

## スギ・ヒノキ心持ち無背割り正角に対する天然乾燥（第1報）\*1 —製材の日本農林規格に定められた含水率基準までの乾燥日数と、 乾燥後の含水率の違いがその後の寸法変化に及ぼす影響—

寺西 康浩・成瀬 達哉・谷本 達也\*2

スギ心持ち無背割り正角およびヒノキ心持ち無背割り正角から繊維方向に連続した4試験体をそれぞれ採取し、製材の日本農林規格（JAS）に定められた天然乾燥による基準（含水率30%）を含む4水準（含水率20%、25%、30%および30%以上）の含水率を目標に屋内での天然乾燥を行った。目標含水率に乾燥するまでの日数をそれぞれ調べた。また、この試験体を材面調製した後、引き続き屋内で静置し、経過にともなう寸法変化を測定した。天然乾燥後における含水率の違いがその後の寸法変化に及ぼす影響を調べた。

結果、冬季に屋内にて乾燥操作を開始した今回の検討において、製材のJASの天然乾燥による含水率基準を満たすまでの乾燥日数は、スギ材では95～202日間、ヒノキ材では22～34日間であった。また、静置中の寸法変化は、天然乾燥後の含水率が高い条件ほど大きくなった。表面割れが発生しなかった材面ではスギ材、ヒノキ材ともに見かけの収縮率は大きくなった。表面割れが発生した材面では割れ幅の拡大により寸法が増加する場合があります、ヒノキ材ではこの傾向が顕著であった。

### 1. はじめに

地球環境に関する諸問題が大きく取りあげられ、木材・木製品製造業においてもエネルギーの有効利用が求められている。木材の加工を行うにあたり不可欠となっている乾燥工程では、重油などの燃料から発生させた蒸気を熱源とする人工乾燥が行われているが、近年、木屑ボイラやヒートポンプを活用することにより、化石燃料に大きく依存しない方法で熱源を確保する取り組みも進められている<sup>1,2)</sup>。また、針葉樹構造用製材の乾燥に対して人工乾燥が普及する以前から頻繁に用いられ、現在でも一部の乾燥材生産現場で実施されている天然乾燥も、省エネルギー型の乾燥技術として位置づけられている。

このような背景のなか、2013年6月に製材の日本農林規格（以下、製材のJAS）が改正され、これまでの人工乾燥処理による含水率基準（目視等級区分構造用製材の規格における未仕上げ材の場合、15%、20%および25%）に加え、天然乾燥処理による含水率基準（30%）が追加された<sup>3)</sup>。従前、市場に流通していた天然乾燥材は品質が不明確とみなされることが多かったが、今後は、製材のJASによる所定の含水率基準を満たした製品を市場に流通させることが可能となる。広大な土地を

保有している、住宅の工期を長く設定できる、気候が温暖な地域であるといった、天然乾燥を適用して乾燥することに向いている条件<sup>4)</sup>を概ね満たす製造業者は、天然乾燥による製材のJAS規格材の生産を積極的に行うと予想される。

針葉樹構造用製材に対する天然乾燥技術については、既に幾つかの報告がある<sup>5-10)</sup>。しかし、それらは、対象とする樹種や乾燥の実施場所がそれぞれに異なった報告が多く、技術情報が十分に蓄積されているとは考えにくい。また、大壁工法が一般化された<sup>11)</sup>なか、この工法に使用する柱には背割り材が敬遠され、無背割り材が採択される場合が多いが、無背割り材に関する天然乾燥の報告例は少ない。さらに、2013年6月に改正された製材のJASで定められた天然乾燥による含水率基準は繊維飽和点近辺の値であることから、この基準を満たすための乾燥操作を明らかにして技術指針を構築することに加え、製品の寸法安定性に関する知見を得る必要もある。

そこで本研究では、スギおよびヒノキの心持ち無背割り正角を対象として天然乾燥を行い、製材のJASに定められた含水率基準を満たすための乾燥日数を調べるとともに、この基準を満たした製品のその後の寸法変化を調べた。

\*1 本研究の一部は第64回日本木材学会大会（2014年3月、松山）において発表した。

\*2 現奈良県農林部林業振興課

## 2. 材料と方法

### 2.1 材料

スギ心持ち無背割り正角（奈良県産、木口断面135×135mm、長さ4m）10本およびヒノキ心持ち無背割り正角（奈良県産、木口断面140×140mm、長さ4m）10本を使用した。それぞれから、図1に示すように、繊維方向850mmの試験体を4体ずつ採取した。試験体の採取後、両木口面はエポキシ樹脂系接着剤で直ちにシール処理した。併せて図1に示すa～eの位置で繊維方向30mmの試片を採取し、それらの含水率を全乾法で求めた。各試験体の乾燥前の含水率は、隣接する2つの試片の含水率の平均値から推定した。スギ試験体の乾燥前の推定含水率は61～120%、ヒノキ試験体のそれは33～38%であった。



