

木造住宅部材の含水率分布に関する研究

寺 床 勝 也¹・木 村 彰 孝²・藤 田 晋 輔³
服 部 芳 明³・里 良 男⁴

(2003年10月21日 受理)

The Moisture Content Gradient of Wooden House Members

TERATOKO Katsuya¹, KIMURA Akitaka², FUJITA Shinsuke³
HATTORI Yoshiaki³ and SATO Yoshio⁴

要 約

築4年を経過した木造住宅部材の含水率を調査した。床下に敷設した木炭の調湿効果によって、床東の含水率は15～18%であった。一方、防湿未処理の床下での床東の含水率は、17～20%を示した。特に、北側の床東には生物劣化の可能性のある含水率24%を示した。鉛直方向にみた通柱の含水率分布は、小屋組材から1階の床組材にかけてゆるやかに上昇し、10～18%の範囲で推移した。方位別にみた住宅部材の含水率は、北側の1階床組材に高い含水率を示した。

キーワード：含水率，相対湿度，木造住宅，木炭，調湿効果

1. はじめに

木造住宅の構造部材の耐久性を低下させる原因に生物劣化がある。代表的な生物劣化には、木材腐朽菌による菌害とシロアリによる蟻害があり、この生物劣化によって木材の改質と構造断面の減少が引き起こされ材質強度の低減をまねく。生物劣化を進行させるには、菌の増殖に適した4つの条件「温度」、「空気」、「水分」、「栄養」がそろふ必要がある。逆にいえば、この条件のうちひとつでも抑止できれば生物劣化の進行をくい止めることが可能となる。このうち、「栄養」は木材自体であり、また「温度」や「空気」は、木造住宅の場合、通常の住空間を構成する因子だけに抑止不

1 鹿児島大学教育学部 2 鹿児島大学大学院教育学研究科 3 鹿児島大学農学部 4 MBC 開発(株)
1 Faculty of Education, Kagoshima University
2 Faculty of Education, Kagoshima University
3 Faculty of Agriculture, Kagoshima University
4 MBC development Co., Ltd.

可能である。このことから、生物劣化の制御は、木材中に含まれる水分、すなわち含水率に影響される。特に、木材の繊維飽和点である含水率35%~25%以上の状態で木材を使用し続けられれば、生物劣化の可能性が著しく高くなり、住宅の安全性を損なう恐れが大きい¹⁾。

木造住宅の耐久性を損なう箇所は、一般に建築物の基礎と接する柱脚部分、継手や仕口の接合部分、破風板等の屋外の風雨にさらされる部分、屋内の水に触れる部分があり、これらの部位の劣化は、建物の構造的欠陥に直接関係するものが多い。住宅の耐久性低下を防ぐには、湿気の滞留を防ぎ、雨仕舞いのよい構造、耐湿性の高い木材を使用するなどの対策が必要となる。

1995年の兵庫県南部地震（「阪神・淡路大震災」）において倒壊した家屋の調査から、木造軸組モルタル構造の住宅被害に生物劣化が原因としてあげられている²⁾。モルタル壁は経年劣化でひび割れを生じやすい。このひび割れから雨水が浸入し、壁体内部の木材に長期の湿気が滞留することで、生物劣化の条件が整い、耐力壁の強度を著しく低下させたと考えられる。

木造住宅は、長期間にわたり使用するため、住宅内部に使用され続ける木材の含水率変動をとらえにくい。特に、高湿度が予想される床下部材の多くは、高い含水率の状態になりやすく、住宅の安全性が懸念される。また、木造住宅に広く施工される布基礎仕様の場合、床下換気口の不十分さ等もその一因となりうる。また、通気層の少ない大壁仕様の場合、壁体内部の結露が原因で生じる気象環境の悪化が予想され、住宅の耐久性を損なう可能性は高い。特に、雨が多く、蒸暑地域である南九州では重要な課題である。いずれにしても、住宅内部で「見えがくれ」の状態で使用される木材の含水率は不明な点が多いのが実情である。

