心材部の含水率の違いと、材表面と材内部の乾燥速度の違いにより乾燥時における表面割れが発生しやすい。とりわけ天然乾燥は乾燥時の温度や湿度のコントロールができないため表面割れが発生しやすく<sup>8,11,13)</sup>、商品価値の低下を招く懸念があり、割れを抑え、安定生産が可能な天然乾燥技術の確立が望まれている。これら課題のうち表面割れについては、天然乾燥の前処理として短期間の高温低湿乾燥を行うドライグセットを行うことで、割れの抑止効果として一定の評価が得られている<sup>1,6,8,12)</sup>が、天然乾燥は自然条件の影響を受けやすい<sup>14)</sup>ことから地域や乾燥時期の違いによる乾燥特性の把握が必要である。また、森林施業が長伐期へと変化する中で、無垢

†本報告の一部は、第62回木材学会大会（札幌市）で発表した。

の平角材生産が増加することが予測されることから、乾燥コストの面から平角材の天然乾燥技術の確立への期待は大きい、取り組み事例は少なく<sup>3,4,12)</sup> これらデータの蓄積が必要である。

そこで、本研究では、天然乾燥の前処理としてドラインセットを施したスギ正角および平角材について、異なる時期において天然乾燥を行い、乾燥経過に伴う水分減少や割れの発生状況を評価した。

## II 材料及び方法

### 1 材料

試験体は、天竜産のスギ丸太から正角（断面寸法120×120 mm）と平角（同120×240 mm）を1本取りした心持ち製材とした。試験体は初期密度と初期含水率を算出するため、製材後直ちに重量と寸法を計測した。試験体の概要を表1に示す。試験体は、天然乾燥実施期間による乾燥特性の違いを把握するため、正角、平角とも3月開始用と12月開始用を用意した。供試木は初期含水率が示しているとおりの生材である。

表1 試験体の概要

試験体 タイプ	断面寸法 (mm)	長さ (m)	天然乾燥 開始時期	試験体数 (本)	初期密度 (g/cm <sup>3</sup> )		初期含水率 (%)	
					平均値	SD	平均値	SD
スギ正角	120×120	3	3月	20	0.550	0.092	56.9	16.6
		3	12月	28	0.637	0.094	75.8	18.4
		4	12月	28	0.668	0.113	86.4	27.3
		全体		76	0.626	0.110	74.7	24.4
スギ平角	120×240	4	3月	20	0.659	0.117	100.0	32.6
		4	12月	24	0.644	0.121	86.1	30.1
		全体		44	0.650	0.118	92.4	31.7

表2 天然乾燥期間中の気温および湿度の月平均値

2010年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温 (°C)	4.0	6.7	9.8	13.4	18.7	23.4	27.2	28.5	25.0	18.6	11.4	7.1
最高気温平均 (°C)	15.0	16.6	19.4	23.4	30.0	33.2	36.0	37.6	34.5	27.2	23.4	16.6
最低気温平均 (°C)	-2.1	0.7	3.1	6.8	11.1	17.6	21.8	23.3	19.4	13.9	5.5	1.7
相対湿度平均 (%)	59.3	78.8	77.9	76.3	68.8	76.3	80.5	78.2	78.2	83.3	69.7	73.9
2011年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温 (°C)	2.2	7.0	7.2	13.9	18.9	23.5	27.9	28.9	23.6	17.6	12.5	4.9
最高気温平均 (°C)	13.2	18.1	19.8	26.7	28.5	32.1	38.6	40.5	33.3	28.8	21.9	14.2
最低気温平均 (°C)	-4.0	0.5	-0.9	5.5	12.2	17.8	21.1	22.0	18.8	12.6	8.0	0.0
相対湿度平均 (%)	54.4	70.1	60.1	63.3	72.4	80.7	72.8	70.0	86.7	84.6	84.8	75.2
過去10年の平均値 <sup>※</sup>	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温 (°C)	5.9	7.5	9.9	14.8	18.9	22.4	27.3	27.3	24.7	19.1	13.9	8.6
最高気温平均 (°C)	10.1	12.1	14.7	19.6	23.3	26.4	29.8	31.5	28.9	23.6	18.2	12.6
最低気温平均 (°C)	2.5	3.5	5.5	10.5	15.2	19.4	23.4	24.4	21.5	15.6	10.2	5.2
相対湿度平均 (%)	57.4	59.0	58.4	63.2	71.4	78.8	80.9	77.6	75.5	71.0	65.8	61.6

※2002年～2011年の特別地域気象観測所データ（浜松）

## 2 試験方法

### (1) ドラインセット処理

試験体は、天然乾燥に伴う割れ抑止を目的に、天然乾燥の前処理として、ドラインセット(D-set)を行った。

ドラインセット条件は、乾・湿球温度95°Cの蒸煮を6時間、乾球温度120°C・湿球温度90°Cで12時間とし、(株)大井製作所製乾燥機：OHV3-8CV（図1）を用いて行った。