図1 試験体の調製方法

注：MC20：含水率20%を目標に天然乾燥した試験体、MC25：含水率25%を目標に天然乾燥した試験体、MC30：含水率30%を目標に天然乾燥した試験体、規格外：含水率30%以上で天然乾燥を終了した試験体

### 2.2 方法

製材のJASに定められた天然乾燥による含水率基準までの乾燥日数を調べるため、また、この基準を満たした製品のその後の寸法変化を詳細に調べるため、同一の正角から繊維方向に連続して採取した4試験体に対し、4水準の含水率（以下、含水率水準という。）を目標に天然乾燥を行った。各水準の含水率は、20%、25%、30%および30%以上とした（以下、それぞれの含水率水準をMC20、MC25、MC30および規格外という）。なお、今回の検討ではスギ正角、ヒノキ正角とも10本ずつ使用したことから、各含水率水準における試験体数は10体であった。試験体の割り付けを行う際、試験体の乾燥前含水率が各水準間で差が認められないよう配慮した。図2に示すように、奈良県森林技術センター（奈良県高市郡高取町）の実験棟内に、スギ試験体およびヒノキ試験体を、それぞれ5列8段に積み重ねて乾燥操作を開始した。付近の温度と相対湿度を温・湿度データロガー（(株)ティアンドデイ製RTR-503）により計測した。乾燥操作の期間は、スギ試験体では2013年2月1日～2013年12月2日、

ヒノキ試験体では2013年2月1日～2013年6月12日であった。このときの温度と相対湿度は表1のとおりであった。乾燥操作中は、適宜、試験体の重量、繊維方向中央部付近での4材面の寸法を計測した。また、今回設定した含水率水準の違いがその後の寸法変化に及ぼす影響を詳しく考察するため、試験体に発生した表面割れの長さも計測した。重量から推定される含水率が、設定した水準に達するまで乾燥操作を続けた。

天然乾燥が終了した各試験体は、順次、木口断面を120×120mmに調製した。この断面寸法は製品としての仕上げ寸法を想定している。このとき、一端の木口から繊維方向に100mmの範囲で繊維方向30mmの試片を1体切り出し、試験体の含水率分布を把握した。試片を切り出した際に露出した木口面は再度シール処理した。また、繊維方向中央部付近に4材面の寸法を測定するための測線を改めて設定した。

材面調製後、天然乾燥の実施場所と同じ場所に改めて積み重ね、静置した。この操作は製品としての保管あるいは使用を想定しており、以下これを静置期間として、前述した天然乾燥の操作期間とは区別する。静置期間は、試験体の重量がおおよそ恒量に達したと判断されるまでとした。このときの温度と相対湿度は表2のとおりであった。静置期間中は、適宜、試験体の重量、繊維方向中央部付近での4材面の寸法および表面割れの発生量を計測した。静置終了後、繊維方向30mmの試片を切り出し、試験体の含水率を全乾法で算出した。



図2 天然乾燥の様子

表1 天然乾燥期間中の温度と湿度

樹種	スギ試験体			ヒノキ試験体		
天然乾燥実施場所	奈良県森林技術センター実験棟内(屋内)					
乾燥期間	2013年2月1日~ 2013年12月2日			2013年2月1日~ 2013年6月12日		
温度 <sup>注</sup> (℃)	4.0	<b>20.8</b>	34.0	4.0	<b>15.0</b>	28.9
相対湿度 <sup>注</sup> (%RH)	33	<b>64</b>	86	33	<b>65</b>	86

注：左より、最低値、平均値、最大値

表2 静置期間中の温度と湿度

樹種	スギ試験体			ヒノキ試験体		
天然乾燥実施場所	奈良県森林技術センター実験棟内(屋内)					
乾燥期間	2013年3月7日~ 2014年12月3日			2013年2月8日~ 2014年6月26日		
温度 <sup>注</sup> (℃)	0.4	<b>18.9</b>	34.0	0.4	<b>17.2</b>	34.0
相対湿度 <sup>注</sup> (%RH)	33	<b>63</b>	88	33	<b>62</b>	87

注：左より、最低値、平均値、最大値

### 3. 結果と考察

#### 3.1 天然乾燥での乾燥日数、寸法変化および表面割れの発生状況

天然乾燥の前後における試験体の含水率と、目標とした含水率水準までの乾燥日数を表3に示す。スギ試験体、ヒノキ試験体とも、含水率水準が高い条件ほど乾燥日数は短かった。乾燥前の含水率にばらつきが見られたスギ試験体の場合、各含水率水準までの乾燥日数にも大きなばらつきが見られた。MC30の試験体での乾燥日数、すなわち製材のJASの天然乾燥による含水率基準を満たすまでの所要乾燥日数は、冬季に屋内にて乾燥操作を開始

