

国産針葉樹材の高付加価値化技術の高度化

目 的

現在、木材需要の大半は、住宅分野に関するものであるが、木造住宅率の低下などにより、近年の木材需要は停滞している。一方、わが国の造林地から産出されるカラマツをはじめとするスギやヒノキなどの針葉樹は、今後その供給量を増大する見通しにある。また近年の急激な円高傾向などにより、国産材は輸入材に比べ著しく競争力を低下させている。

そこで、これらの資源を有効利用するとともに、国産材を取り扱う木材産業の収益向上を図るため、木材についての高付加化技術の改良や開発を図ることが緊急に必要となっている。このような背景をふまえて、今後の針葉樹材の生産見通し及び木造住宅の品質向上の点から重要な問題である柱材の乾燥技術の開発、及びこれに付随する各種の調査・試験を実施し、国産針葉樹材の高付加価値化技術の高度化を図る。

本研究は国の補助事業「大型プロジェクト研究」として実施したものである。またここでの報告は「建築用針葉樹材の乾燥技術の開発」という課題について以下各章に分けて記した。

- I. 流通段階における実態調査
- II. 建築現場における実態調査
- III. 木造住宅部材の含水率調査
- IV. 仕上げ含水率状態とその後の形質変化の分析
- V. 心持ち柱材の乾燥スケジュールの確立
- VI. 乾燥前処理方法の検討 葉枯らし材の材質試験
- VII. カラマツ建築材の乾燥に伴う寸法変化について
- VIII. スギ板材の人工乾燥（低温、中温、高温）
- IX. カラマツ材の乾燥温度別による強度特性

II 建築現場における実態調査

吉田孝久
橋爪丈夫
武井富喜雄

要 旨

建築現場における製材品の含水率調査を行った結果、上棟時の含水率は柱材が20～25%、土台が25～30%、梁・桁が20～25%であった。また、1～2ヶ月の素建て期間をおいた内装時には、上棟時に比べ5%程度の含水率低下が見られた。

1. はじめに

建築部材の含水率を適正に管理することは、木造住宅の品質保証を行う上できわめて重要なことである。そこで、建築現場において、上棟時及び内装工事にはいる直前での部材の含水率等を測定することによって、乾燥過程や程度を把握し、建築部材の水分管理などに対する今後の指針を得ることを目的として、本調査を実施した。

2. 調査方法

- (1) 調査住宅 中信地方及び南信地方の合計9住宅を対象とした。
 中信地方：松本市4住宅（A、B、D、E）、塩尻市3住宅（C、F、G）
 南信地方：伊那市1住宅（H）、駒ヶ根市1住宅（I）
 調査対象住宅の建築概要は、表-1のとおりである。

(2) 含水率調査

上棟後1週間以内と内装工事直前の2回にわたり、建築部材の樹種及び含水率を測定した。上棟時と内装時との間隔（素建て期間）は住宅ごとにまちまちであり、その日数は表-2以下に示した。

調査対象部材は柱を主体として、土台、梁・桁、根太、敷居、鴨居等である。柱材については、方位的な差位を見るため、南側、中央、北側の3列について調査した。含水率計はDELTA-5（CSA高周波式木材含水率計；日本住宅木材技術センター認定機種）である。なお、調査日は、部材表面の吸湿の割合の高い雨天の日及びその翌日は避け、なるべく晴天の日を選んだ。調査時期は初春から夏にかけて行った。

3. 調査結果

中南信地方の木造住宅の使用部材をみると、一般住宅の柱材はベイツガがほとんどであり、やや高級指向になるとヒノキが用いられる。この中間として見え掛かりの柱にヒノキを、見え隠れの柱にベイツガを用いる傾向が強い。土台はソ連カラかベイヒバあるいはベイツガの防腐処理材である。梁・桁になると90%以上はベイマツを用いる。内装材に関しては、柱材に合わせた樹種が用いられている。

(1) 柱材の含水率

表-2、図-1に柱材の上棟時と内装時での含水率変化を示す。

住宅A及びBの2棟には、人工乾燥されたベイマツ柱材が用いられていたため、上棟時含水率はすべて20%以下であった。住宅Bにおいては、含水率10%以下とやや過乾燥ぎみであった。このため約1カ月経過の内装時においては、1~2%の吸湿が見られた。