本研究では、建築後4年を経過した住宅の解体廃棄工事に伴う部材提供の機会が得られた。そこで、南九州地域でのケーススタディとして、住宅部材の含水率分布を明らかにすることを目的として調査を行なった。

2. 調査方法

2-1. 調査対象

調査対象は、鹿児島市のMBCモデル住宅展示場内に建築されたモデル住宅1棟である。表1にモデル住宅の概要と、図1にその基礎伏図を示す。この住宅の床地表面は盛土のまま防湿処理を施していなかったため、建築後まもなく、床束や畳下地材などの床組部材に湿性の木材腐朽菌が繁殖した。そこで、築2年後に床下調湿用木炭を一区画に敷設し、床下の気象改善を行なってきたものである³⁾。図1の「あみかけ」で強調した部分が、木炭を敷設した区画である。以上の経緯を踏まえ、調査は、築4年を経過した平成11年6月1日~6月3日に実施した。6月1日は、床束の試料採取、6月2日、3日は、鉛直方向の部材から試料を採取した。なお、表2には、調査時の鹿児島地方気象台で計測された気象データ⁴⁾を示す。

表1 調査対象モデル住宅の概要

工 法	在来軸組工法2階建（地下室付）	
築年数	建築後4年経過	
立 地	平坦・埋立地（海岸より内陸へ100m）	
面 積	1階床面積	123.64㎡(37.40坪)
	2階床面積	89.68㎡(27.13坪)
外部仕上げ	外 壁	防火サイディング
	基 礎	鉄筋コンクリート造布基礎
		床地表面防湿施工なし 床下換気口400×170mm 住宅金融公庫共通仕様書
内部仕上げ	内 壁	プラスターボード9mm下地 ビニールクロス貼
	断熱工事	断熱材として外部に接する天井裏・壁に グラスウール50mm使用
備 考	1階床下の1区画に調湿用木炭敷設（築2年後から） 商品名スミクール：約14kg/㎡（29.45㎡に200袋使用）	

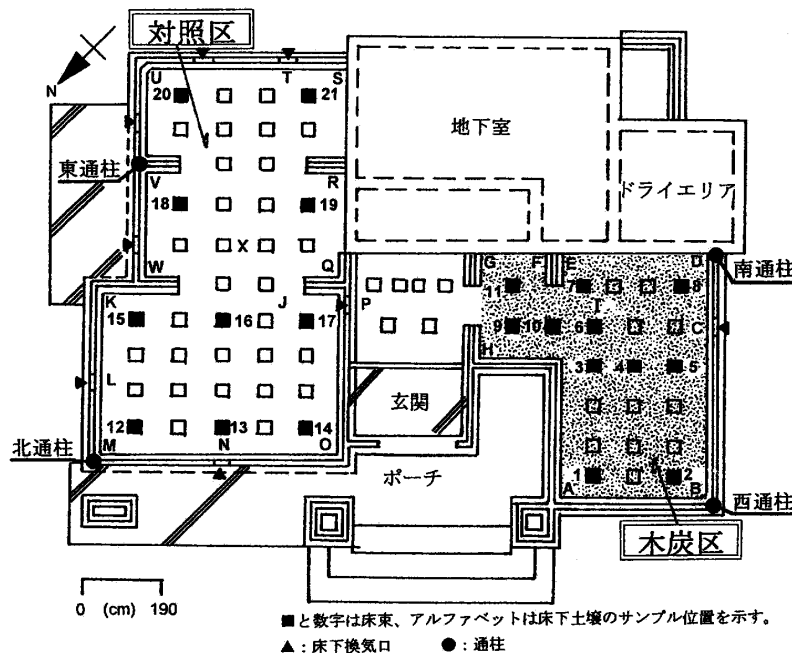


図1 含水率測定用試料の採取位置の概要

表2 調査時の気象データ

	平均気温(°C)	平均相対湿度 (%)	天 候	日照時間	平均風速 (m/s)
	最低気温-最高気温				
6月1日	23 19.0-27.0	64	曇り一時晴	9時間	2.9
6月2日	22 20.2-24.0	83	雨一時曇り 降水量2.5mm	なし	2.5
6月3日	23 20.4-26.4	82	曇り一時雨 降水量4mm	0.5時間	3.0