した今回の検討では、スギ試験体は95~202日間、ヒノキ試験体では22~34日間であった。スギ材の場合、製材のJASの天然乾燥による含水率基準を満たすための乾燥操作を行う場合であっても、あらかじめ選別を実施するなど、乾燥前の含水率のばらつきに対処するための管理が必要と考えられた。

乾燥前、天然乾燥後および材面調製直後における表面割れの発生状況について、スギ試験体での結果を図3に示す。この図では表面割れ長さの総計を、目標とした含水率水準別に、また、表面割れの幅別に整理している。なお、ここでいう表面割れ長さの総計とは、各含水率水準へ供した全試験体(10体)に発生した表面割れの長さをすべて足したものである。図3によると、乾燥前では全ての含水率水準において表面割れは存在していなかった。天然乾燥後では、MC30、MC25およびMC20の試験体の表面割れ長さは、規格外のそれに比べて大きかった。しかし、それらの一部は材面調製の工程で削り落とされ、材面調製直後の表面割れ長さは天然乾燥後のそれに比べて小さくなった。また、このときの表面割れについて、目標とした含水率水準の違いにも着目すると、MC20の試験体に発生した表面割れは、MC30およびMC25のそれに比べ、幅3.1mm以上の割れなど、幅の広いものが多く含まれていた。同様に、ヒノキ試験体の結果を図4に示す。ヒノキ試験体の場合、いずれの含水率水準においても、表面割れ長さはスギ試験体でのそれに比べて小さく、また、材面調製の前後で割れ長さに大きな変化は見られなかった。ヒノキ材に発生した表面割れはスギ材に比べて放射方向に深いものが多かったため、割れ長さについては材面調製による影響を大きく受けなかったと考えられる。なお、割れの幅についてはスギ試験体での結

表3 天然乾燥操作前後の含水率および乾燥に要した日数

樹種	含水率水準	乾燥前含水率 (%)		乾燥後含水率 (%)		乾燥期間 (日)
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
スギ試験体	規格外	93.9	14.6	69.8	12.3	34
	MC30	89.0	17.5	28.3	3.4	95~202
	MC25	89.0	18.0	24.1	1.9	111~202
	MC20	90.8	17.5	18.6	1.9	173~301
ヒノキ試験体	規格外	35.5	1.3	33.4	1.5	7
	MC30	34.9	1.2	28.9	1.5	22~34
	MC25	35.0	1.6	24.4	1.7	66~76
	MC20	35.2	1.4	20.7	1.1	111~131

注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

果と同様、含水率水準の違いにより差が見られ、MC20の試験体に発生した表面割れは、MC30およびMC25のそれに比べ、幅の広いものが多く含まれていた。

天然乾燥後における見かけの収縮率について、寸法を測定した位置に表面割れが発生していたか否かに区分した結果を表4に示す。スギ試験体の場合、規格外では、表面割れが発生しなかった材面よりも表面割れが発生した材面の方が少なかった。これに対して、MC30、MC25およびMC20では、表面割れが発生した材面が多く、複数の材面に表面割れが発生した試験体も見られた。そのため、スギ試験体では割れ幅の拡大にともなう変形が特定の材面に集中することはなく、割れ発生が見かけの収縮率に大きな影響を及ぼすことはなかった。ただし、目標とした含水率水準の違いによる差は認められ、含水率水準が低い条件ほど見かけの収縮率の平均は大きくなった。一方ヒノキ試験体の場合、いずれの含水率水準においても、表面割れが発生した材面の方が少なかった。割れ幅の拡大にともなう変形が特定の材面に集中するケースが多く、見かけの収縮率は割れの有無により変化した。すなわち、表面割れの発生した材面の寸法は増加し、表面割れが発生しなかった材面は収縮した。この傾向は、目標とする含水率水準が低い条件ほど顕著であった。

以上のように、天然乾燥に伴う寸法変化については、目標とする含水率水準あるいは樹種によって差が見られた。すなわち、含水率水準が低い条件ほど、スギ材、ヒノキ材ともに見かけの収縮率は大きく、スギ材とヒノキ材を比較すると、ヒノキ材は割れ幅が広がることによる変形が、特定の材面に集中するケースが多く、この材面の寸法は増加した。なお、天然乾燥後の材面調製により材の変形および一部の表面割れは除去される。しかし図5に示すように、材面調製後、含水率水準によっては材内に含水率傾斜が見られた。そのような材では、その後の含水率の低下にともなう寸法変化が再び生じるおそれがある。これについては、次項で考察する。

### 3.2 静置期間中における寸法変化と表面割れの発生状況

天然乾燥後、木口断面を120×120mmに材面調製したスギ試験体について、静置期間中の表面割れの変化を図6に示す。この図では、表面割れ長さの総計を含水率水準別に、また、表面割れの幅別に整理している。また、経過にともなう含水率の変化も併せて示している。図6によると、規格外の試験体の場合、静置開始時では表面割れはほとんど見られなかったが、経過とともに表面割れ長さが増加し、幅の広いものの割合が多くなった。これに対して、MC30、MC25およびMC20の試験体の場合、静置開始時から既に表面割れが発生していたため、経過に