### (2) 天然乾燥試験

試験体は、ドラインセット終了直後に再度重量と寸法を計測し、天然乾燥前の初期含水率を算出した。また、各試験体のドラインセット前後の含水率を比較することでドラインセットの含水率低下効果を評価した。また、この時点で材面に生じた割れを測定し、表面割れの初期値とした。各初期値を計測後直ちに、当森林・林業研究センター内の東向きの屋根下に積みし（図2）、天然乾燥を開始した。天然乾燥は正角、平角とも2010年3月、同12月に開始し、月に一度、寸法と重量および表面割れ発生の様子を1年間観測した。試験期間中の当セ



図1 木材乾燥機 (OHV3-8CV)



図2 天然乾燥の状況

ンター構内における温度および湿度の月平均値を表2に示す。

試験終了後に試験体の中央部と、中央から左右1m離れた箇所から試片を切り出し、全乾法により含水率を求め、その含水率から各試験体の全乾重量を(1)式により推定し、(2)式により重量測定時点における含水率を算出した。

$$W_0 = 100 \times W_{12} / (U_{12} + 100) \quad \dots (1)$$

$$U = (W_u / W_0 - 1) \times 100 \quad \dots (2)$$

$W_0$  (kg) : 試験体の推定全乾重量

$W_{12}$  (kg) : 12ヶ月経過時の試験体重量

$U_{12}$  (%) : 12ヶ月経過時に採取した試片の含水率

$U$  (%) : (1)式の推定全乾重量を元に算出した試験体の含水率

表面割れは、試験体の4材面に発生した割れの幅と長さを測定し、試験体の4材面の長さ合計に対する発生した割れの総延長の割合を割れ率(%)として評価した。割れ率の算出方法を(3)式に示す。

$$\text{割れ率}(\%) = (CL / L \times 4) \times 100 \quad \dots (3)$$

$CL$  (m) : 各材面に発生した割れの総延長

$L$  (m) : 試験体の材長

割れは幅1mm未満、1mm以上2mm未満、2mm以上3mm未満、3mm以上に区分し、発生量の評価を行った。

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 ドラインセットによる含水率変化

表3にドラインセット処理による密度及び含水率の変化を示す。ドラインセットにより材内の水分が減少し、含水率は正角全体では30.2%、平角全体では37.1%低下し、製材直後に比べかなり含水率が低下した状態で天然乾燥が開始できた。図3にドラインセット前後の正角および平角全体の含水率分布を示す。正角は、ドラインセット前に多く見られた含水率70%を超える材が、ドラインセット後には3体となり、分布のピークも30~50%に移った。平角は、ドラインセット前には100%を超える材が多く見られたが、ドラインセット後には1体のみとなった。分布のピークも30~50%に移り、依然として70%を超える材は見られるものの、ドラインセットにより正角との含水率分布の差は縮まった。また、正角および平角の標準偏差が、ドラインセット前に正角24.4、平角31.7であったものがドラインセット後には正角14.6、平角21.8となっており、スギ材を乾燥する際に問題となる<sup>14)</sup>個体間の水分量のば

表3 ドラインセット処理による密度と含水率の変化

試験体 タイプ	D-set後				D-set減少量			
	密度 (g/cm <sup>3</sup> )		含水率 (%)		密度 (g/cm <sup>3</sup> )		含水率 (%)	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
3月正角 (3m)	0.508	0.086	42.3	15.0	0.042	0.023	14.6	6.4
12月正角 (3m)	0.530	0.065	43.0	11.5	0.108	0.040	32.7	10.3
12月正角 (4m)	0.536	0.077	47.6	16.9	0.132	0.043	38.8	11.8
正角全体	0.527	0.075	44.5	14.6	0.099	0.052	30.2	13.9
3月平角 (4m)	0.530	0.093	57.1	25.3	0.128	0.031	42.9	9.6
12月平角 (4m)	0.542	0.085	53.9	18.9	0.102	0.048	32.2	13.5
平角全体	0.536	0.088	55.3	21.8	0.114	0.043	37.1	13.0