2-2. 含水率測定用試料のサンプリングならびに含水率調査方法

2-2-1. 床束のサンプリング

床下防湿処理の違いによる床束の含水率分布を検討するために、含水率測定用試料は、図1にナ

ンパリングした床束とした。すなわち、木炭を敷設した「木炭区」から11箇所（図1の■，試料1～11），盛土の露出した防湿未処理の「対照区」から10箇所（図1の■，試料12～21）とした。特に、布基礎に囲まれ、湿気の滞留が高いと思われる隅部を選定した。採取位置は、床束とコンクリート製の独立基礎が面する床束下端、ならびに、床束と土台角が接する床束上端の上下2箇所から採取した。なお、床束の上端と下端の距離は、およそ200mmであった。採取方法は、のこぎりびきにより手作業で行い、厚さ10mmのスライスを採取した。

2-2-2. 鉛直方向における部材のサンプリング

住宅の東西南北の隅角部に配置された4箇所の通柱（図1参照）を対象に、その鉛直方向における部材の含水率分布を調査した。図2に鉛直方向でみた試料の位置関係を示す。住宅の上部から順に、「屋根部材」，「小屋組材」，「2階上屋材」，「2階床組材」，「1階上屋材」，「1階床組材」に6区分し，図2の「●」の部位から試料を採取した。試料の大きさは、1辺20mm程度のブロック状とした。採取方法は、サイディング材をはがして部材を露出させた状態で、のこぎりびきにより手作業で採取した。

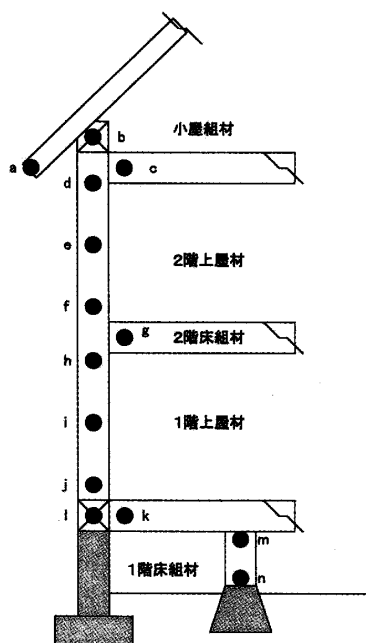


図2 鉛直方向の含水率測定用試料の採取位置

2-2-3. 含水率の測定

採取した試料を、ただちに重量を秤量したのち、100～105℃のオーブンに投入し、重量が恒量に達するまで完全に乾燥させた。すべての試料について、JIS Z 2102に準じて全乾重量法⁵⁾により含水率を求めた。

また、付随して、床下の盛土および木炭の含有水分量を、木炭区，対照区で比較するため、図1に示したA～Xの地点にて、5g程度の土および木炭をそれぞれ採取し、秤量後、ただちに全乾法