住宅C~Fの4棟の柱材はベイツガであり、上棟時の含水率は20~30%と想像より低い値であった。しかし、中には一本の柱で部分的に100%以上の含水率を示したものも数本あり、バラツキは大きい。1~2カ月経過の内装時においては、5~10%の含水率低下が見られた。

ベイツガはスギと同様、生材含水率が100%以上と非常に高く、製材直後の材を住宅に使用するのには狂いや割れといった点で危険が多い。今回の調査結果では、内装時での含水率も気乾平衡含水率に近い値を示しており、建築後の寸法変化はかなり小さいものと思われる。

住宅G~Iの3棟の柱材はヒノキが使用され、上棟時含水率は20%前後の値であった。こ

表-1 調査対象住宅の概要

住宅項目	A (松本市)		B (松本市)		C (塩尻市)	
住宅の種類	木造2階建て		木造2階建て		木造2階建て	
住宅の規模	1F	89.572 m ²	1F	97.301 m ²	1F	93.861 m ²
	2F	48.863 m ²	2F	29.811 m ²	2F	33.124 m ²
	計	138.434 m ²	計	127.112 m ²	計	126.985 m ²
屋根形状	寄棟		寄棟		入母屋及び寄棟	
屋根	瓦葺き		瓦葺き		瓦葺き	
外壁	モルタル壁 リシン吹き付け		モルタル壁 リシン吹き付け		モルタル壁 リシン吹き付け	
住宅項目	D (松本市)		E (伊那市)		F (塩尻市)	
住宅の種類	木造2階建て		木造2階建て		木造2階建て	
住宅の規模	1F	79.492 m ²	1F	145.732 m ²	1F	75.031 m ²
	2F	37.263 m ²	2F	82.324 m ²	2F	49.684 m ²
	計	116.755 m ²	計	228.056 m ²	計	124.715 m ²
屋根形状	寄棟		寄棟		寄棟	
屋根	カラー鉄板葺き		スレート葺き		カラー鉄板葺き	
外壁	モルタル壁 リシン吹き付け		モルタル壁 リシン吹き付け		防水サイディング	
住宅項目	G (塩尻市)		H (伊那市)		I (駒ヶ根市)	
住宅の種類	木造2階建て		木造2階建て		木造平屋建て	
住宅の規模	1F	130.350 m ²	1F	146.246 m ²	1F	m ²
	2F	45.375 m ²	2F	65.010 m ²	2F	- m ²
	計	175.725 m ²	計	211.256 m ²	計	203.245 m ²
屋根形状	寄棟		切り妻		切り妻	
屋根	瓦葺き		瓦葺き		瓦葺き	
外壁	モルタル壁 リシン吹き付け		モルタル壁 リシン吹き付け		モルタル壁 リシン吹き付け	

