

県産材の加工技術の開発

— 柱・鴨居材の天然乾燥試験 —

(県単課題 平成4年～8年)

遠 藤 啓二郎

高 橋 宏 成

中 島 剛

(平成8年3月退職)

目 次

I はじめに	136
II 試験方法	136
1. 天然乾燥における効率的乾燥方法の検討	136
2. 柱、鴨居材の時期別天然乾燥試験	137
III 結果と考察	138
1. 天然乾燥における効率的乾燥方法の検討	138
2. 柱、鴨居材の時期別天然乾燥試験	139
(1) 柱材の乾燥	139
(2) 鴨居材の乾燥	142
(3) 天然乾燥による割れの発生と材の収縮	143
(4) 重量推定含水率と水分計含水率との関係	144
IV ま と め	146
V 引用文献	147

要 旨

針葉樹製材品の天然乾燥による効率的な乾燥方法の検討と時期別の含水率減少傾向を把握することを目的として、スギの柱材と鴨居材を用いて天然乾燥試験を行った。天然乾燥による効率的乾燥方法の検討として、元口上立て掛け、元口下立て掛け、横積みの3種の放置方式による含水率減少傾向の違いを調べたが、方式別の乾燥傾向の違いは見られず、立て掛け乾燥による元・末口の上下は乾燥性には影響を与えないことがわかった。時期別の乾燥傾向は、柱材は初期含水率の影響によるものと思われる供試材ごとの仕上がり含水率のバラツキが大きかったことが原因で、目標仕上がり含水率までの乾燥日数を完全には把握することができなかった。鴨居材においては、柱材のような供試材ごとの目標含水率までの乾燥日数の違いは認められず、最も乾燥日数を要した冬期においても約8週間で目標含水率まで概ね均一に仕上がり、乾燥による割れもほとんど発生しなかった。

1997年7月14日 受理

I はじめに

近年、建築用針葉樹材において、乾燥材に対する関心が高まりつつある。その背景としては、大手ハウスメーカーを中心とした耐震性の向上や建築コストの低減に対する取組みが進むなかで、寸法や強度の安定した乾燥材や集成材の需要が増大していることなどがあげられる。しかし、我が国、そして本県においても国産材の主要樹種となっているスギは、個体間における含水率のバラツキが大きいことなどから乾燥が難しい材とされ、乾燥コストも割高となるため、需要者のニーズに見合った乾燥材の供給がなされていないのが現状である。また、品質的に優れたスギの乾燥材を生産するためには、人工乾燥が必要不可欠とされており、それに対する研究も数多く報告されている^{1) 2) 3)}。しかしながら、県内の木材関係業界においては、人工乾燥施設の導入が立ち遅れているのが現状であることや、問題とされる人工乾燥コストの低減を図る必要性から、天然乾燥による乾燥傾向や材の損傷状態を把握し、乾燥材の生産行程の中で天然乾燥によって代替できる部分について検討する必要があると思われる。また、今までにもスギ製材品の天然乾燥による時期別の乾燥日数などに関する報告はなされているが^{4) 5)}、その報告は人工乾燥によるものに比べると少ない、さらに地域別の気象条件の違いもあることから、本県における天然乾燥による乾燥特性を調査した。

本研究では、天然乾燥による効率的な乾燥方法の検討と本県における時期別の含水率減少傾向や材の損傷程度を把握するための基礎資料を得ることを目的として、スギ製材品の中でも構造材、造作材を代表する柱、鴨居材の天然乾燥試験を実施し、3種の放置方式について乾燥特性の比較を行った。また、春期、秋期、冬期の3時期において、時期別の含水率減少傾向と天然乾燥による材の損傷および収縮について調査を行ったので報告する。

II 試験方法

1. 天然乾燥における効率的乾燥方法の検討

(1) 試験方法

試験は、本場内の木材加工棟軒下において行った。軒下は東側に面し、午前の時間帯に若干直射日光が当たる。また軒（屋根）部分は1.8mあり、雨はほとんど当たらず、地面にはコンクリートが施行されている。それらの環境下で、柱材は、材の元口を上にして立て掛けたもの（元口上）、元口を下にして立て掛けたもの（元口下）、一般に行われる横積みを行ったもの（横積み）の3種の放置方式について含水率減少傾向を比較検討した。また、鴨居材は元口と元口下の2種の方式により比較を行った。なお、詳しい試験実施時期、供試本数について表-1に示す。

表-1 放置方式別の試験概要

材種	放置方式	試験実施期間	乾燥日数（日）	供試本数（本）
柱材	元口上	92' 11/16 ~ 93' 1/6	51	8
	元口下			8
	横積み			8
鴨居材	元口上	92' 9/11 ~ 92' 10/9	29	20
	元口下			20

(2) 供試材

柱材は会津若松市大戸町黒森地内より伐採したスギを心持ちの11cm正角に製材したものをを用い

た。なお材長は2.5mとした。鴨居材は県南産の生材製品（4.5cm×10.5cm×3.65m）を購入して用いた。

(3) 含水率の測定方法

柱材は乾燥試験開始時に材の両木口面から幅3cmの試験片を採取し、それらの全乾法による含水率から供試材1本ごとの全乾重量を推定した。そして乾燥初期は1週間毎、その後は2週間毎に供試材の重量を測定し、各測定時期の含水率を算出した。

鴨居材は試験終了後に元・末口から採取した試験片の全乾法による含水率と1週間ごとの重量から各測定時期の含水率を算出した。

2. 柱、鴨居材の時期別天然乾燥試験

(1) 供試材

柱、鴨居材ともに中通り地域産のスギ生材製品を購入して供試材とした。原木の伐採時期は不明であるが、各試験開始日もしくは前日に製材されたものを入手した。柱材は背割りを施行した心持ちの正角材（寸法：10.5cm×10.5cm×3m）、鴨居材は心材、辺材の混合した木取りのもの（寸法：4.5cm×10.5cm×3.65m）を用いた。供試本数は各試験実施時期ごとに柱材20本、鴨居材15本とした。

(2) 乾燥方法

本場内の木材加工棟軒下において、柱材は背割りと反対側の材面を、鴨居材は木裏側の材面を表に向けた状態で立て掛け、天然乾燥試験を行った（写真-1）。試験は、春期（平成8年5月9日開始）、秋期（平成