により含有水分率を求めた。なお、対照区からは、表層土と50mm深部の土の2種類を、また木炭区からは、調湿用木炭から木炭粉を採取し、その下から表層土を採取した。

3. 結果および考察

3-1. 木炭区および対照区の床束の含水率

図3(a), (b)に木炭区および対照区別にみた床束の含水率の分布傾向を示す。木炭区、対照区ともに、床束上端より下端の含水率が高い結果となった。

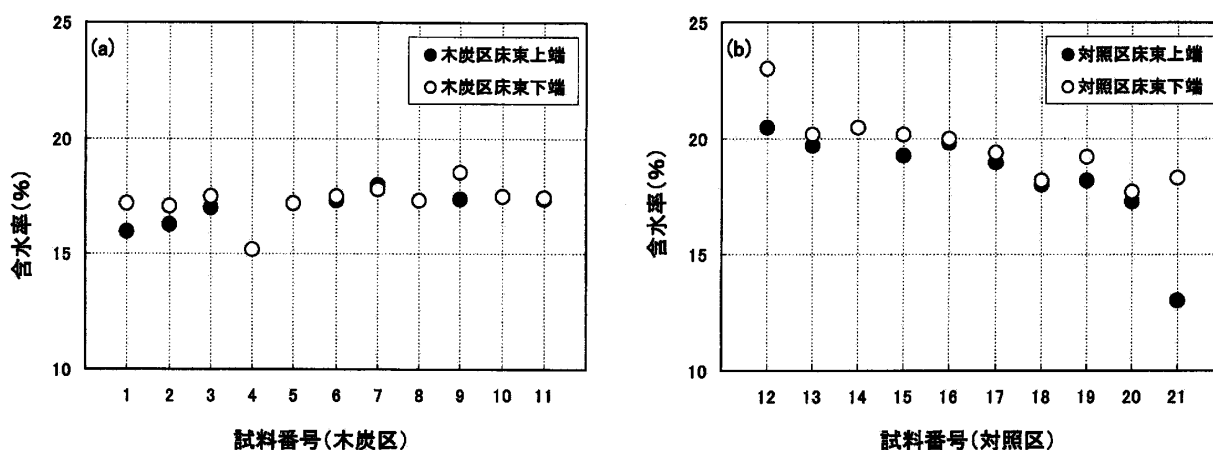


図3 木炭区・対照区の床束の含水率

木炭区の床束（試料1～11、図1の■木炭区参照）は、含水率15～18%の範囲で推移しており、含水率の平均値は上端で、16.8%、下端で17.3%であった。一方、対照区（試料12～21、図1の■対照区参照）は、17～20%の範囲に分布し、平均値は、上端で18.5%、下端で19.8%となった。

図3(a)から、木炭区の床束の含水率に大きな変動は見られず、かつ、含水率20%を上回る試料もなかったことから、木炭の調湿効果が考えられる。木炭は、外気の相対湿度の変化に応じて、木炭の水分の吸放湿特性により、周囲の湿度変化を緩和する効果があり⁶⁾、本調査結果からも再確認された。なお、木材の含水率20%という値は、菌が死滅して繁殖しないわけではなく、一時的に休止状態⁷⁾であることから、含水率20%は潜在的な生物劣化のボーダーラインとして理解すべきである。このことから、木炭区の床束は、それ以下の含水率に抑えられていたことから、調湿用木炭の効果は評価できる。

図3(b)から、対照区の試料12～17は、含水率20%付近の値を示した。その中でも北側の布基礎隅部の床束（試料12）は、試料中で最も高い含水率24%の値を示した。対照区の特徴として、生物劣化の可能性の高い含水率20%の値を示すとともに、床束上端・下端の含水率変動のばらつきが大きい傾向が認められる。これは、床下気象環境の垂直方向の変化が大きいか、局所的な微気候の変動が考えられる。木炭区のなだらかな推移と比較しても、大きく異なる点である。試料15, 16, 17の一行は、布基礎隅部に存在する床束の含水率の動向を調べるためにみたが、特に傾向は認められな

かった。当初予想していた、布基礎隅部の床束の高い含水率はこのケースでは不明であった。この件に関しては、より厳密なコントロール環境下での実験データを得ることが必要といえ、本研究では、ケーススタディとしての位置付けから傾向をとらえることまでとした。