ともなう表面割れ長さの変化について、規格外の試験体ほどの増加は見られなかった。一方で、表面割れの幅については、規格外の試験体での場合と同様、経過とともに幅の広いものの割合が多くなった。また、いずれの含水率水準においても、試験体の平均含水率が20%以下になると、表面割れ長さはほぼ一定になった。同様に、ヒノキ試験体の結果を図7に示す。ヒノキ試験体についても、規格外、MC30およびMC25の試験体において、経過とともに表面割れ長さが増加し、幅の広いものの割合が多くなる様子が見られた。一方で、MC20の試験体においては、静置開始時から既に幅3.1mm以上の割れなど幅の広いものが大半を占めており、経過にともなう割れ長さの変化は見られなかった。また、いずれの含水率水準においても、ヒノキ試験体に発生した割れ長さはスギ試験体のそれらよりも少なかった。

静置期間中における試験体の含水率と見かけの収縮率との関係を図8に示す。なお、この図では、スギ試験体による結果を含水率水準別に、また、寸法を測定した位置に表面割れが発生したか否かに区分して示している。図8によると、表面割れが発生しなかった材面の場合、いずれの含水率水準においても、含水率の低下にともない見かけの収縮率は単調に増加した。含水率が平衡状態に達した時点の見かけの収縮率は、含水率水準が高い条件ほど大きく、規格外の試験体では1.9%、MC30では1.5%、MC25では1.4%、MC20では0.8%であった。これに対して、表面割れが発生した材面の場合、割れ幅の拡大が見られたため、見かけの収縮率は表面割れが発生しなかった材面のそれに比べて小さく、かつ、ばらつきが

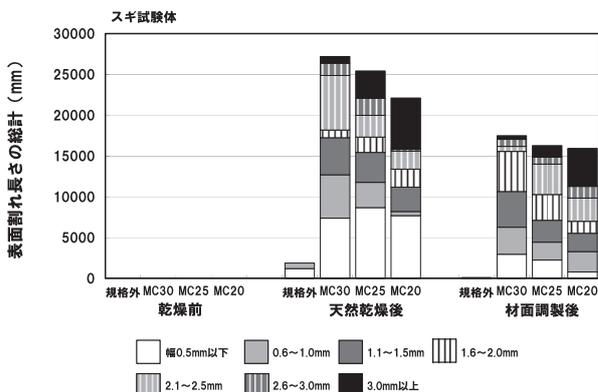


図3 スギ試験体に発生した表面割れ長さの総計

注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

注：表面割れ長さの総計とは各含水率水準へ供した全試験体（10体）に発生した表面割れの長さを全て足したものの

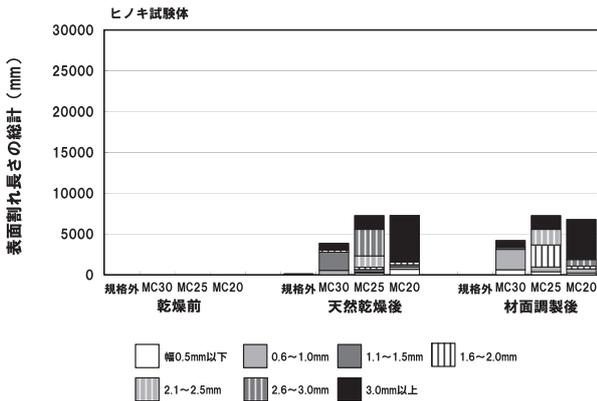


図4 ヒノキ試験体に発生した表面割れ長さの総計  
 注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照  
 注：表面割れ長さの総計は図2の注を参照

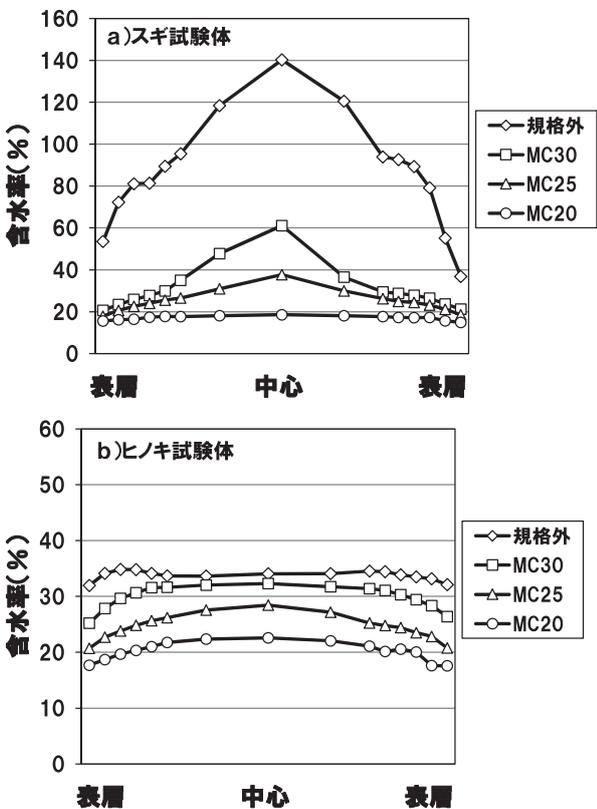


図5 材面調製直後の含水率分布  
 注：各含水率は、スギ試験体、ヒノキ試験体とも10体の平均値  
 注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