写真-1 柱、鴨居材の立て掛けによる天然乾燥

8年9月4日開始）、冬期（平成9年1月14日開始）の3期間について行い、目標仕上がり含水率を柱材25%、鴨居材18%に設定し、供試材の平均含水率が目標仕上がり含水率に概ね達するまで継続して試験を行った。詳しい試験実施期間について表-2に示す。

表-2 時期別の天然乾燥試験の概要

材種	時期	試験実施期間	乾燥日数（日）	供試本数（本）
柱材	春期	96' 5/ 9～96' 6/ 6	28	20
	秋期	96' 9/ 4～96' 11/13	70	20
	冬期	97' 1/14～97' 3/25	70	20
鴨居材	春期	96' 5/ 9～96' 6/ 7	29	15
	秋期	96' 9/ 4～96' 10/ 9	35	15
	冬期	97' 1/14～97' 3/10	55	15

(3) 測定項目

ア 含水率

全ての供試材の重量を試験開始から1週間おきに測定し、試験終了時に両木口面から30cm内側の部位と材の中央部から試験片を採取して全乾法により含水率を求め、その全乾法含水率と材重量から計算により1週間ごとの含水率を求めた。また重量測定と併せて、試験片採取位置近辺の部位における2材面の含水率を高周波式木材水分計(ケット・モコー2)を用いて測定し(計6カ所)、その平均値を求め、両者の含水率測定値の違いを調べた。

イ 心材率

乾燥開始日に材の元、末口より幅3cmの試験片を採取し、その平均値を測定値とした。

ウ 平均年輪幅

心材率と同様に測定した。

エ 収縮率

供試材の中央部において、柱材は背割り面とその反対側の材面の幅を、鴨居材については幅(接線方向)と厚さ(半径方向)を1週間ごとに測定し乾燥終了時までの収縮率を求めた。なお秋期と冬期の柱材については背割り幅も測定し、その変化を調べた。

オ 割れ

1週間ごとに木口にかかる材面割れ(以下、木口割れ)と材面割れに分けて、柱、鴨居材ともに全材面において割れの長さを測定した。なお割れ幅の微小なもの(ヘヤークラック)については除外して測定を行った。

III 結果と考察

1. 天然乾燥における効率的乾燥方法の検討

表-3に放置方式の初期含水率と終了時含水率を示す。平均初期含水率は柱、鴨居材ともに方式別の差はあまりなかった。また

図-1に放置方式別の平均含水率の減少傾向を示す。柱、鴨居材ともに立て掛け方の違いによる含水率減少傾向の違いはほとんど認められず、どの方式においても一般的な減少経過を示し、終了時における平均含水率は、柱材が51日間の乾燥で元口上、元口下、横積みの順にそれぞれ28.6%、27.6%、30.8%、鴨居材が29日間の乾燥で元口

表-3 乾燥方法別の初期含水率および終了時含水率

材種	乾燥方法	項目	初期含水率(%)	終了時含水率(%)
柱材	元口上	平均値	84.6	28.6
		最大~最小	(96.8~75.4)	(32.5~25.8)
		標準偏差	6.8	3.4
	元口下	平均値	86.9	27.6
		最大~最小	(98.2~71.4)	(34.4~17.5)
		標準偏差	7.3	5.1
横積み	平均値	83.5	30.8	
	最大~最小	(95.3~65.2)	(39.9~23.8)	
	標準偏差	10.1	5.6	
鴨居材	元口上	平均値	81.0	18.5
		最大~最小	(149.3~37.0)	(21.1~17.3)
		標準偏差	35.8	1.0
	元口下	平均値	79.1	18.2
最大~最小		(127.6~45.1)	(23.1~16.6)	
		標準偏差	25.6	1.4

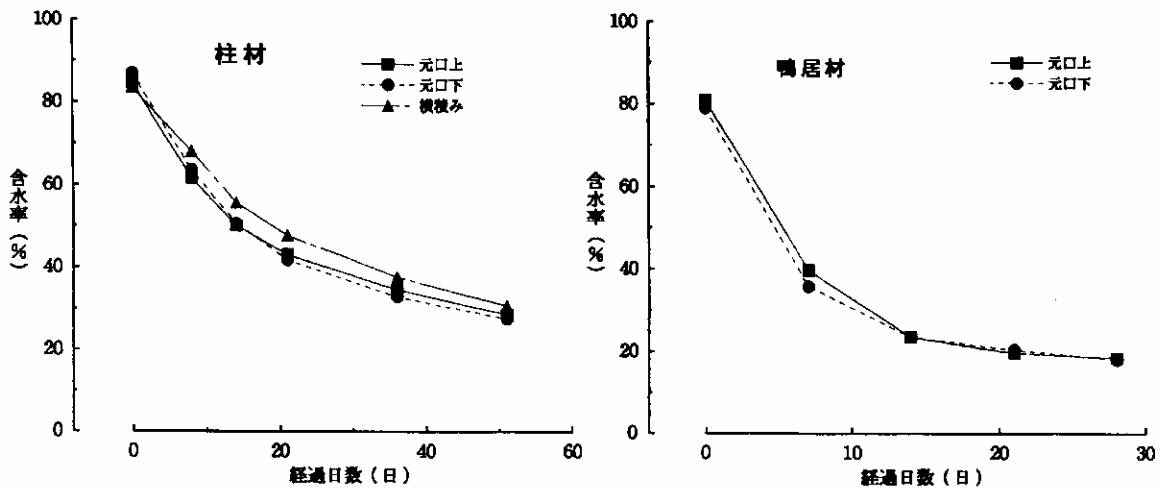


図-1 柱、鴨居材の放置方式別含水率減少傾向

上が18.5%、元口下が18.2%であった。以上の結果から、立て掛け乾燥における元口の上下は乾燥性にはほとんど影響を与えないと思われた。これは、柱や鴨居材などの長物の乾燥では材内水分は材面からの蒸発がほとんどを占め、木口面からの蒸発量はそれに比べて少量であると考えられ、仮にどちらか軸方向への水分移動が行われたとしてもそれが乾燥性に与える影響は小さかったためと思われる。