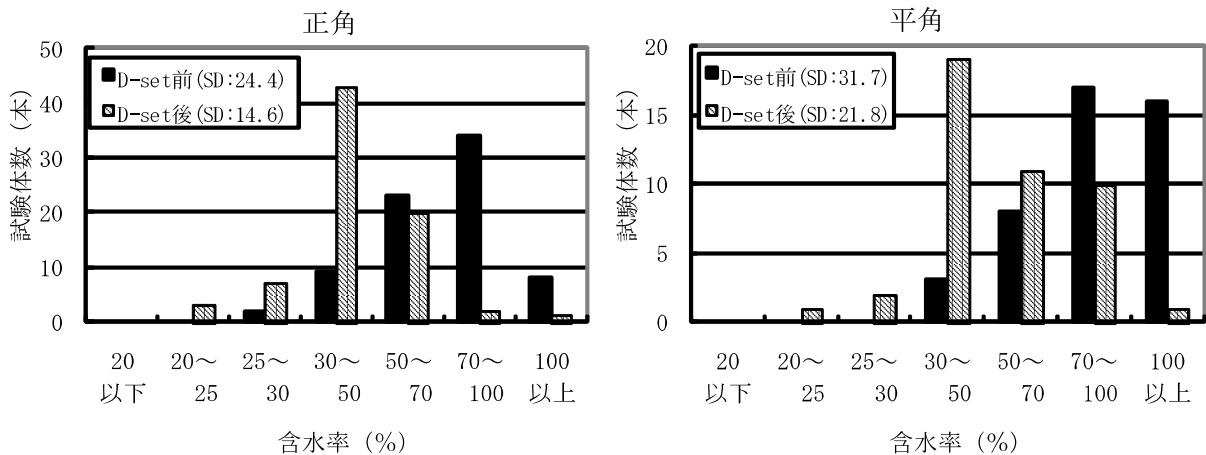


図3 D-set処理による含水率分布変化

らつきが、ドライイングセットによりかなり解消される結果となった。

図4にドライイングセット前の含水率とドライイングセットによる含水率低下量の関係を示す。ドライイングセットによる含水率低下量はドライイングセット前の含水率が高いほど大きい傾向が見られ、ドライイングセットによる含水率低下は高含水率材でより高い効果が期待できると考えられた。

また、ドライイングセットによる材内水分量の低下に伴う材重量の低下により、例えば乾燥機が併設された製材所などで、製材所から天然乾燥施設までの運搬にかかる負担の軽減なども効果として期待できる。

## 2 天然乾燥における含水率変化

### (1) 正角の含水率経時変化

図5に正角の各試験体タイプの平均含水率と天然乾燥開始時に最大含水率であった材(最大含水率材)と最小含水率であった材(最小含水率材)の経時変化を示す。いずれのタイプも天然乾燥開始後から徐々に減少し、平均含水率は含水率20%付近で含水率の変化量は少なくなった。その後、15%付近で変化はなくなり平衡含水率を迎えたと判断された。

各試験タイプの平均含水率がJASの製材含水率基準である含水率25%(D25)になるのに要した期間は、3月開始(3m)が約3ヶ月であったのに対して、12月開始(3m)は約4ヶ月と1ヶ月程度長かった。また、12月開始の4m材は平均含水率が25%になるのに約5ヶ月かかっており、12月開始の3m材よりもさらに1ヶ月長かった。同様にJASの基準である含水率20%(D20)になるのに要した期間は、3月開始(3m)が約6ヶ月であったのに対して、12月開始(3m)では約7ヶ月と1ヶ月程度長かった。12月開始の4m材も約7ヶ月で平均

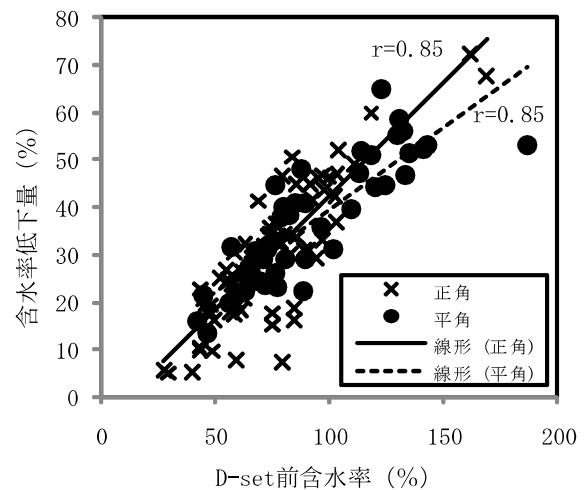


図4 D-set前含水率とD-setによる含水率低下量の関係

含水率が20%となっており、3m材との期間の差はなくなった。海本ら<sup>5)</sup>によるドライイングセット前処理を行い、9月に開始した天然乾燥試験の報告によれば、当試験と同等寸法の正角は概ね6ヶ月で平均含水率が20%程度となっており、当試験における天然乾燥期間は、3月開始ではほぼ同程度であり、12月開始では1ヶ月程度長かった。

各試験体タイプの最大含水率材は、含水率が20%になるのに、3月開始が約7ヶ月、12月開始3m材が約11ヶ月、同4m材が約9ヶ月を要した。12月開始では3m材、4m材とも天然乾燥前の含水率が高い材で、他の試験体に比べ仕上がり時期が遅れた材が最大含水率材以外に各1体見られた。一方、最小含水率材は、3月開始と12月開始3m材が約1ヶ月、4m材が約3ヶ月で含水率が20%になった。