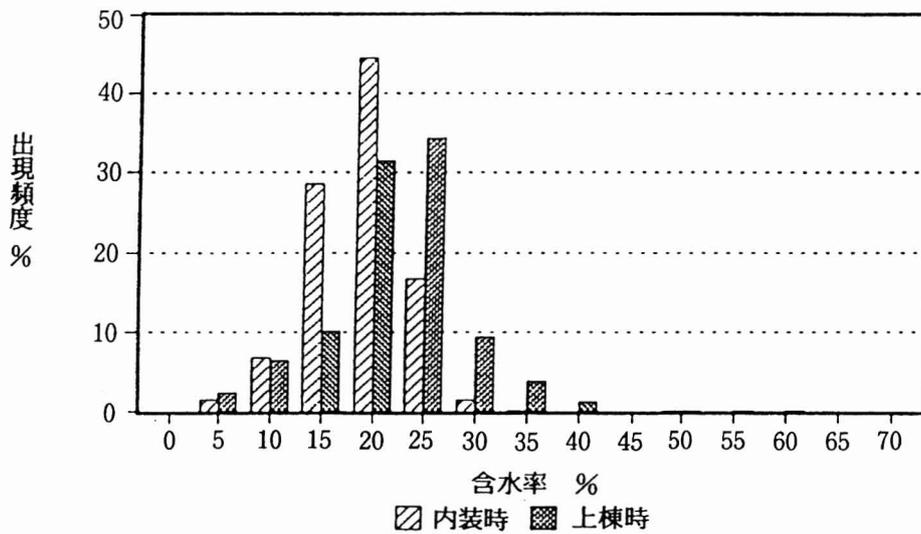


図-1 柱材の含水率分布（ヒノキ、ベイツガ、ペイマツ）

表-2 柱材の含水率変化

住宅	部材	位置	樹種	含水率 (%)						①-②	素建て 期間 (日)
				上棟時			内装直前				
				最低	最高	①平均	最低	最高	②平均		
A	柱	南側	ペイマツ	7.3	17.0	11.6	6.0	14.0	9.9	1.7	82
		中央	ペイマツ	14.8	22.0	17.4	14.5	22.0	16.0	1.4	
		北側	ペイマツ	15.3	22.6	18.3	12.5	16.5	15.0	3.3	
B	柱	南側	ペイマツ	6.8	13.0	9.8	8.0	13.5	10.8	-1.0	38
		中央	ペイマツ	4.8	14.8	9.4	6.0	16.3	11.2	-1.8	
		北側	ペイマツ	4.3	14.5	9.6	4.0	14.5	10.3	-0.7	
C	柱	南側	ベイツガ	16.3	21.5	18.8	11.0	15.0	12.8	6.0	25
		中央	ベイツガ	18.5	23.5	20.9	12.3	19.0	15.0	5.9	
		北側	ベイツガ	19.3	27.3	22.1	13.0	19.3	15.9	6.2	
D	柱	南側	ベイツガ	15.5	27.3	22.7	15.0	24.0	18.3	4.4	40
		中央	ベイツガ	19.8	28.8	23.2	16.0	20.0	18.1	5.1	
		北側	ベイツガ	18.0	33.3	23.8	16.0	24.0	18.6	5.2	
E	柱	南側	ベイツガ	20.8	24.0	22.1	16.3	19.3	17.5	4.6	13
		中央	ベイツガ	23.3	49.0	29.7	14.3	28.5	18.3	11.4	
		北側	ベイツガ	18.5	27.5	24.4	14.5	19.5	18.0	6.4	
F	柱	南側	ベイツガ	18.8	36.0	26.7	19.5	30.5	22.9	3.8	60
		中央	ベイツガ	16.5	24.3	21.2	13.5	21.3	18.7	2.5	
		北側	ベイツガ	24.0	32.0	29.0	20.5	25.5	22.5	6.5	
G	柱	南側	ヒノキ	15.5	20.3	18.2	14.5	17.3	15.9	2.3	88
		中央	ヒノキ	17.5	22.0	19.5	14.3	17.3	15.9	3.6	
		北側	ヒノキ	19.5	22.3	20.8	16.5	18.5	17.2	3.6	
H	柱	南側	ヒノキ	17.3	22.8	19.5	16.3	20.0	18.3	1.2	87
		中央	ヒノキ	19.3	22.3	20.6	18.3	23.0	19.9	0.7	
		北側	ヒノキ	17.0	19.8	17.9	18.0	19.5	18.7	-0.7	
I	柱	南側	ヒノキ	21.0	24.0	22.2	17.8	21.5	19.3	2.9	33
		中央	ヒノキ	21.0	26.8	23.6	19.5	22.0	20.7	2.9	
		北側	ヒノキ	18.5	25.8	21.4	17.3	21.5	19.3	2.1	

これは1～2ヵ月後の内装時には、ほぼ気乾含水率に近い状態に達している。

南北の方位的な含水率の差位は、全住宅に関して南側が若干低い傾向にあるが、大きな差はない。これは、南側にある日の当たる柱材は別として、建築途中にある骨組み状態の住宅では、部材間隔も十分にあり通風も良いことから、どの柱材も同様な乾燥環境に置かれていることが原因していると言える。

柱材の天然乾燥による含水率の低下(2)から判断して、生材を使用する場合、上棟時から内装工事までのいわゆる素建ての期間は、比較的生材含水率の低いヒノキ、カラマツ、ベイヒバ、ベイマツは約2ヵ月間、生材含水率の高いスギやベイツガは3～4ヵ月間が必要となろう。もちろん、人工乾燥を行うことにより含水率をあらかじめ低含水率に仕上げておけば、上棟後直ちに内装工事に取り掛かかることができ、工期の短縮に大きな期待がもてる。今回の調査では、住宅Eのみが上棟後13日間と比較的短期間で内装に取り掛かっているが、このほかは1～3ヵ月の素建て期間を置いており、柱材に関してははまらずの含水率仕上がり状態であることが認められる。なお、ベイツガを使用した住宅Fに関しては、含水率が20%をきる程度(さらに1ヵ月間)の素建て期間が必要であろう。