3-2. 木炭区および対照区における土壌と木炭の含有水分率

図4(a), (b)に、木炭区と対照区の土壌含有水分率、木炭の含有水分率を示す。

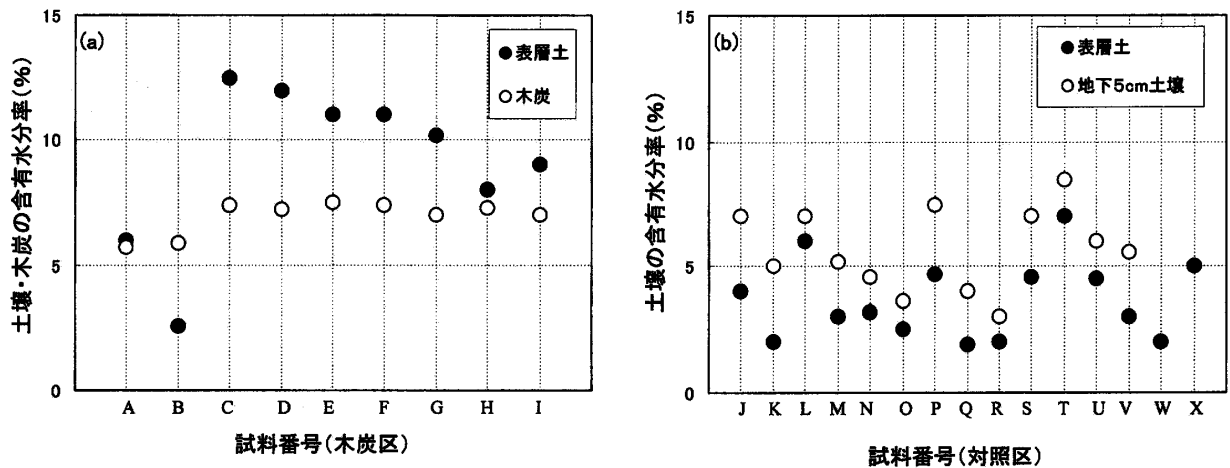


図4 木炭区・対照区の土壌の含有水分率ならびに木炭の含有水分率

木炭区の場合、盛土の表層を調湿用木炭が被覆した状態であったため、対照区に比べ、表層土の含有水分率は高い傾向を示した。木炭の含有水分率は7%前後を示し、図1に示す採取位置に関わらず安定的に推移している。図4(b)の対照区における土壌の含有水分率の結果は、ばらつきが大きく傾向を見出すことは難しい。ただ、布基礎に設けられた床下換気口に近い、試料Lと試料Tについては、表層土と地下50mmの土との含有水分率の差が小さい原因として、外気からの湿度の影響を受けていると考えられ、他に比べて大きい水分率を示している。試料Nも換気口に近いが、ポーチに続くベランダがひさしとなって、雨水の浸入を防いだものと考えられる。

3-3. 鉛直方向にみた部材の含水率

図5に、鉛直方向ならびに方位別にみた部材の含水率分布を示す。外気に接する破風板(a)を例外として、鉛直下向きに含水率が高くなる傾向が認められた。含水率の変動は、軒桁(b)～床根太(k)までゆるやかな含水率勾配を示した。しかしながら、床根太(k)～床束下端(n)の1階床組材では、急激な含水率の上昇を示した。

各区分別でみると、小屋組材 (b, c) は、含水率10~11%と最も低かった。小屋裏は、日射の影響で住宅内部が比較的高温になりやすく、そのため相対湿度の低下と木材の平衡含水率を低くするといえる。