### (2) 平角の含水率経時変化

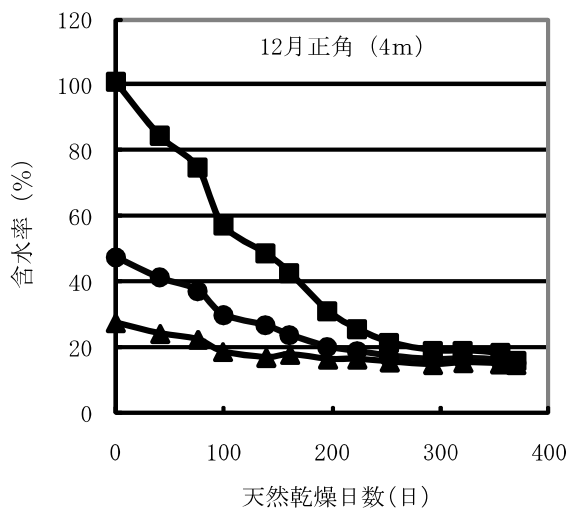
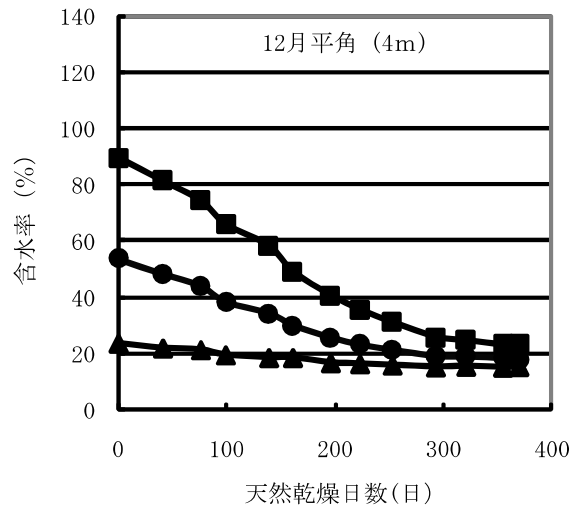
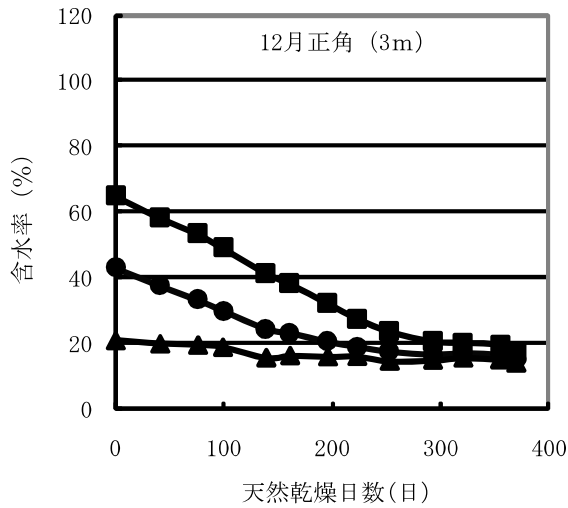
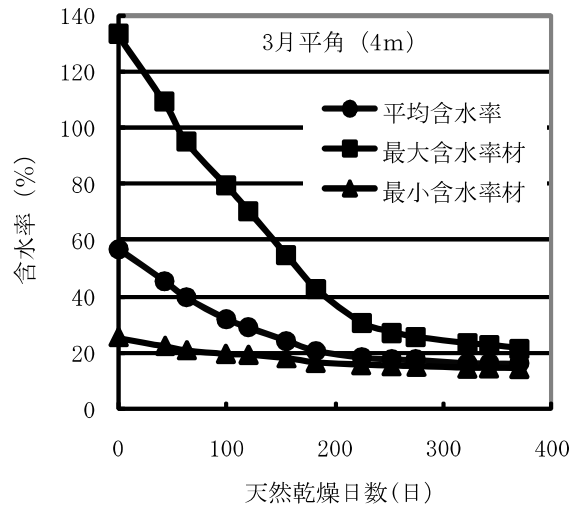
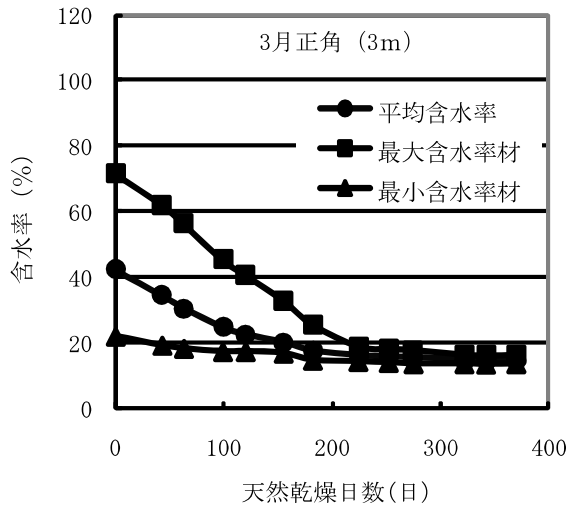


図5 各乾燥時期における含水率の経時変化（正角）  
 図6に平角の各試験体タイプの平均含水率と天然乾燥開始時に最大含水率であった材（最大含水率材）と最小含水率であった材（最小含水率材）の経時変化を示す。正角と同様に、いずれのタイプも天然乾燥開始後から

図6 各乾燥時期における含水率の経時変化（平角）  
 徐々に減少し、平均含水率は含水率20%付近で含水率の変化量は少なくなった。その後、3月開始は含水率16%付近で変化がなくなったが、12月開始は1年経過時においても約18%でまだ減少していた。

各試験タイプの平均含水率が含水率25% (D25) になるのに要した期間は、3月開始が約5ヶ月であったのに対して、12月開始は約7ヶ月と2ヶ月程度長かった。同様に含水率20% (D20) になるのに要した期間は、3月開始が約7ヶ月であったのに対して、12月開始では約9ヶ月と2ヶ月程度長かった。海本ら<sup>5)</sup>による報告では同寸法の平角は12ヶ月で平均含水率が20%程度となっており、当試験における天然乾燥期間は、3月開始では5ヶ月、12月開始では3ヶ月程度短かった。