(2) 土台の含水率

表-3及び図-2に土台の上棟時と内装時での含水率変化を示す。

土台としての使用樹種はソ連カラとベイヒバであるが、住宅Iにおいてはクリの土台であった。ソ連カラは、上棟時には含水率30%前後のほぼ生材状態に近いものであったが、内装時には20%前後とかなりの含水率低下が認められた。しかし、住宅Hにおいては、内装時においても26%と依然高含水率を示しており未だ乾燥状態には至っていない。含水率低下の大きいものでは15%の低下も認められたが、これは約3ヵ月間の素建て期間を置いたものである。

ベイヒバについては、上棟時の含水率が20～25%の範囲にあり、乾燥途中のものであった。内装時の含水率は20%前後に低下し、部材の乾燥が進行していた。

土台にクリを使用した住宅Iでは、上棟時の含水率が40%に近い値であったのに対し、1ヵ月後の内装時には含水率が10%低下したのみで、乾燥材にはほど遠い含水率値であった。

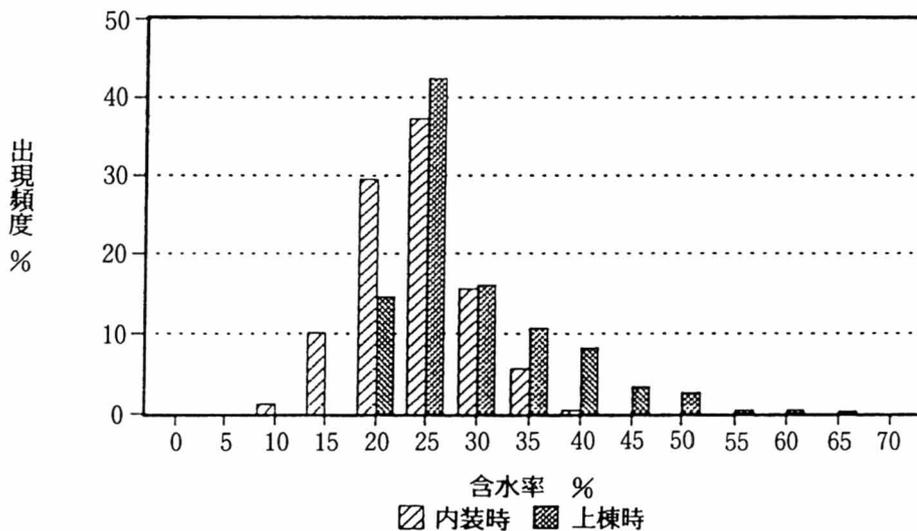


図-2 土台の含水率分布(ソ連カラ、ベイヒバ、クリ)

表 - 3 土台の含水率変化

住宅	部材	樹種	含水率 (%)						①-②	素建て期間 (日)
			上棟時			内装直前				
			最低	最高	①平均	最低	最高	②平均		
A	土台	ソ連カラ	23.5	43.0	32.9	8.8	25.0	18.0	14.9	82
B	土台	ソ連カラ	21.5	31.8	24.4	16.3	24.5	20.0	4.4	38
C	土台	ベイヒバ	17.3	26.8	20.6	13.5	19.8	15.8	4.8	25
D	土台	ベイヒバ	19.8	24.8	21.9	19.0	24.5	21.9	0.0	40
E	土台	ベイヒバ	22.0	25.8	24.6	17.0	25.8	23.1	1.5	13
F	土台	ベイヒバ	20.8	25.8	23.2	16.0	20.3	17.8	5.4	60
G	土台	ソ連カラ	27.5	45.0	36.4	20.0	27.3	23.2	13.2	88
H	土台	ソ連カラ	18.8	32.8	25.3	21.3	30.0	26.2	-0.9	87
I	土台	ク リ	32.3	44.8	37.1	25.0	33.0	27.6	9.5	33