2. 柱、鴨居材の時期別天然乾燥試験

(1) 柱材の乾燥

図-2に柱材の初期含水率の頻度分布について示す。初期含水率は供試材20本の平均で春期、秋期、冬期の順にそれぞれ71.6%、86.7%、84.5%で春期が若干低い時期別の差は少なかった。しかし、その範囲は広範囲にわたり、分布傾向も時期別に異なっていた。乾燥終了時の含水率は平均で春期が28日間の乾燥日数で32.6%、秋期と冬期が70日間でそれぞれ28.0%、24.3%であり、冬期を除いて試験当初に設定した目標含水率の25%に比べてやや高めの値となった。終了時含水率の頻度分布を図-3に示す。終了時含水率は秋期、冬期の70日間の乾燥においても均一には仕上がっていなかった。また、どの時期においても25%以下まで乾燥が進んでいるものもあり、供試材ごとに目標含水率までの乾燥日数が異なる傾向があった。図-4に初期含水率と終了時含水率の関係を示す。全ての時期において、初期含水率と終了時含水率との間には直線的な関係があり(ただし、冬

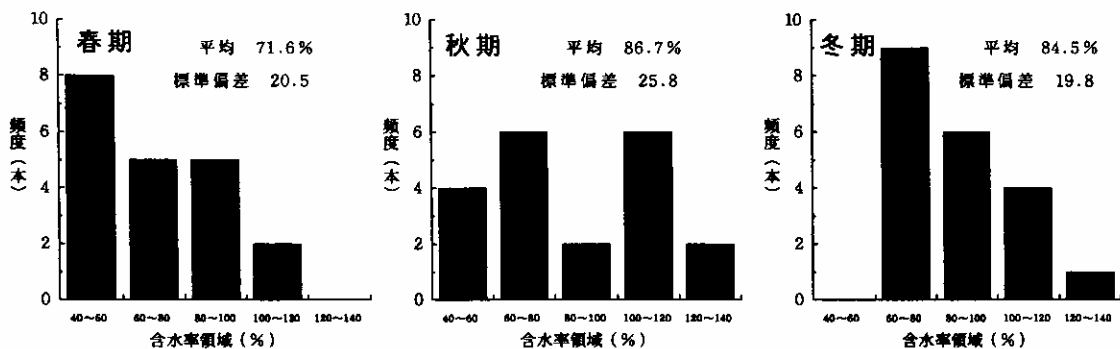


図-2 柱材の初期含水率頻度分布

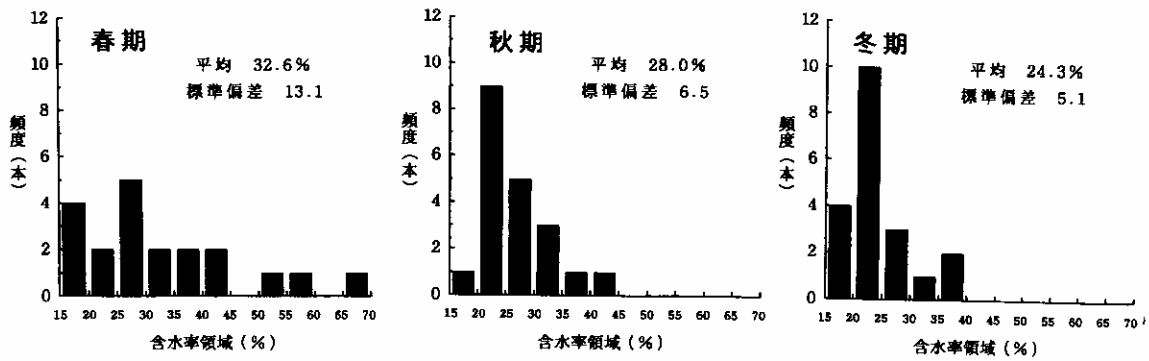
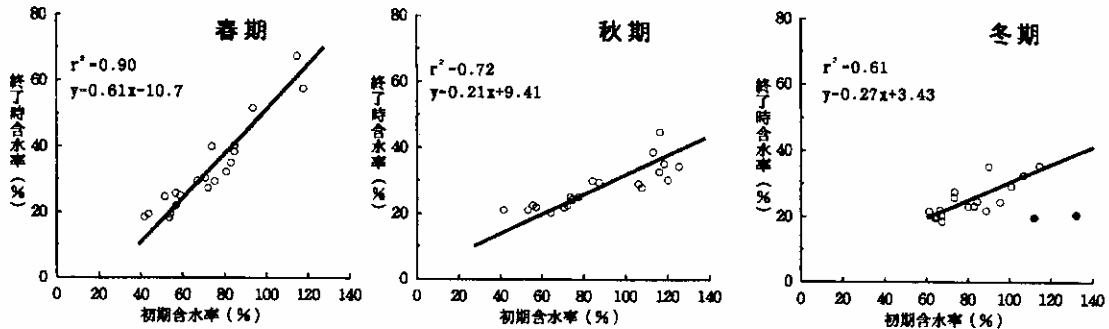


図-3 柱材の終了時含水率頻度分布



注) ●は心材率の影響が大きいと思われるもので関係式には含まれていない

図-4 柱材の初期含水率と終了時含水率との関係

期において心材率が他に比べて極端に小さく、その影響により乾燥が速く進んだと考えられた2本は除外した。)、初期含水率が高いものほど終了時の含水率も高い傾向が認められた。これは図-5に示したように、今回の試験で用いた柱材は心材率の高いものがほとんどであったため、材内水分の抜けにくい心材含水率の高低が供試材の含水率に与える影響が大きかったことが原因であると推察される。また、表-4に示した心材率、平均年輪幅と終了時含水率の間には各時期とも有為な相関は無かった。よって今回の試験における終了時含水率のバラツキには初期含水率が最も大きく影響していると考えられるため、初期含水率の違いにより乾燥傾向もかなり異なるものになってしまう。したがって、時期別の乾燥傾向の比較は図-2に示した初期含水率の領域ごとに行った。

表-4 実施時期別における供試材の平均年輪幅と心材率

材種	時期	項目	平均年輪幅(㎜)	心材率(%)
柱材	春期	平均	4.7	71.0
		最大~最小	(6.7~2.8)	(91~37)
		標準偏差	0.8	11.2
	秋期	平均	6.0	90.0
		最大~最小	(7.7~3.8)	(100~56)
		標準偏差	0.9	10.1
冬期	平均	5.1	75.0	
	最大~最小	(7.7~3.8)	(96~31)	
	標準偏差	1.1	16.0	
隣居材	春期	平均	2.9	35
		最大~最小	(3.4~2.3)	(57~18)
		標準偏差	0.3	10.7
	秋期	平均	3.8	55
		最大~最小	(4.7~3.0)	(76~21)
		標準偏差	0.5	16
冬期	平均	2.1	33	
	最大~最小	(2.9~1.6)	(72~2)	
	標準偏差	0.4	18.6	