平角の最大含水率材は、3月開始、12月開始とも1年の天然乾燥では含水率が20%に達しなかった。1年経過時で含水率が20%にならなかった材は、3月開始では1体(5%)のみであったが、12月開始では4体(17%)

あった。一方、最小含水率材は、3月開始、12月開始とも約3ヶ月で含水率が20%になった。

### (3) 天然乾燥速度

正角、平角とも12月開始が3月開始に比べ乾燥が遅れる傾向が見られたが、これらの差は乾燥初期の乾燥速度の違いにより生じたものと考えられる。3月開始(3m)と12月開始(3m)の正角における平均含水率を比べると、100日が経過するまでの間における乾燥速度は3月開始が0.18%/日、12月開始が0.13%/日と約3割12月開始が低い。この傾向は平角ではさらに顕著であり、同じく乾燥速度は3月開始が0.25%/日に対して12月開始は0.15%/日と4割12月開始が低い。木材乾燥において、特にその初期の乾燥速度は温度と湿度に大きく影響を受ける。特に気温に関して、3月開始の天然乾燥開始後3ヶ月の月平均気温が、9.9℃(2010年3月)、13.1℃(同4月)、17.7℃(同5月)であったのに対して、12月開始の開始後3ヶ月の月平均気温は、3.6℃(2011年1月)、7.4℃(同2月)、7.3℃(同3月)と低く、この要因により12月開始は3月開始に比べ乾燥が遅れたものと思われた。寺西ら<sup>13)</sup>による、スギ正角材の天然乾燥試験(ドラインセットは未実施)では冬季の天然乾燥は春期よりも約3割、夏期よりも約5割乾燥速度が落ち、秋期では約1割高いと報告されている。今回の結果

は春期と冬期のみ比較ではあるが、異なる時期における乾燥速度の低下割合は寺西ら<sup>13)</sup>の報告と一致した。

### (4) 時間経過における乾燥達成度

図7に天然乾燥経過時において、含水率が25%になった試験体の割合を試験体タイプ毎に示す。正角の各タイプの平均含水率が25%になったのは、3月開始で3ヶ月、12月開始の3m材で4ヶ月、同4m材で5ヶ月であるが、この時点で、含水率が25%になっていた試験体の割合は、3月開始で70%、12月開始の3m材で53%、同4m材で82%であった。全体の90%の材が含水率25%になったのは、3月開始で約5ヶ月、12月開始の3m材で約6ヶ月、同4m材で約7ヶ月かかり、平均含水率が25%になった期間に比べいづれのタイプも2ヶ月長かった。平角の各タイプの平均含水率が25%になったのは、3月開始で5ヶ月、12月開始で7ヶ月であるが、この時点で、含水率が25%になっていた試験体の割合は、3月開始で80%、12月開始で79%であった。全体の90%の材が含水率25%になったのは、3月開始で約6ヶ月、12月開始で約10ヶ月かかり、平均含水率が25%になった期間に比べ3月開始では1ヶ月、12月開始では3ヶ月長かった。