大きくなった。また、いずれの含水率基準においても、静置期間中に材面の寸法が増加した試験体が出現した。含水率が平衡状態に達した時点の見かけの収縮率の平均は、規格外の試験体では1.0%、MC30では0.9%、MC25では0.6%、MC20では0%であった。同様に、ヒノキ試験体の結果を図9に示す。表面割れが発生しなかった材面ではスギ試験体での結果と概ね同様の傾向が認められた。含水率が平衡状態に達した時点の見かけの収縮率の平均は、規格外の試験体では2.3%、MC30では2.0%、MC25では1.3%、MC20では1.0%であった。これに対して、表面割れが発生した材面では、含水率の低下にともなう寸法が一旦増加した。このときの増加量は、スギ試験体での結果に比べて大きかった。天然乾燥の際にも見られたように、ヒノキ材では割れの拡大にともなう変形が特定の材面に集中するが多かったためと推測される。また、この材面では、試験体の含水率が20%を下回ると収縮に転じる様子も観察された。熊谷<sup>12)</sup>は背割りの施されたヒノキ心持ち正角について天然乾燥中の内部応力の変化を調べ、含水率20%程度で応力の転換が見られたことを報告している。この既往の研究結果から、本研究のヒノキ試験体についても含水率20%前後で材表層の乾燥応力が引張から圧縮に転換したと推測される。なお、含水率が平衡状態に達した時点の見かけの収縮率の平均は、規格外の試験体では0.4%、MC30では0.4%、MC25では0.2%、MC20では0.3%であった。

以上のように、静置期間中における寸法変化については、含水率水準、樹種および表面割れの有無により違いが見られる場合があった。含水率水準が高い条件ほど静置期間中での含水率の変化が大きく、表面割れが発生しなかった材面ではスギ材、ヒノキ材ともに見かけの収縮率は大きくなった。表面割れが発生した材面では割れ幅の拡大にともなう寸法が増加する場合があります、ヒノキ材ではこの傾向が顕著であった。近年、構造用製材の寸法精度の向上は重要な課題である。したがって、製品に付与すべき寸法安定性を本研究の結果から検討し、求める

表4 天然乾燥後における見かけの収縮率

樹種	寸法を測定した位置での表面割れ発生の有無	測定数(面)	規格外			MC30			MC25			MC20					
			みかけの収縮率(%)			みかけの収縮率(%)			みかけの収縮率(%)			みかけの収縮率(%)					
			最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大			
スギ試験体	割れ有り	5	0.27	0.36	0.49	34	-0.10	0.70	1.63	31	-0.36	0.73	1.52	33	-0.19	1.21	2.25
	割れ無し	35	-0.02	0.15	0.49	6	0.60	0.81	1.19	9	0.60	0.96	1.36	7	1.44	1.73	2.02
ヒノキ試験体	割れ有り	0	-	-	-	5	-0.66	-0.19	0.04	8	-0.67	-0.24	0.20	8	-1.69	-0.54	0.96
	割れ無し	40	0.01	0.14	0.79	35	0.12	0.49	1.55	32	0.34	1.06	1.57	32	1.03	1.66	2.64