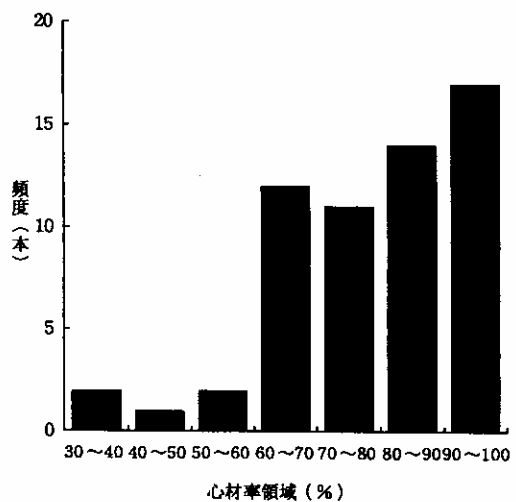


図-5 柱材の心材率頻度分布

図-6に各試験実施期間中の1週間ごとの平均気温と平衡含水率の推移を示す。また図-7に各初期含水率領域における時期別の平均含水率の減少傾向を示す。ただし、気象データは郡山市における測定値⁵⁾を参考にし、平衡含水率はその温、湿度条件から求めた⁷⁾。

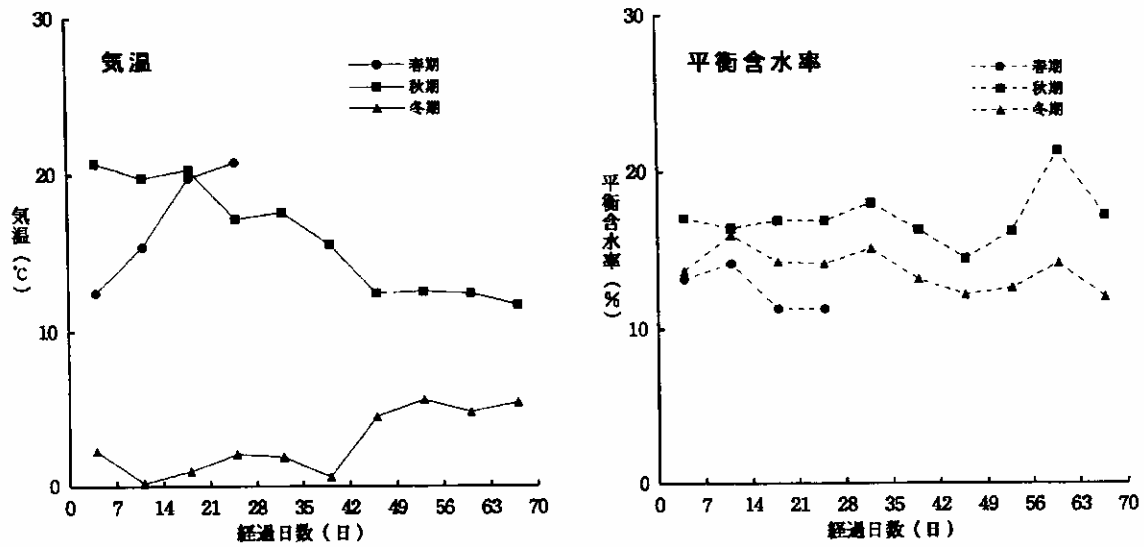
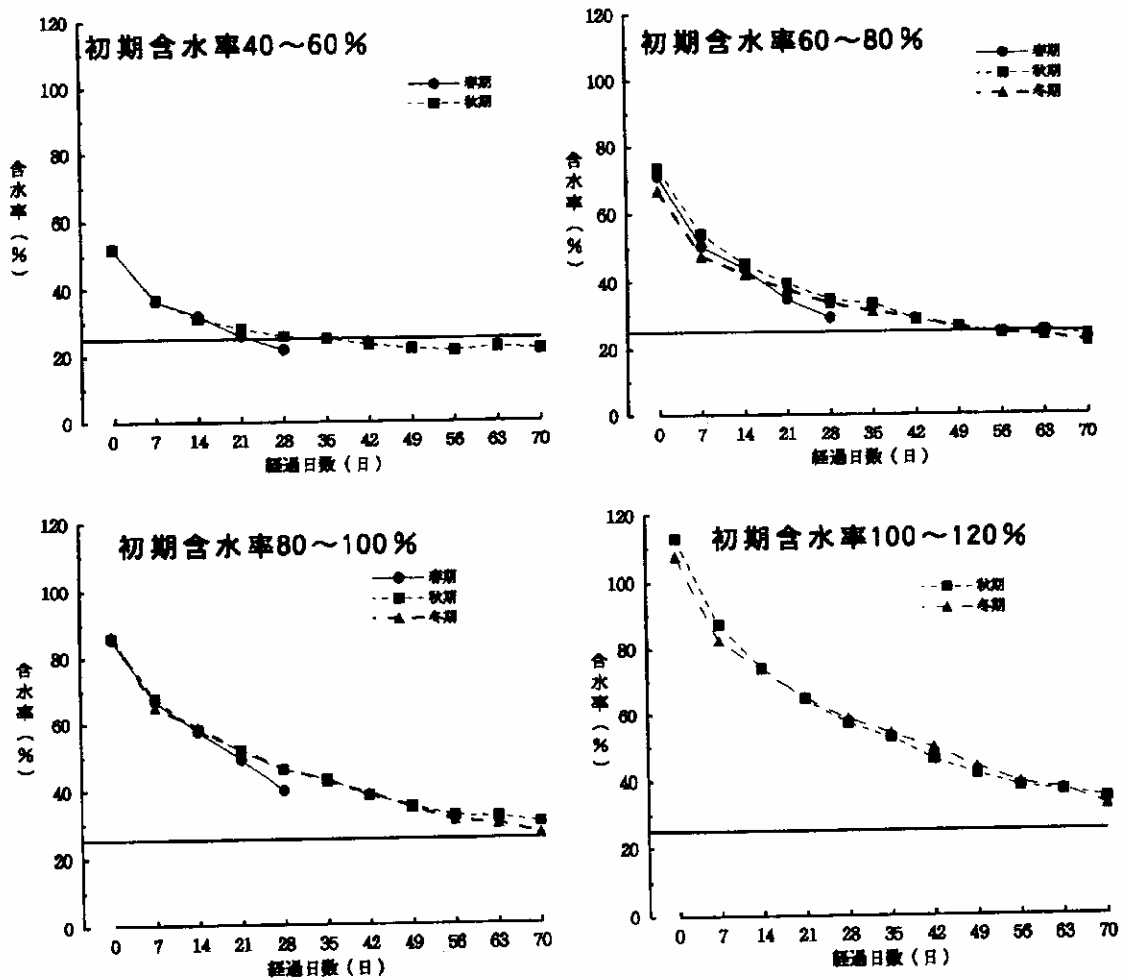