図8に天然乾燥経過時において、含水率が20%になった試験体の割合を試験体タイプ毎に示す。正角の各タイ

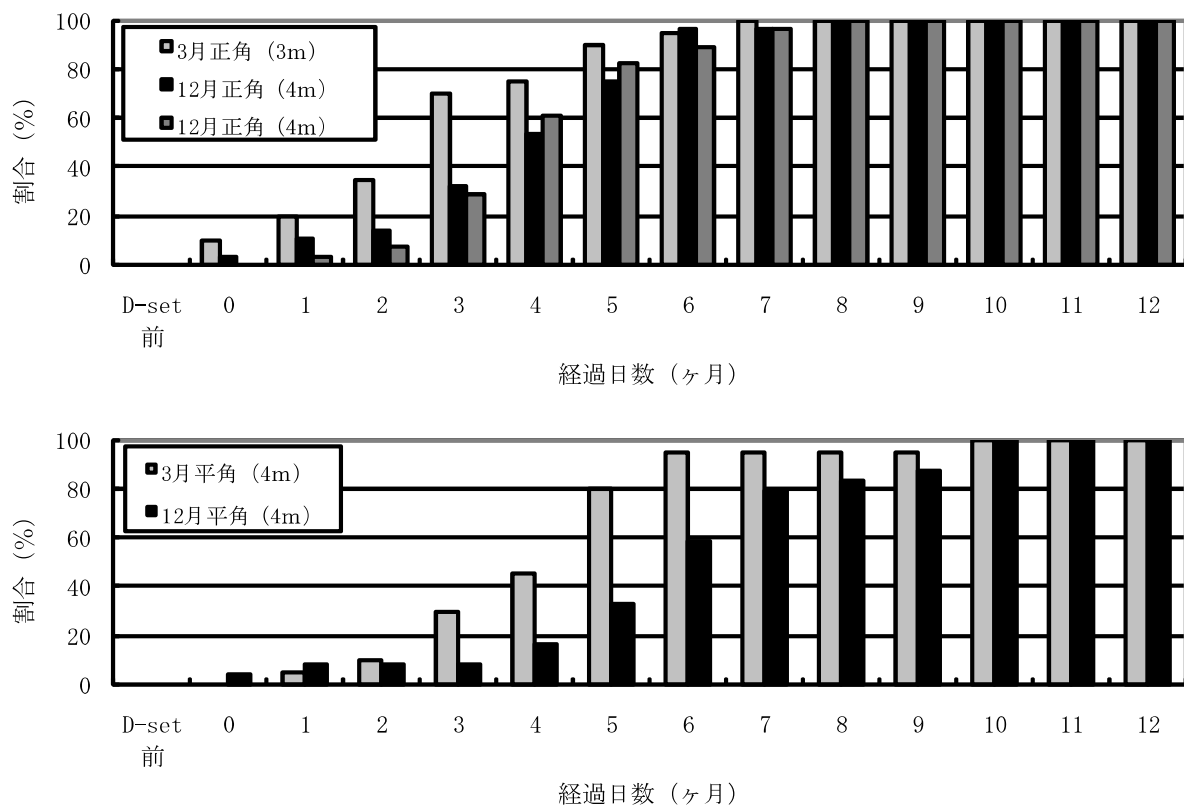


図7 天然乾燥経過時において含水率25%になった材の割合

ブの平均含水率が20%になったのは、3月開始で6ヶ月、12月開始は3m材、4m材ともに7ヶ月であるが、この時点で、含水率が20%になっていた試験体の割合は、3月開始で95%、12月開始の3m材で75%、同4m材で82%であった。12月開始が全体の90%の材が含水率20%になったのは、3m材、4m材ともに約8ヶ月で、平均含水率が20%になった期間より1ヶ月長かった。平角の各タイプの平均含水率が20%になったのは、3月開始で7ヶ月、12月開始で9ヶ月であるが、この時点で、含水率が20%になっていた試験体の割合は、3月開始で95%、12月開始で75%であった。12月開始では12ヶ月経過時においても含水率が20%となった材の割合は83%であった。

以上のことから、JAS基準に沿った乾燥材を安定的に生産するためには、1ロット内の平均含水率が目標含水率に到達後、春期開始では1ヶ月以上、冬季開始では3ヶ月以上天然乾燥を継続させる必要があるものと考えられる。

### 3 表面割れの経時変化

各試験体タイプの表面割れ発生状況の経時変化を図9に示す。正角、平角ともドラインセット時に割れが発生し、時間経過に伴い増加傾向を示した後に2mm以上の

比較的幅の広い割れが一旦閉じ、その後細かい割れが増加するといった状況が見られた。今回、乾燥初期に発生した表面割れが閉じたのは、ドラインセットされた材表面に材内部の乾燥に伴う圧縮応力が働いたためと考えられた。<sup>9)</sup>

割れの発生は、正角、平角とも3月開始で低い傾向が見られた。しかし、発生の多かった12月開始3m正角の割れはドラインセット時に発生したものであり、その後の増加は見られず、また、多くが割れ幅2mm未満の割れであり、製品上問題となるような割れではない。他の試験体タイプにおいても天然乾燥後1年経過した時点において2mm以上の割れはほとんどなかった。スギ心持ち製材は表面割れが発生しやすい材で、針葉樹の構造用製材JASで割れ指標となっている貫通割れの発生が問題となるが、当試験ではこれらの発生は見られず、天然乾燥の前処理としてのドラインセットが表面割れの抑制に効果的であることが確認できた。

### 4 まとめ

今回の結果から、前処理としてドラインセットを行った天然乾燥の乾燥特性が、乾燥時期の違いにより異なることが示された。天然乾燥の開始時期を冬期にした場合は乾燥速度が遅くなるため、JASの製材含水率基準の