注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

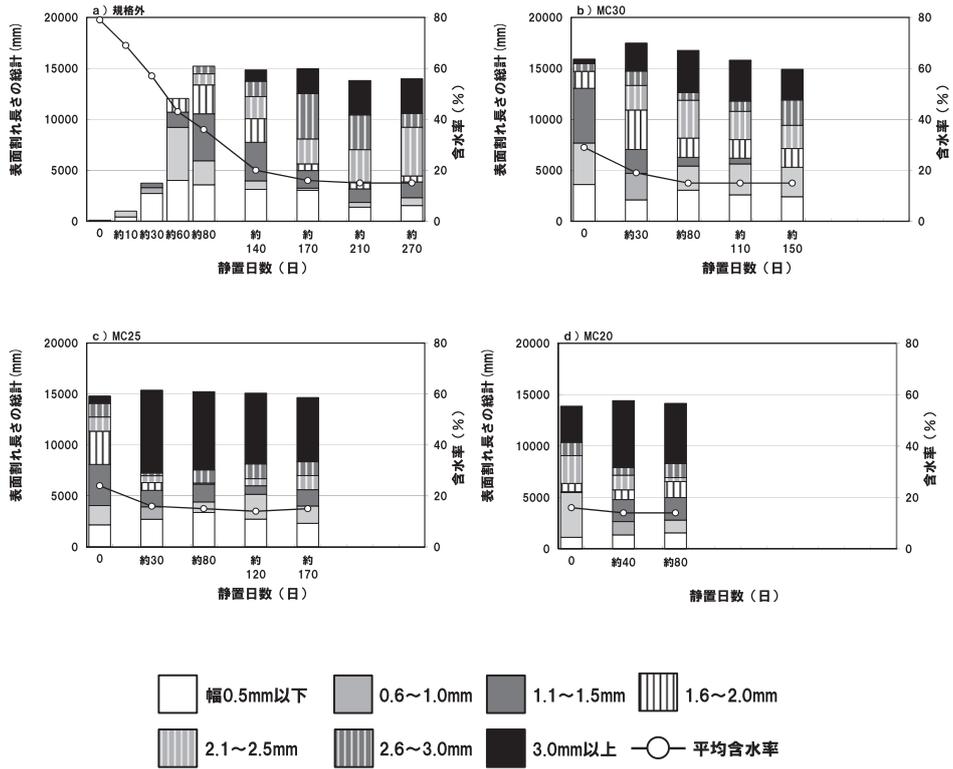


図6 静置期間中の表面割れ長さの変化 (スギ試験体)

注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

注：表面割れの長さの総計は図2の注を参照

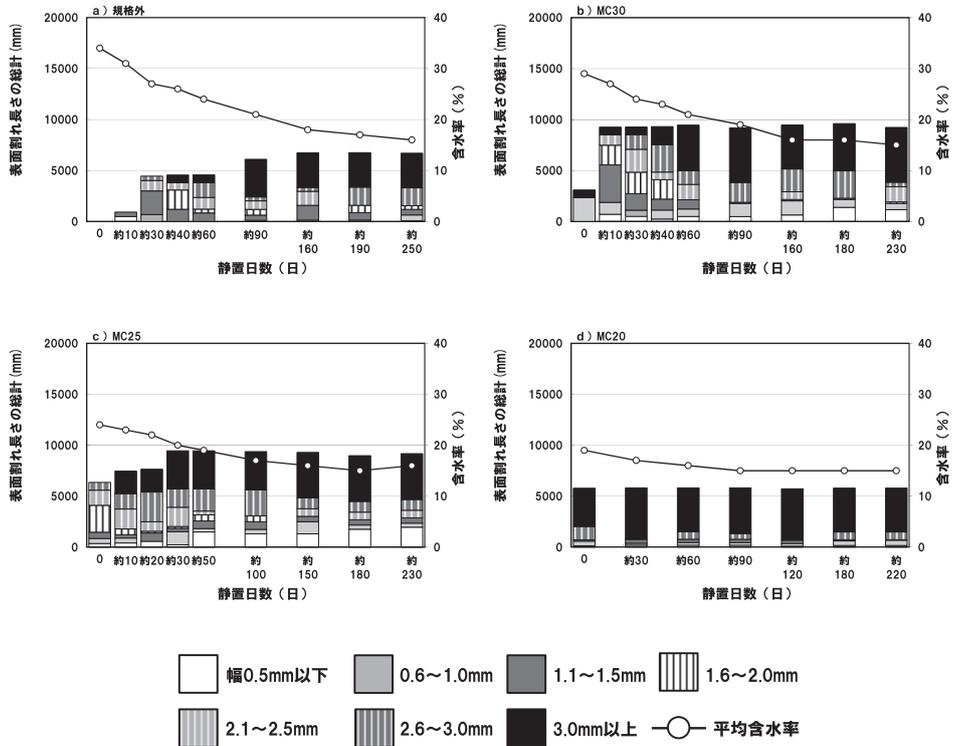


図7 静置期間中の表面割れ長さの変化 (ヒノキ試験体)