図-6 天然乾燥期間中の気温と平衡含水率の推移



注) — は目標仕上がり含水率(25%)

図-7 柱材の含水率減少傾向

時期別に28日間までの含水率の減少傾向を比較すると、春期において若干乾燥が速い傾向が見られたが、秋期と冬期において差はほとんど認められなかった。また秋期と冬期は28日目以降もほとんど同様な傾向で含水率が推移したが、乾燥終了時における含水率はどの含水率領域においても若干冬期の方が秋期よりも低かった。これは、乾燥末期において両者の平衡含水率の差が大きくなったためと考えられる。図-4の初期含水率と終了時含水率の回帰直線式から、今回の天然乾燥によって目標含水率である25%以下まで乾燥が進むと期待される材は、春期が28日間の乾燥で初期含水率が60%未満、秋期と冬期が70日間でそれぞれ75%未満、90%未満のものと推定され、その値は各領域別の平均含水率のグラフと概ね一致していた。

(2) 鴨居材の乾燥

図-8に鴨居材の初期含水率の頻度分布について示す。平均初期含水率は春期が118.8%、秋期が127.9%、冬期が130.5%で時期別の差はあまり無かった。その範囲は柱材と同様に広範囲にわたったが、頻度分布は各実施時期ともおおむね正規分布に近い傾向を示した。図-9に終了時含水率の頻度分布について示す。終了時の含水率は平均で春期が28日間で14.3%、秋期が35日間で20.3%、冬期が55日間で17.5%であり、平衡含水率が若干高かった秋期を除いて目標含水率の18%まで乾燥が進み、その分布も柱材のようなバラツキは見られず、どの供試材も概ね均一に仕上がっていた。図-10に各試験実施時期別の平均含水率の減少傾向を示す。鴨居材の場合、柱材のような初期含水率の違いによる供試材間の目標仕上がり含水率までの乾燥日数の違いは1週間単位の比較でほとんど無く、春期で14日、秋期で28日、冬期で35日程度で含水率がほぼ均一化し、その後は平衡含水

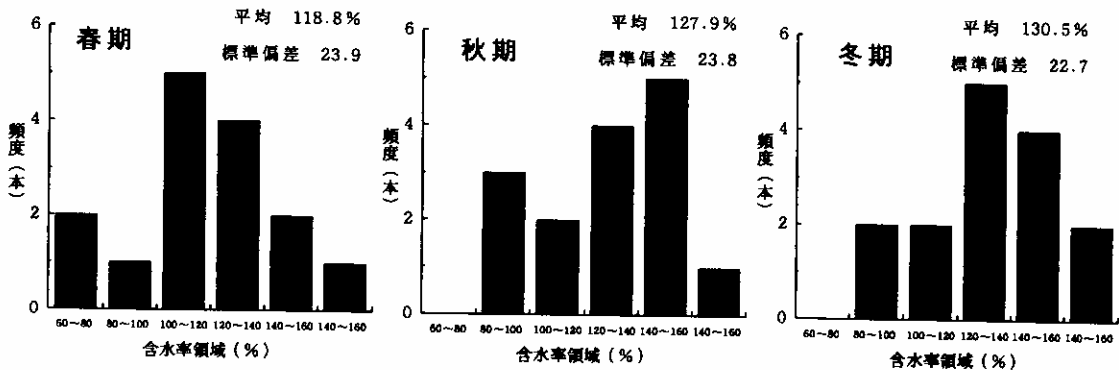


図-8 鴨居材の初期含水率頻度分布

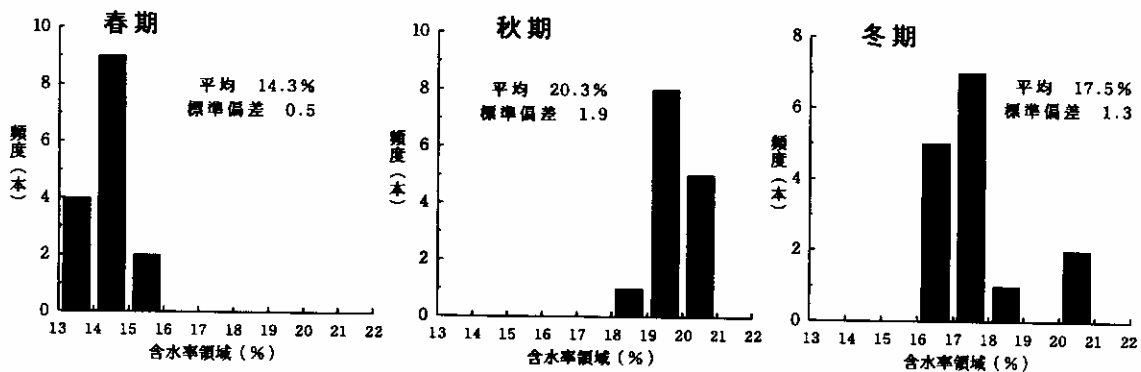
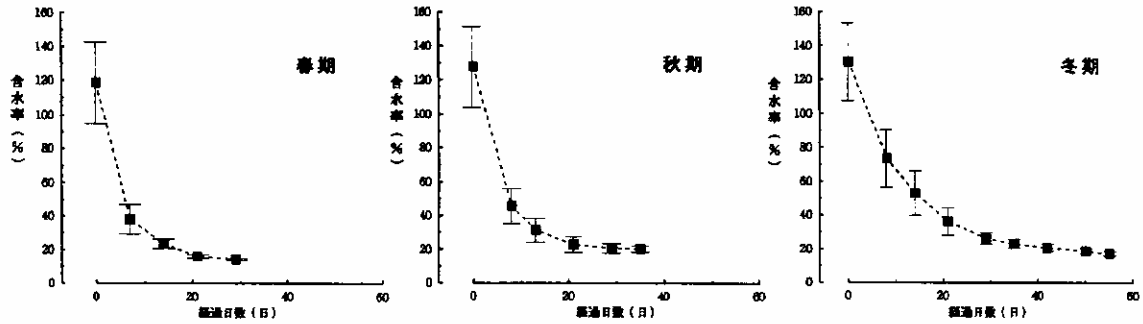