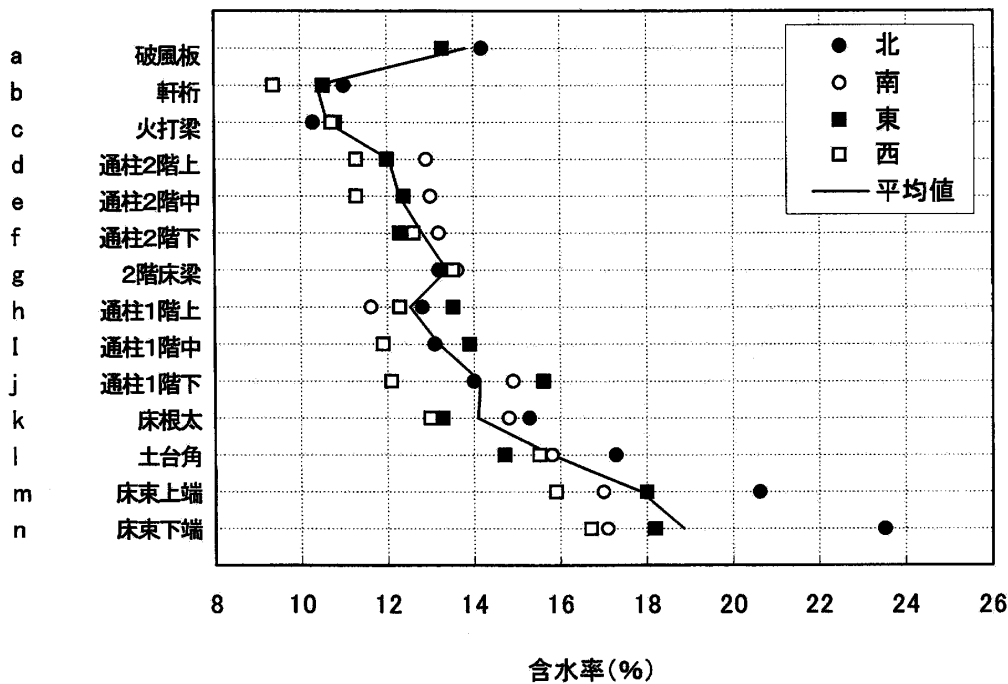


図5 鉛直方向における各方位別にみた部材の含水率分布

1, 2階の上屋材, 2階床組材 (d~j) は, 含水率11~15%の範囲であった。このとき, 通柱を各階の上・中・下部で含水率勾配の分布傾向をみると, 各階ともに, 天井から床面にむけて含水率が上昇する傾向が認められた。このことから, 大壁内に閉じ込められた空気温度分布は, 上層の天井面に向かって温度が上昇すると予想される。その反対に, 床面に向かって相対湿度は上昇していく傾向にあるといえる。大壁内で見られる温度勾配 (もしくは相対湿度勾配) によって通柱の含水率勾配を引き起こしたといえる。

1階床組材 (k~n) をみると, 含水率14~19%の範囲内にあり, 特に床東下端の含水率が最も高い値を示した。なお, 方位別にみると, 北側の床組材に高含水率の分布があり, 日中の温度の上がりにくい北側の部材で, 床組材の含水率は高くなる傾向が認められる。なお, 上屋材に関しては, 方位別の差異は認められなかった。

3-4. 気象条件と木造住宅部材の平衡含水率について

木材の含水率は, 木材のおかれる雰囲気中の温度と相対湿度によって, 木材から水分の出入りのない平衡状態 (平衡含水率) に達する。いま, 日本国内における室内の温湿度の範囲を, 気温10~30℃, 相対湿度35~80%と考えると, この範囲での木材の平衡含水率は, Kollmann⁸⁾の換算図から, 6.5~17.5%に相当し, 日中の温湿度の変動を考慮しても, 12%±4%程度が室内で使用される木材の平衡含水率になると考えられる。また, 日本各地の気候値平衡含水率の調査⁹⁾を参照すると, 日本全国の平衡含水率の年平均値は15.2%, 一方, 鹿児島では年平均値15.6%で, 最大値を示す6月で平均16.2%, 最低値を示す2月で平均13.5%の範囲を推移すると考えられ, 室内の平衡含

水率12%±4%として差し支えないとした。

そこで、調査時期の6月1日～3日の気象データ(表2参照)から、当時の木材の平衡含水率をKollmann⁸⁾の換算図を援用して推定してみる。6月1日の場合、平均気温23℃、平均相対湿度64%のとき平衡含水率は12%前後となり、6月2日と6月3日では、平均気温22～23℃、平均相対湿度80%のとき、およそ17～18%になると推定できる。

6月1日の調査時点で床束の試料の含水率は、木炭区の床束で15～18%、対照区の床束で17～20%であり、推定された平衡含水率12%と比較しても高い結果である。ここで、気温23℃のときの床下相対湿度を床束の平衡含水率から逆に推定すると、木炭区で75～85%、対照区で80～87%と推定される。以上のことから、床下の相対湿度は外気に対して高い傾向にあるといえよう。

また、6月2～3日の時点で採取した鉛直方向部材の試料は、推定された平衡含水率17～18%に対し、小屋組材から1階上屋材の含水率勾配(10～15%)と低い。大壁内部の気象環境を推定すると、気温22～23℃としたとき、相対湿度は55%～75%の範囲にあると推定される。