(3) 梁・桁の含水率

表-4及び図-3に梁・桁の上棟時と内装時での含水率変化を示す。

梁・桁として使用される樹種は、どの住宅においても棟梁のアカマツ以外は全てベイマツである。

ベイマツの上棟時での含水率は、どの住宅においても25%以下とかなり乾いた状態にあり、うち半数の住宅は気乾平衡状態にあった。含水率20%以上のものでも、内装時にはほぼ全住宅が平衡含水率に達していた。また、内装時には材面に割れも多数見られ乾燥の進行状態を示していた。

梁・桁材の乾燥は、材の断面が大きいことから乾燥にはかなりの日数を要する。県内の梁・桁の需要樹種はベイマツがほとんどで、このベイマツは生材含水率が40%前後とかなり低いことや、フリッチ材でのストックがかなり長いことから、乾燥には有利ではないかと思われる。しかし、使用される断面が大きいことから、乾燥に伴う見かけの寸法目減りは大きく、未乾燥材使用による乾燥後の仕口部や継ぎ手部の隙間は大きいもので10mmにもなるため、梁・桁においても乾燥材の使用が望ましい。

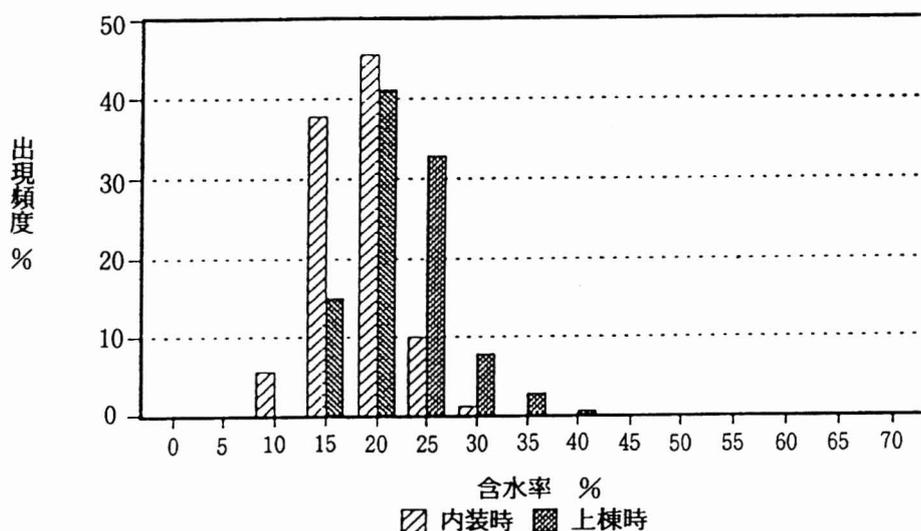


図-3 梁・桁の含水率変化

表 - 4 梁・桁の含水率変化

住宅	部材	樹種	含水率 (%)						①-②	素建て期間 (日)
			上棟時			内装直前				
			最低	最高	①平均	最低	最高	②平均		
A	梁・桁	ベイマツ	13.0	18.8	16.9	9.3	14.0	11.6	5.3	82
B	梁・桁	ベイマツ	15.3	19.5	17.0	14.3	17.8	15.8	1.2	38
C	梁・桁	ベイマツ	14.3	17.0	15.6	11.0	23.5	14.7	0.9	25
D	梁・桁	ベイマツ	19.8	26.5	22.4	15.5	18.5	16.9	5.5	40
E	梁・桁	ベイマツ	21.5	23.8	22.8	14.0	16.3	14.9	7.9	13
F	梁・桁	ベイマツ	21.0	24.0	22.0	18.5	25.8	20.5	1.5	60
G	梁・桁	ベイマツ	23.0	30.8	25.7	16.3	20.5	18.8	6.9	88
H	梁・桁	ベイマツ	17.8	20.5	19.4	16.5	19.3	17.8	1.6	87
I	梁・桁	ベイマツ	19.0	24.5	21.3	14.8	16.5	15.6	5.7	33