図-9 鴨居材の仕上がり含水率の頻度分布



注) 工は標準偏差を表す

図-10 鴨居材の含水率減少傾向

率にむかって徐々に減少する傾向を示した。今回実施した試験においては、柱材と比較して鴨居材の方が時期別の差が明確であり、その目標含水率までの乾燥日数は春期が21日間、冬期が55日間であった。秋期においては、目標含水率を若干上回ったが、35日間でほぼ平衡状態になった。

(3) 天然乾燥による割れの発生と材の収縮

表-5に柱、鴨居材の実施時期別における乾燥終了時の割れ発生率と供試材1本あたりに発生した割れの長さを示す。また図-11に柱材に発生した割れ総長さの推移について示す。柱材は秋期が材面割れを除いてほとんどの供試材に割れが発生した。しかし、全供試材(20本)に発生した割れの

表-5 天然乾燥終了時における割れの発生量

材種	時期	木口割れ			材面割れ		
		発生本数	発生率(%)	長さ(cm)	発生本数	発生率(%)	長さ(cm)
柱材	春期	19	95	146	20	100	232
	秋期	19	95	51	11	55	110
	冬期	18	90	80	19	95	218
鴨居材	春期	1	7	8	1	7	57
	秋期	3	20	10	1	7	39
	冬期	3	20	5	2	13	19

注) 割れの長さは割れが発生した1供試材あたりの平均長さとした。

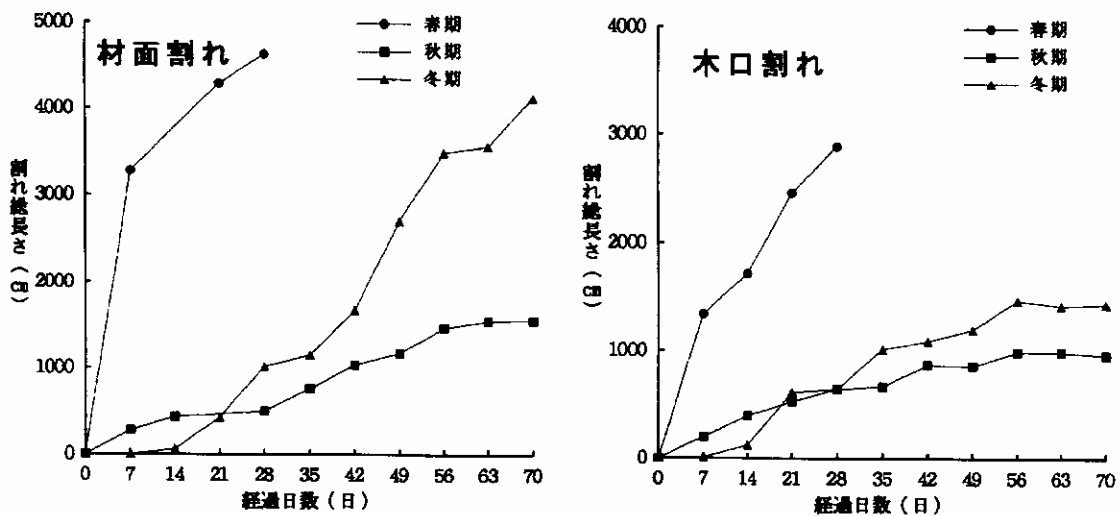


図-11 柱材の割れ総長さの推移

総長さを比較すると、木口割れ、材面割れともに、実施時期別に違いがみられ、春期、冬期、秋期の順で割れが多く発生していた。これは、各時期における供試材の素性の差である可能性もあるが、全体的に湿度が高かった秋期において割れの発生が他時期に比べ少なかったことや、比較的乾燥が進んだ春期や冬期における乾燥末期に割れの発生が増大したことから、時期別の気候条件の違いが原因であると思われる。鴨居材の割れは、どの時期もヘヤークラックを除いてほとんど認められなかった。

表-6 天然乾燥終了時の収縮率

次に柱、鴨居材の乾燥終了時の収縮率を表-6に示す。柱材については終了時の含水率が不均一なため明確なことが言えないが、鴨居材は含水率18%で幅(接線方向)で約3%、厚さ(半径方向)で約1.8%程度であると思

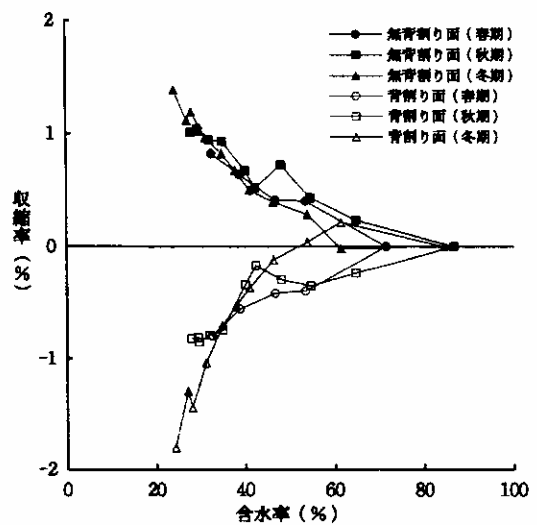
材種	時期	項目	終了時含水率(%)	収縮率(%)	
				無背割り面	背割り面
柱材	春期	平均	32.6	0.82	-0.80
		最大~最小	(67.5~18.2)	(2.30~0.22)	(-2.64~-0.08)
		標準偏差	13.1	0.52	0.53
	秋期	平均	28.0	1.01	-0.81
		最大~最小	(45.0~20.3)	(1.75~0.28)	(-2.24~-0.24)
		標準偏差	6.5	0.46	0.53
冬期	平均	24.3	1.39	-1.80	
	最大~最小	(35.5~18.5)	(2.61~0.51)	(-3.86~-0.17)	
	標準偏差	5.1	0.62	1.20	