注：規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

注：表面割れの長さの総計は図2の注を参照

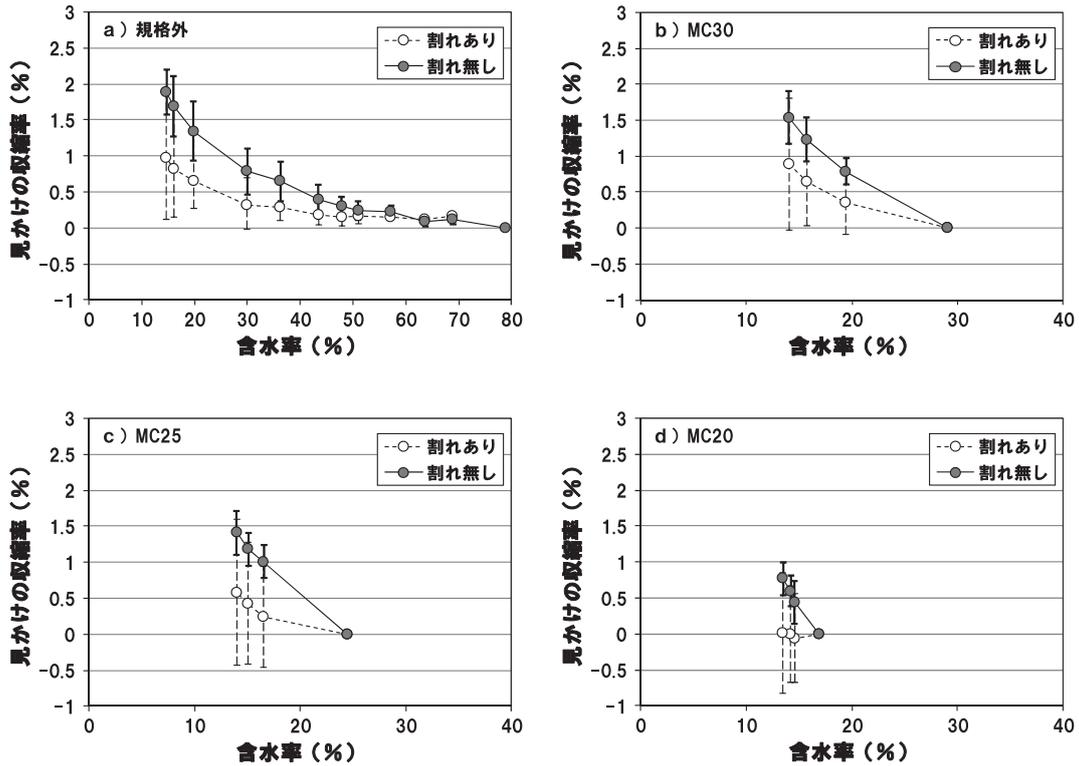


図8 静置期間中の含水率と見かけの平均収縮率との関係(スギ試験体)

注: 図中のマーカーは平均値を示す。また、エラーバーは標準偏差を示す。

注: 規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

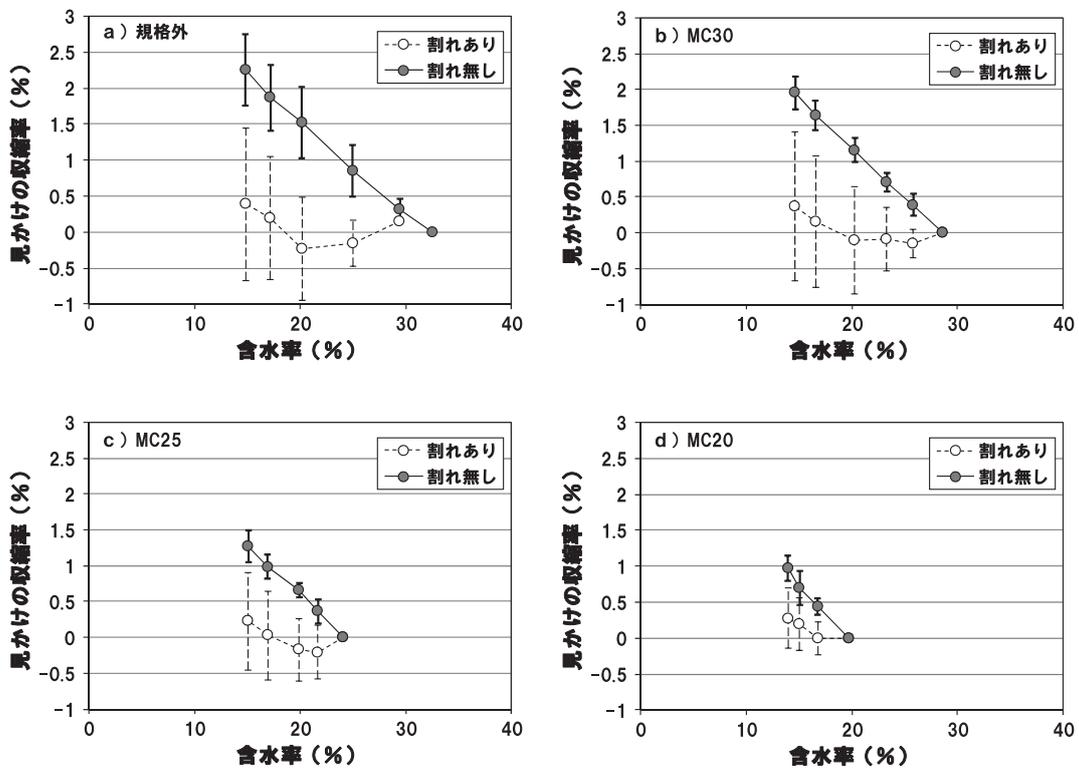


図9 静置期間中の含水率と見かけの平均収縮率との関係(ヒノキ試験体)