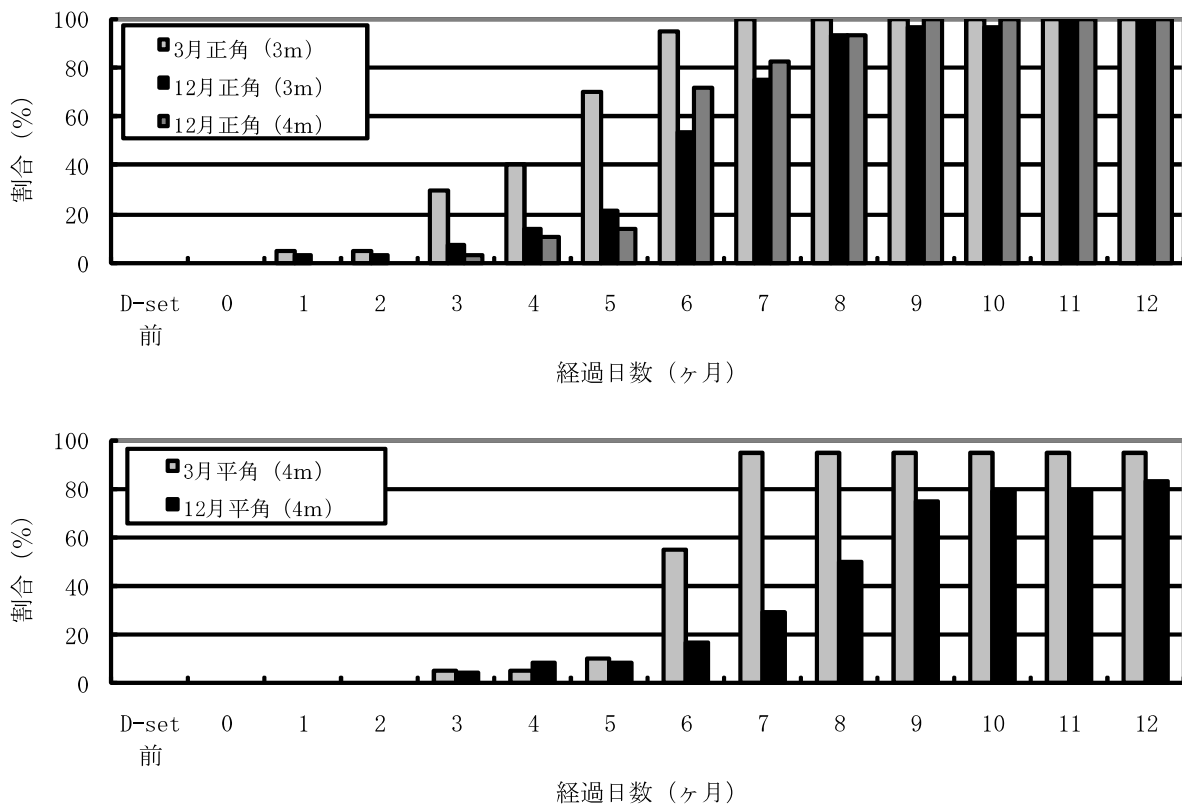


図8 天然乾燥経過時において含水率20%になった材の割合

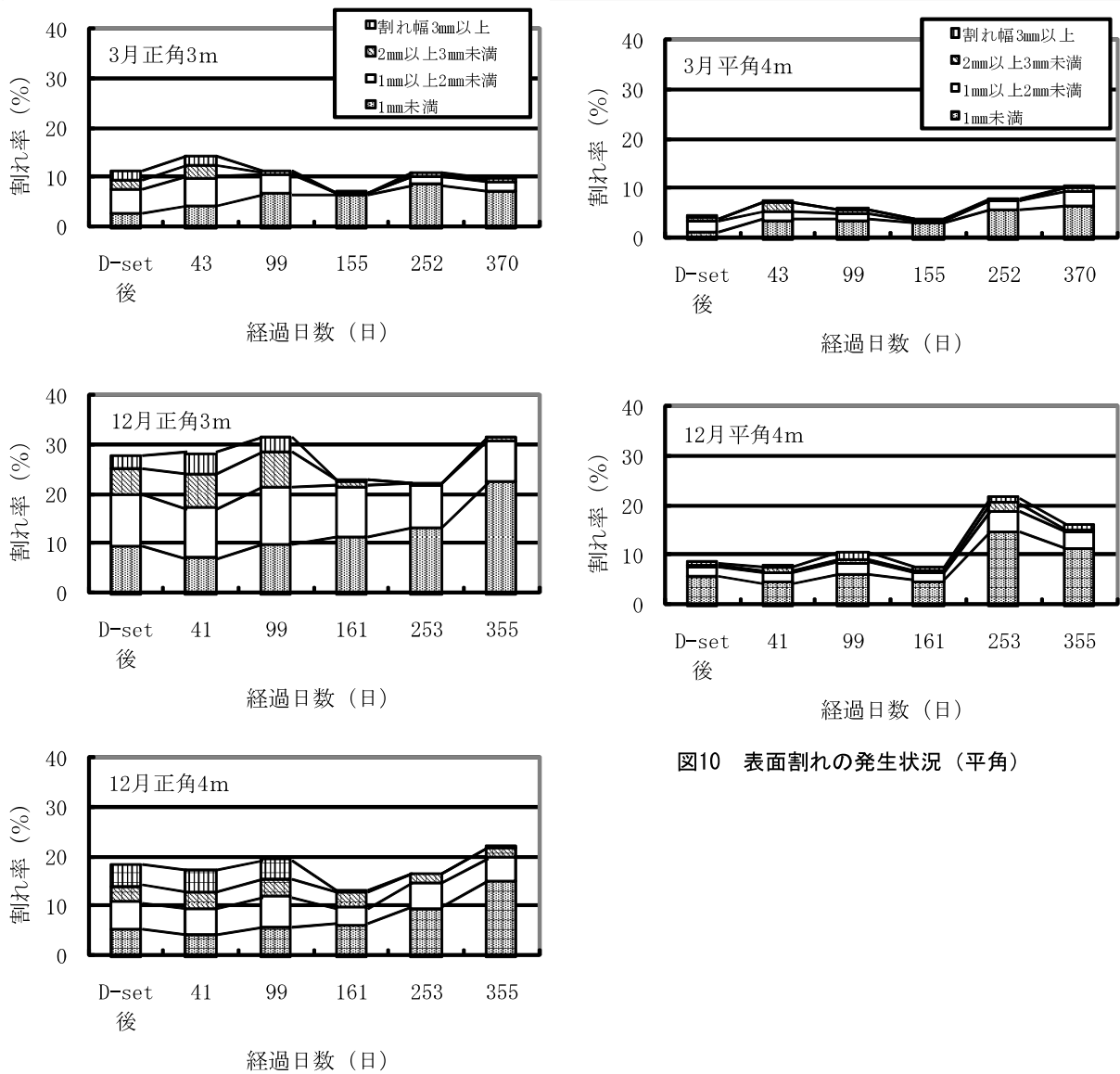


図9 表面割れの発生状況 (正角)