材種	時期	項目	終了時含水率(%)	収縮率(%)	
				幅(接線方向)	厚さ(半径方向)
鴨居材	春期	平均	14.3	2.80	1.51
		最大~最小	(15.0~13.3)	(3.85~2.00)	(2.42~1.08)
		標準偏差	0.5	0.45	0.53
	秋期	平均	20.3	2.41	1.25
		最大~最小	(27.2~18.8)	(2.96~1.43)	(2.05~0.73)
		標準偏差	1.9	0.39	0.33
冬期	平均	17.5	2.97	1.79	
	最大~最小	(20.6~16.0)	(3.66~1.81)	(2.38~0.74)	
	標準偏差	1.3	0.58	1.20	

われる。図-12、13に柱、鴨居材の収縮率と含水率との関係について示す。柱、鴨居材ともに含水率40%付近から収縮率が増大する傾向が見られた。この傾向は三好らの報告と同様であった。⁵⁾ また、柱材の秋期と冬期における背割り幅の挙動について図-14に示す。乾燥が進むにつれて背割り幅の増加がみられ、冬期の方が秋期よりも増加量が大きかった。これも気候条件の差が少なからず影響しているものと思われる。

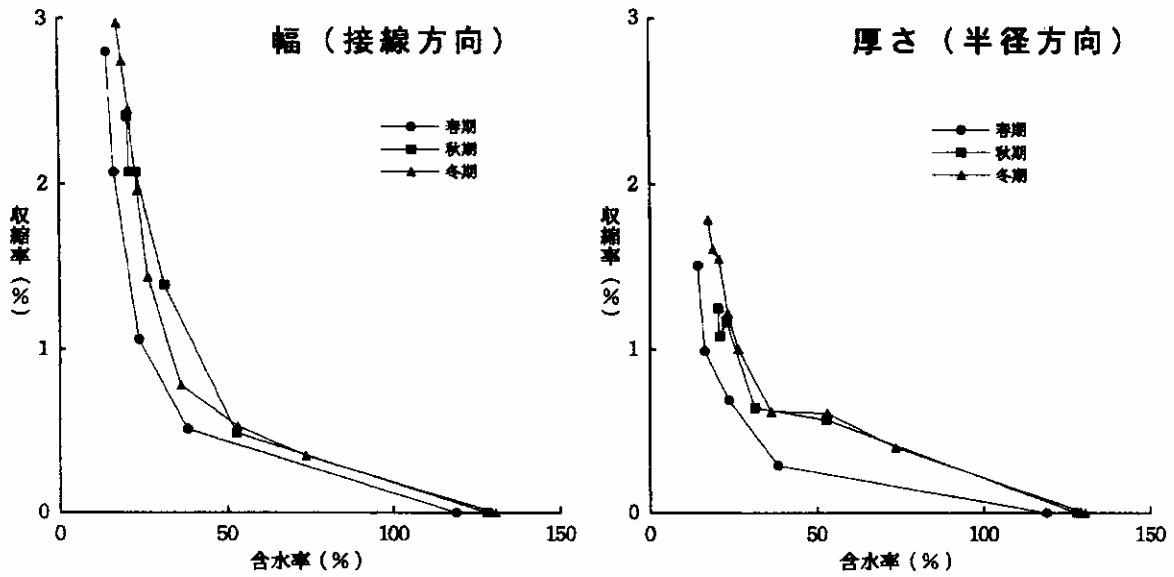
(4) 重量推定含水率と水分計含水率との関係

今回の天然乾燥試験においては、乾燥試験終了時に供試材から採取した試験片の全乾法含水率を基に、試験開始から1週間ごとに測定した重量より乾燥中における含水率を逆算して求めたため、乾燥試験を終了し



注) 供試材20本の平均値

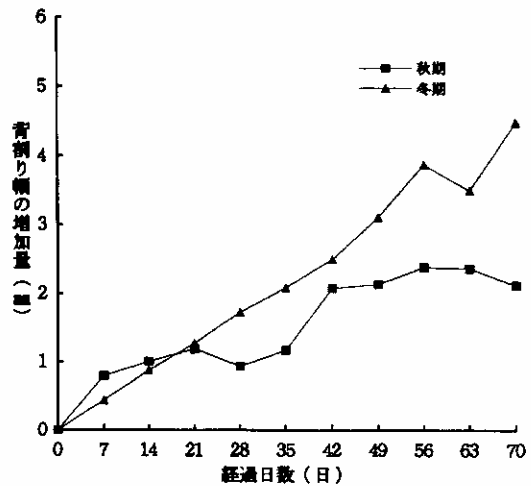
図-12 柱材における材面の収縮



注) 供試材15本の平均値

図-13 鴨居材における材面の収縮

なければ、初期含水率や乾燥試験中における含水率の正確な把握ができない。よって、乾燥試験実施中における含水率把握のために重量と同時に水分計による測定も行った(以下、水分計含水率という)。水分計含水率は、全乾法による含水率よりも低めに推移することが報告されており⁹⁾、正確な含水率の把握は、特に柱材など断面の大きく水分傾斜の生じやすいものに関しては難しいものと思われる。そこで本試験においてもその関係を調べた。今回の試験における含水率の測定方法は、厳密な全乾法ではなく、あくまで全乾法を基に重量から推定した含水率(以下、重量推定含水率という)であるが、実際の含水率により近似したものと



注) 供試材20本の平均値

図-14 柱材の背割り幅の変化

して以下の考察を行った。図-15に冬期における重量推定含水率と水分計含水率の推移について示す。

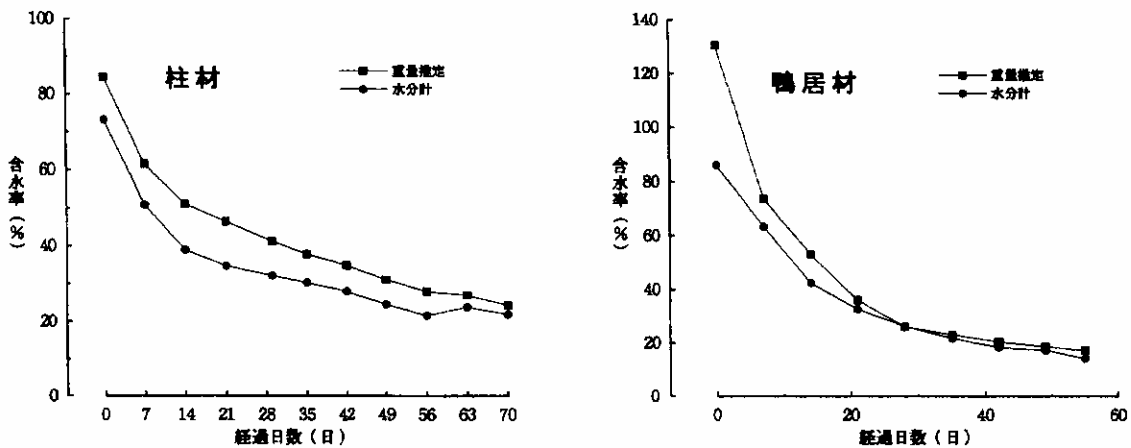


図-15 重量推定含水率と水分計含水率の違い(冬期)