(4) その他部材の含水率

表-5に根太、敷居、鴨居、回り縁の含水率変化を示す。また、図-4に根太の含水率分布を、図-5に敷居、鴨居、回り縁の含水率分布を示す。

根太はソ連カラあるいはベイマツが使用されており、これらは上棟時にはほとんど生材状態で放置されていた。これらの含水率は内装時にはかなり落ち着くが、ソ連カラを使用した住宅Bでは、内装時においても27%という高い値を示した。根太の場合、その断面寸法は厚さ方向が45mmで比較的乾燥し易い厚さではあるが、べた積みの状態にあった住宅Bでは、乾燥がなかなか進まない状況であった。保管状態での乾燥に関するちょっとした気配りが問われた結果であった。

内装造作材である敷居や鴨居においては、ほとんどが内装工事直前に建築現場に持ち込まれるが、この時点で、一部含水率の高いものが見受けられたが、ほとんどは含水率17%前後で十分乾燥された状態にあった。

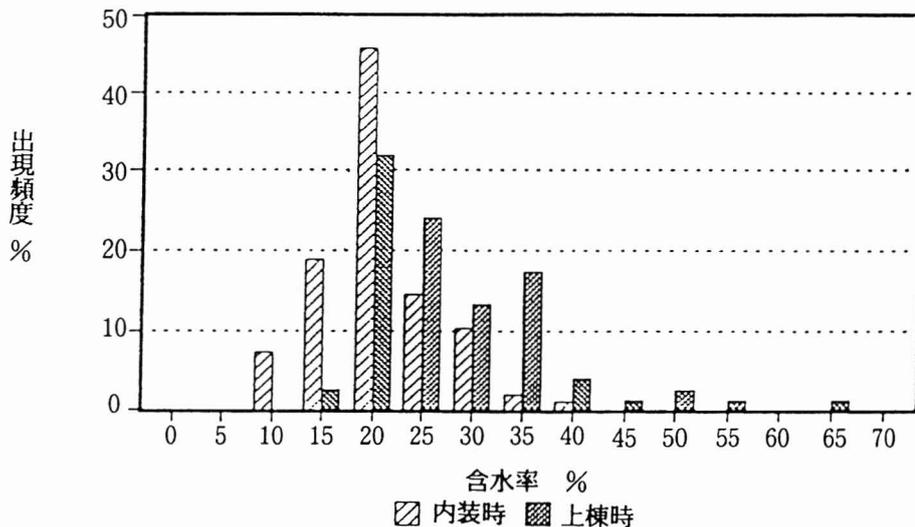


図-4 根太の含水率分布 (ソ連カラ、ベイマツ)