図10 表面割れの発生状況 (平角)

D20 あるいは D25 の乾燥材を生産するには春期に開始するのに比べ正角で 1~2 ヶ月、平角では数ヶ月長く乾燥しなければならず、天然乾燥の開始時期は乾燥材の安定生産に向けて重要な因子と言える。表面割れに関しては、表面割れが発生しやすい心持ちスギ製材においても、貫通割れなど大きな割れの発生は見られず、ドラインセットによる割れ抑制効果が正角同様<sup>1,6,8)</sup>平角についても有効であることが確認できた。

#### IV 摘要

天然乾燥技術の向上をはかるため、乾燥前処理としてドラインセットを行ったスギ心持ち製材の天然乾燥試験を異なる時期に実施し、その乾燥特性の評価を行った。ドラインセットを行ったスギ正角と平角の天然乾燥を

それぞれ 3 月と 12 月に始め、乾燥経過と表面割れの発生状況を観測した。乾燥経過に関しては、正角では 3 月開始の 9 割以上の試験体が天然乾燥開始後約 6 ヶ月で含水率 20%以下となったが、12 月開始の試験体ではその含水率にいたるまでに約 8 ヶ月を要した。平角では 3 月開始の試験体の 9 割以上が 7 ヶ月で含水率 20%以下となったのに対して、12 月開始の試験体では 1 年が経過した時点でも含水率 20%以下となったものは 8 割程度にとどまった。割れの発生に関しては、3 月開始に比べ 12 月開始で高い傾向が見られたが、いずれの場合も小さな割れが多く、ドラインセットによる割れ抑制効果が確認された。



## 引用文献

- 1) 蛭原啓文・小田久人・迫田忠芳 (2003) : 高温低湿処理スギ心持ち柱材の天然乾燥, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, 125.
- 2) 藤内崇・川島崇功・村井利恵・内山忠彦 (2005) : スギ正角材のソーラー乾燥と天乾による材面割れ比較調査, 第 55 回日本木材学会大会研究発表要旨集 (CD-ROM), F61530.
- 3) 源濟英樹・生田昌彦・野村崇 (2007) : 福井県におけるスギ横架材の天然乾燥に要する期間, 2007 年度日本木材学会中支部大会要旨集, 38-39.
- 4) 星川健史・池田潔彦 (2010) : スギ正角・平角材における天然乾燥過程とその予測, 第 60 回日本木材学会大会要旨集 (CD-ROM), E19-1030.
- 5) 池田元吉・鉢本行廣・松原武徳 (2010) : 高温セット処理と過熱養生との組合せ乾燥における杉柱材の品質と乾燥性区分, 第 60 回日本木材学会大会要旨集 (CD-ROM), PE005.
- 6) 海本一・小野広治・寺西康浩・成瀬達哉・久保健 (2006) : スギ製材品における天然乾燥前処理としての高温低湿処理について, 奈良県森林技セ研報 35, 43-48.
- 7) 的場一也・藤本登留・清水邦義・近藤隆一郎 (2010) : 高温低湿前処理条件の最適化および低温減圧乾燥との関係の試み, 第 60 回日本木材学会大会要旨集 (CD-ROM), E19-0915.
- 8) 三ヶ田雅敏・豆田俊治 (2002) : スギ心持ち柱材の天然乾燥について (Ⅲ) - 表面割れ抑制のための前処理効果 -, 九州森林研究 №55, 107-109.
- 9) 大熊幹章 (1998) : 炭素ストック, CO<sub>2</sub> 収支の観点から見た木材利用の評価, 木材工業 Vol.53, 54-59.
- 10) 小野広治・成瀬達哉・久保健 (2005) : スギ製材品の高温低湿処理によるドラインセットと脱水量について, 奈良県森林技セ研報 34, 69-73.
- 11) 信田聡 (2004) 建築用針葉樹材の天然乾燥における表面割れ発生条件の検討, 平成 12 年度～平成 15 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 4-5
- 12) 城井秀幸・青田勝・河津渉・津島俊治 (2006) : 高温低湿処理をしたスギ平角材の天然乾燥について, 第 56 回日本木材学会大会研究発表要旨集 (CD-ROM), F09-1030.
- 13) 寺西康浩・小野広治・久保健 (1997) 建築用製材品の天然乾燥, 奈良県林試木材加工資料 №26, 30-35.
- 14) 寺澤眞 (1994) : 木材乾燥のすべて, 海青社, 滋賀, 433-448.
- 15) 吉田孝久・伊東嘉文 (2010) 高温セット処理を行った柱・桁材の太陽熱乾燥—農業用ビニールハウスの利用—, 第 60 回日本木材学会大会要旨集 (CD-ROM), E19-0900.