柱、鴨居材ともに高含水率域において特に差が認められ、水分計含水率は重量推定含水率よりも低めの値で推移している。しかし、鴨居材では重量推定含水率で約40%以下になるとその後はほとんど測定値に差は無く、水分計の信頼度はかなり高いと思われるのに対し、柱材においては重量推定含水率が30%になってもまだ差が認められた。図-16に全ての時期における重量推定含水率と水分計含水率の関係について示す。柱、鴨居材ともに、高含水率域になるにしたがって差が大きくなっているが、鴨居材については高い相関が得られ、高含水率域においても水分計含水率によりある程度の推定は可能であると思われた。一方柱材に関しては全体的にバラツキが大きく、相関も鴨居材ほど高くは無かった。この原因はやはり水分傾斜の影響によるものであると考えられ、断面寸法の大きい材における正確な含水率の測定方法については、他の方法を含め、更なる検討が必要であると思われた。

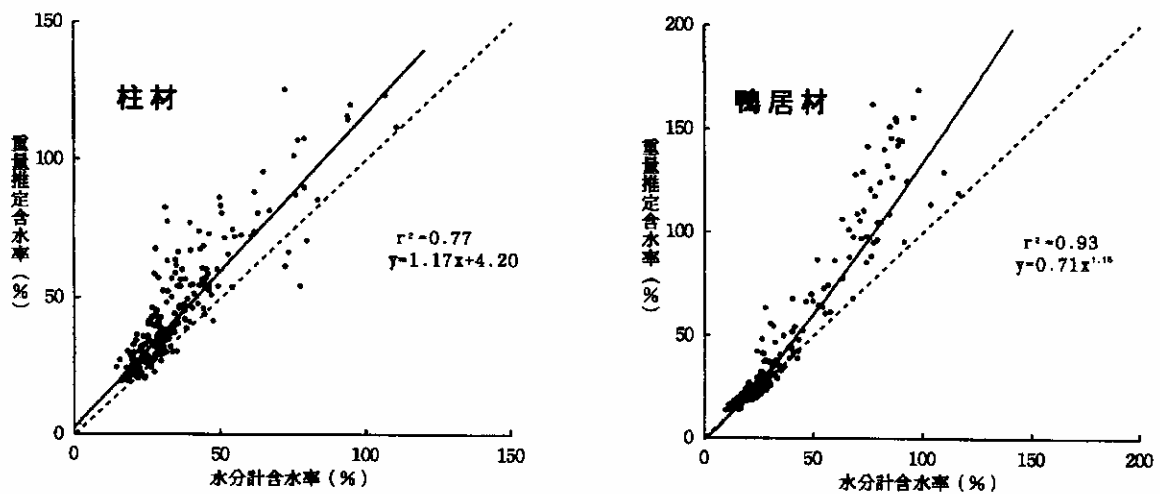


図-16 重量推定含水率と水分計含水率との関係

IV まとめ

以上のように3種の乾燥方法別の乾燥傾向の比較と、時期別の含水率減少経過および材の損傷程度の把握を目的として天然乾燥試験を行ったが、その結果は次のようにまとめられる。

- 1 柱、鴨居材の立て掛け乾燥における元、末口の上下は乾燥性にほとんど影響を与えないことがわかった。
- 2 柱材は乾燥中における正確な含水率把握ができなかったことや、試験終了時における含水率のバラツキが大きく、目標含水率まで乾燥されなかったものも多かったことから、実施時期ごとの乾燥特性の把握が不十分となるものとなってしまった。また初期含水率の高低が目標含水率までの乾燥日数に与える影響が大きいと考えられることから、初期含水率別に仕分けを行うなどして、それぞれについて乾燥性を比較する必要性もあると思われる。さらに、今回の試験においては心材率や平均年輪幅が乾燥性に与える影響は少なかったが、これは供試材間のバラツキがあまりなかったことが原因であるとも思われるため、これらの初期含水率以外の因子についても更なる検討を行なうべきであると考えられる。
- 3 鴨居材は、供試材の初期含水率の差が大きくても、それが乾燥日数に与える影響は認められず、

仕上がり含水率も3時期ともにほぼ均一であった。時期別の目標含水率までの乾燥日数は春期で3週間、冬期で8週間程度が見込まれ、秋期においては、目標含水率を若干上回ったが、5週間程度で概ね平衡状態になると思われる。また乾燥による割れの発生は各時期ともほとんど見られなかった。

- 4 全乾法を基に重量から算出した含水率（重量推定含水率）と水分計含水率との関係は、鴨居材においては高い相関が得られ、高含水率域においても水分計測定値による推定が可能であると思われたが、断面の大きい柱材に関しては、両者における含水率測定値の差が鴨居材に比べ大きく、水分計含水率が目標含水率を下回っても実際には乾燥が不十分である場合もあるため、より正確で簡便な乾燥中における含水率の把握方法について検討する必要があると思われる。

V 引用文献

- 1) 吉田孝久、橋爪丈夫：長野県林業総合センター研究報告, 7, 97~106 (1993)
- 2) 吉田孝久、橋爪丈夫：長野県林業総合センター研究報告, 7, 127~130 (1993)
- 3) 中島 剛ほか：福島県林業試験場研究報告, 25, 55~67 (1993)
- 4) 野原正人、岩田隆昭、山本和男：岐阜県林業センター研究報告, 5, 31~48 (1975)
- 5) 三好誠治、村口良範：愛媛県林業試験場研究報告, 15, 52~65 (1994)
- 6) 郡山市天気相談所：郡山市気象月報, (1996, 5~1997, 3)
- 7) Simoson W. T.: F. P. J., 21, 5, 48~49 (1971)
- 8) 小林好紀：建築用針葉樹材の乾燥に関する資料集（改訂版）, 87~100 (1989)
- 9) 中野正志、東野 正：岩手県林業試験場成果報告, 23, 37~41 (1991)