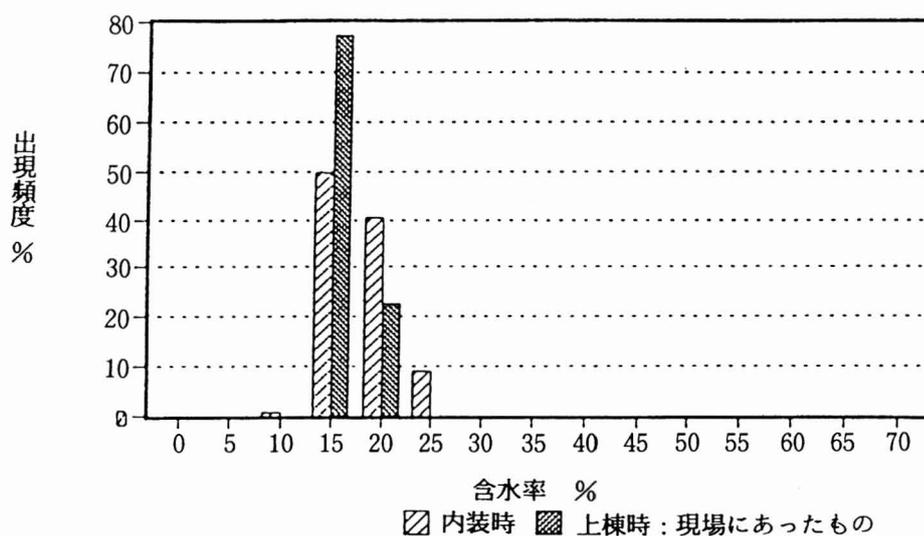


図-5 鴨居・敷居・回り縁の含水率分布（ベイマツ、ベイツガ、ベイヒバ）

表-5 その他部材の含水率変化

住宅	部材	樹種	含水率 (%)						①-②	素建て期間 (日)
			上棟時			内装直前				
			最低	最高	①平均	最低	最高	②平均		
A	根太	ソ連カラ	15.3	30.8	23.8	9.8	13.8	12.2	11.6	82
B	根太	ソ連カラ	33.0	53.3	40.6	23.3	30.8	27.1	13.5	38
C	鴨居敷	ベイツガ	13.0	19.5	15.1	12.3	14.8	13.6	1.5	25
		ベイツガ	13.8	14.3	14.0	13.3	14.3	13.7	0.3	
D	鴨居敷	ベイツガ	-	-	-	11.5	16.3	14.0	-	40
		ベイツガ	-	-	-	14.5	16.5	16.0	-	
E	鴨居敷	ベイツガ	-	-	-	12.3	13.5	12.7	-	13
		ベイツガ	-	-	-	15.3	21.3	17.6	-	
F	根太敷	ベイマツ	17.8	24.5	20.5	15.5	21.3	17.9	2.6	60
		ベイツガ	-	-	-	15.5	19.8	16.5	-	
G	根太敷	ベイマツ	-	-	-	16.0	20.8	18.2	-	88
		ベイマツ	-	-	-	18.8	20.3	19.6	-	
I	敷居鴨居回り縁	ベイツガ	-	-	-	18.3	21.0	20.1	-	33
		ベイヒバ	-	-	-	14.5	16.3	15.8	-	
		ベイヒバ	-	-	-	13.5	16.5	15.2	-	

4. おわりに

今回の調査では、上棟時において構造材は未乾燥材、造作材は乾燥材の使用が目立った。これは、造作材が割れや収縮に起因する隙間等化粧性を重視する「見え掛かり部材」であり、一方構造材は一部の柱（真壁）を除いて、割れや狂いはどちらでもよいとする「見え隠れ部材」という考え方に立っているものと思われる。

この考えも否定しないではないが、この考え方が成り立つには、上棟時に未乾燥材を使用して

も、ある一定の素建て期間をおけば、これらも放湿して乾燥材となり、内装後の狂いや割れは抑えられるという前提がある。ところが近年の木造住宅は、非木質系のプレハブ住宅の出現に感化され、工期短縮ばかりにとらわれ、この素建て期間を十分に取らずに建てられる傾向が強い。このため、結局クレーム住宅への道を歩まざるを得ない破目に陥っている。

では、この素建て期間をどのくらい取ったらよいかという問題であるが、これは木材が乾く期間である。今回の調査結果では、素建て期間が13日～88日と様々であり、含水率の数値から見て、上棟時に含水率の高いものは長期間、低いものは短期間といったような乾燥を意識した期間であるとは言い難い。また、図-2～4でみるように、含水率20～30%程度の部材は、素建て期間2、3ヵ月であっても、含水率の低下はそのほとんどが5%以内と変化が少ない。

このように考えると、やはり上棟時に乾燥材を使用することが品質保証という意味からも最も安心であり、また工期短縮を含めた建築計画も立て易いため、あらかじめ乾燥した材を使用したほうが良い。しかしこの場合、柱のみ乾燥材でよいかと言う疑問が生じるが、住宅躯体の狂いを考えると、他の構造材も乾燥が必要であろう。これは、特に見え隠れ部材ほどつまり土台や梁・桁といった構造材ほど節が多かったり目切れ材や心持ち材等の材質の悪い材が使用されるケースが多いからである。このような材質の劣る部材は、乾燥に伴い狂ったり割れたりといった欠点の発生が多く、したがって本来構造材ほど、乾燥材の使用が必要ではないかと考える。

今後、工期短縮やノークレーム木造住宅を真剣に考えるのであれば、構造材のうち柱への乾燥材使用は第一条件となり、この他、柱や内装材と接触あるいは連結する土台、梁・桁、根太等他の構造材も狂いの発生のない乾燥材の使用が望まれる。

参考文献

- (1) 建築用木材(針葉樹材)の「乾燥」についてのアンケート調査結果 1991.3 長野県木材協同組合連合会
- (2) 林産物の日本農林規格設定等調査事業報告書 平成2年3月 (財)日本住宅木材・技術センター
- (3) 建築用針葉樹乾燥技術研究資料 1992.2 (財)日本住宅・木材技術センター