ただし以上の試案は、表2の平均気温を用い条件を一定としているため、実際の住宅内部の気象環境を推定しているとは断言できない。ただ、生物劣化の可能性の高い含水率20%は、通常、気温20℃以上、相対湿度80%以上の霧囲気中であり¹⁾、このことから、対照区の床下気象環境は、生物劣化の可能性の高い状態である。木炭区においても十分とはいえず、気象環境改善により効果的な木炭の分量等の条件をさらに検証する必要がある。

4. 総括

蒸暑地帯である南九州地域において、建築後4年経過した木造住宅部材の含水率調査を行なった。床下に木炭を敷設した木炭区と、防湿未処理の対照区における床束の含水率の比較、また、通柱を中心に、鉛直方向ならびに方位別にみた部材の含水率分布を調べた結果、以下の知見を得た。

- 1) 床束の含水率は、木炭区で15%～18%、対照区で、17～20%の含水率を示し、生物劣化を引き起こす可能性のある含水率20%以上の高い値を示す床束は対照区の北側でみられた。
- 2) 床束上端と下端の比較では、下端が高い含水率を示し、木炭区では、上端の平均値16.8%、下端17.3%、対照区では、上端で18.5%、下端で19.8%となった。
- 3) 木炭区・対照区の土壤水分率は、木炭区では、調湿用木炭の層が表面土壌を被覆するため、相対的に水分量が高い傾向にあるが、木炭の含有水分率は低く安定した7%前後の値を示した。
- 4) 鉛直方向にみた住宅部材の含水率は、小屋組材から1階床組材に向けて緩やかな含水率の上昇が認められ、その値は、10%～18%の含水率勾配を示した。
- 5) 方位別にみた住宅部材の含水率は、北側の1階床組材に著しく高い含水率を示し、20%を超える部材もみられた。

本研究では、ケーススタディとして住宅部材の含水率を詳細に調査した。この調査結果をもとに、

木造住宅部材のより適正な使用方法，木造住宅の設計，ひいては住宅内部における気象環境を予測するための基礎資料として活用することが必要であろう。今後もまた，より多くの事例調査を通して，地域に応じた，木造住宅の健全なあり方を追究していかねばならないと考える。

5. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり，MBC 開発(株)の里 良男氏から貴重な試料提供の機会をいただいた。また，MBC モデル住宅展示場のスタッフの皆様にお世話になった。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 屋我嗣良，河内進策，今村祐嗣編：木材科学講座12保存・耐久性，海青社（1997）
- 2) 日本木材学会編：木造住宅の耐震，日本木材学会（1996）
- 3) 日本住宅・木材技術センター：木炭を生かす－床下調湿資材としての木炭の活用－（1997）
- 4) <http://www.data.kishou.go.jp>
- 5) 高橋 徹，中山義雄編：木材科学講座 3 物理，海青社（1995）
- 6) 藤田晋輔・寺床勝也：住宅の床下気象環境の改善，森林文化研究第16巻（1995）
- 7) 有馬孝禮，高橋徹，増田稔編：木材科学講座 9 木質構造，海青社（2001）
- 8) Franz F. P. Kollmann : Principles of Wood Science and Technology I, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1906)
- 9) 林業試験場監修：木材工業ハンドブック，丸善（1995）

The Moisture Content Gradient of Wooden House Members

Abstract

We investigated the moisture content of members of a wooden house four years after building. By humidity adjustment effect of wood charcoal which was laid under the floor, the moisture content of wood posts was 15-18%. On the other hand, the moisture content of non-processed wood posts of was 17-20%. The wood post of the north side showed a particular high moisture content 24% and the possibility of biological deterioration. The moisture content slant through the pillars which was observed in a vertical direction showed 10-18%. It was gentle, and the change in moisture content rose from roof materials to the first floor system members. When moisture contents of house members were compared according to direction, the first floor materials on the north side showed highest moisture content.

Keywords : moisture content ; relative humidity; wooden house; charcoal; humidity adjustment effect.