注: 図中のマーカーは平均値を示す。また、エラーバーは標準偏差を示す。

注: 規格外、MC30、MC25およびMC20は、図1の注を参照

性能が満たされていると判断される含水率水準を天然乾燥時の目標に設定する必要がある。このとき、より高い寸法安定性が必要とされるのであれば、内部応力の転換が期待できる含水率20%を天然乾燥時の目標に設定すべきと考えられる。

なお、乾燥材の品質を評価する際、寸法変化に加え、表面割れの発生状況も一つの指標となる。製材のJASでは表面割れの基準は規定されていないが、それぞれの地域で運用される地域材認証制度では割れの基準が規定されている例があり、奈良県においても奈良県地域材認証センターによって、表面割れの基準が定められている<sup>13)</sup>。今回の検討では、含水率が平衡状態に達した時点の割れ長さについて、目標とした含水率水準による差は認められなかった。しかし、この結果は繊維方向850mmの試験体によるもので、それらから製品の割れの発生状況を推定・評価することは困難である。製品の割れに対する評価については次報以降で報告する。

## まとめ

スギ心持ち無背割り正角およびヒノキ心持ち無背割り正角から繊維方向に連続した4試験体をそれぞれ採取し、製材のJASに定められた天然乾燥による基準を含む4水準の含水率を目標に屋内での天然乾燥を行った。各含水率水準に乾燥するまでの日数をそれぞれ調べた。またこの試験体を材面調製した後、引き続き屋内で静置し、天然乾燥後における含水率の違いがその後の寸法変化に及ぼす影響を調べた。

冬季に屋内にて操作を開始した今回の検討において、製材のJASの天然乾燥による含水率基準を満たすまでの乾燥日数は、スギ試験体では95~202日間、ヒノキ試験体では22~34日間であった。スギ材の場合、製材のJASの天然乾燥による含水率基準を満たすための乾燥を行う場合であっても、あらかじめ選別を実施するなど、乾燥前の含水率のばらつきに対処するための管理が必要と考えられた。

天然乾燥にともなう寸法変化については、スギ材、ヒノキ材とも、目標とした含水率水準が低い条件ほど見かけの収縮率は大きくなった。含水率水準が高い条件では、材内に含水率傾斜が見られ、そのような材では、その後の含水率の低下にともなう寸法変化が再び生じるおそれ懸念された。

天然乾燥後、材面調製を経て屋内に静置されたスギ材、ヒノキ材の寸法変化については、目標とした含水率水準が高い条件ほど、すなわち、天然乾燥時に十分な含水率

低下と寸法変化が見られなかった条件ほど、静置期間中の含水率の変化が大きく、表面割れが発生しなかった材面ではスギ材、ヒノキ材とも見かけの収縮率は大きくなった。表面割れが発生した材面では割れ幅の拡大にとともに寸法が増加する場合があります、ヒノキ材ではこの傾向が顕著であった。製材品として、より高い寸法安定性を求められる場合は、内部応力の転換が期待できる含水率20%を天然乾燥時の目標に設定すべきと考えられた。

## 引用文献

- 1) 齋藤周逸：ヒートポンプ装置による除湿式乾燥の研究開発.木材工業.68 (3) ,98-103 (2013)
- 2) 豆田俊治ほか：ヒートポンプ温水器等を活用した温水式中温乾燥機の試作.第65回日本木材学会大会発表要旨集, 77 (2015)
- 3) “製材の日本農林規格”,農林水産省告示第1920号 (2013)
- 4) 信田聡：天然乾燥.木材工業.66 (7) ,290-295 (2011)
- 5) 野原正人ほか：針葉樹材の天然乾燥速度について.岐林セ研報.5,31-48 (1977)
- 6) 野呂田隆史ほか：針葉樹製材品の天然乾燥試験 (第2報).林産試月報.364,9-13 (1982)
- 7) 信田聡：トドマツ人工林材の乾燥試験 (第1報).林産試月報.392,1-9 (1984)
- 8) 三好誠治ほか：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.15,52-66 (1994)
- 9) 寺西康浩ほか：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 (1997)
- 10) 中嶋康ほか：天然乾燥したアカマツ平角材の修正挽き後の寸法変化とねじれ評価.木材学会誌.58 (3) ,118-124 (2012)
- 11) 林野庁編：“第4章 林産物需給と木材産業”.平成20年版森林・林業白書.東京,社団法人日本林業協会,2009,125.
- 12) 熊谷洋二：ヒノキ柱材のひき直しに関する研究.岐林セ研報.4,49-59 (1976)
- 13) 奈良県地域材認証センター：<http://www.narainshozai.jp/outline/outline.htm> 2015年3月31日参照.

(2015年4月15日受理)