

2001～2002年に新築された木質系住宅の カルボニル化合物気中濃度の実態調査*1

樋田淳平*2, 田中裕也*3, 山田雅章*3, 滝 欽二*3, 吉田弥明*3

Field Measurement of Carbonyl Compound Concentration in Indoor Air of Wooden Residential Houses Newly Constructed from 2001 to 2002*1

Junpei HIDA *2, Yuya TANAKA *3, Masaaki YAMADA *3,
Kinji TAKI *3 and Hiroaki YOSHIDA *3

Carbonyl compound concentration was surveyed in the indoor air of fifty-two new wooden residential houses constructed with different construction methods from 2001 to 2002. House construction method did not affect the carbonyl concentration of the indoor air. Actual air concentration of formaldehyde was 0.118 ppm on average. However, the concentration converted to 28°C/50%RH was almost the same as the guideline value (0.08 ppm). About half of the surveyed houses had formaldehyde concentrations more than the guideline value. Average actual air concentration of acetaldehyde was 0.171 ppm, nearly six times greater than the guideline value (0.03 ppm). Increasing the amount of wood-based material used, the acetaldehyde air concentration decreased, but the formaldehyde air concentration did not.

Keywords: indoor air, new wooden house, formaldehyde, acetaldehyde, wood-based material.

2001～2002年に新築された木質系住宅において、カルボニル化合物気中濃度の実態調査を行った。3種類の住宅工法と気中濃度の関連性は明確には認められなかった。ホルムアルデヒド気中濃度はなりゆきで平均0.118 ppmであったが、28°C、50% RHに温湿度補正後は0.084 ppmで厚生労働省指針値とほぼ変わらない値であった。指針値を超過する気中濃度を示した住宅は全体の約1/2であり、木質材料使用量による影響は明確にはみられなかった。アセトアルデヒド気中濃度はなりゆきで平均0.171 ppmで、指針値を6倍弱上回っており、木質材料使用量が増加するに従い、アセトアルデヒド濃度が低下する傾向が顕著であった。

1. 緒 言

近年、省エネルギー、省資源を目的に住宅の高気密化や新工法、新建材の導入等が急速に進んだ結果、居室における室内空気汚染問題が顕在化し、これはいわゆるシックハウス症候群として一般にも認識さ

れている。こうした背景を踏まえ、厚生労働省は1997年に、居室内におけるホルムアルデヒド気中濃度の指針値を策定した。現在では、ホルムアルデヒドを含む13物質についての指針値及び総揮発性有機化合物量 (TVOC) の暫定目標値を提示している¹⁾。また、国土交通省では、2003年7月より改正建築基準法を施行し、有機リン系の防蟻剤であるクロルピリホスの使用禁止、ホルムアルデヒドを放散する特定建材の使用面積制限の規制を行っている²⁾。これに伴い、日本工業規格及び日本農林規格が改正され、放散レベルの見直しが行われる等、対応が進められている³⁾。

住宅の空気質に関する研究は、ここ数年様々な報

*1 Received October 12, 2005; accepted January 10, 2006.

*2 岐阜大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Gifu 501-1193

*3 静岡 大学 農学部 Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka 422-8529

告がなされている。ムク材や珪藻土などの自然素材を使用した住宅では、ホルムアルデヒド等の指針値対象物質が指針値以下になる傾向が見られるが、竣工直後ではテルペン類が高濃度であり、TVOCが暫定目標値を上回ることが報告されており⁴⁻⁶⁾、また、ホルムアルデヒド濃度は冬季より夏季の方がはるかに高く、アセトアルデヒドは大きな違いが見られないことが報告されている⁷⁾。大野らが2000年度に実施した新築住宅におけるホルムアルデヒド室内気中濃度の調査⁸⁾によると、室内の平均値が0.175 ppmで、指針値を下回ったのは全体の24%という結果が得られている。このような中、ホルムアルデヒド放散の少ない建材の開発・使用が進められ、またムク材へも関心が高まり、これらの建材への需要シフトが起きている。本研究では、木質系住宅に焦点を当て、2001~2002年に新築された木質系住宅におけるカルボニル化合物の室内気中濃度の実態調査結果を報告する。

2. 測定住宅及び気中濃度の測定方法

2.1 測定住宅

静岡県及び愛知県において、2001年6~9月に竣工した来軸組工法住宅6棟、2002年7月~9月に竣工した来軸組工法住宅34棟（ログハウス1棟含む）、枠組壁工法住宅6棟、工業化住宅6棟の合計52棟を測定対象とした。測定は、住宅の竣工から入居までの間に行った。

2.2 カルボニル化合物気中濃度の測定

カルボニル化合物の気中濃度は、アクティブサンプリング法により試料空気を捕集した後、HPLCにて分析した。

2.2.1 試料空気の捕集

原則として測定前日の夕方に、住居の開口部すべてを30分以上開放した後、開口部を完全に閉鎖し、8時間以上密閉状態を保持した。その際、キッチンの戸棚やクロゼット等の備え付け家具類の扉は開放した。常時換気システムを採用している住宅では作動状態とし、これを維持した。すべての測定が終了するまで可能な限りこの状態を保持した。捕集箇所は室内では居間（リビング、ダイニングリビング及びダイニングキッチン）、寝室（もしくは子供部屋など）、及び外気の3ヶ所とし、捕集位置は部屋の中央付近の壁から少なくとも1m以上離れた、高さ1.2mの位置とした。外気では外壁及び空調吸排気口から2m以上離れた、室内の測定と同等の高さとした。室内においては各室とも2回ずつの捕集を行い、その平均値を測定値とした。空気捕集には

DNPH シリカカートリッジ（Waters社製）を用い、流速0.4 L/minで10 L捕集した。捕集時のオゾン及び水分の影響を排除するため、捕集管の直前にオゾンスクラバーを装着した。また、捕集管と隣接して温湿度計を設置し、空気捕集開始時点から終了までの室内及び外気の温湿度を1分間隔で測定した。

2.2.2 試料空気の分析

試料空気の分析にはHPLC（島津製作所LC-Avpシリーズ）を用いた。捕集済のDNPHシリカカートリッジにアセトニトリル3 mLを注入して溶出後、更にアセトニトリルを加えて全量を5 mLとし、分析試料とした。定量にはアルデヒド・ケトン-DNPH誘導体13物質混合溶液（GL SCIENCE社製）15 µg/mLを100倍希釈した溶液（0.15 µg/mL）を標準溶液として用いた。この際、測定に使用した捕集管と同様に持ち運んだ、栓をしたままのDNPHカートリッジからトラベルブランクを一連の分析操作により求めた。

2.3 換気回数の測定

今回測定を行った住宅のうち、6部屋についてJIS A1406屋内換気量測定法（炭酸ガス法）⁹⁾に準じて換気量の測定を行い、換気回数を算出した。

3. 結果及び考察

居間、寝室及び外気におけるなりゆきでのカルボニル化合物13物質の気中濃度のそれぞれの平均値をFig. 1に示す。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトンの3種の放散が顕著であり、その気中濃度の平均値はホルムアルデヒドが0.118 ppm、アセトアルデヒドが0.171 ppm、アセトンが0.139 ppmであった。その他に2-ブタノン、ベンズアルデヒド、

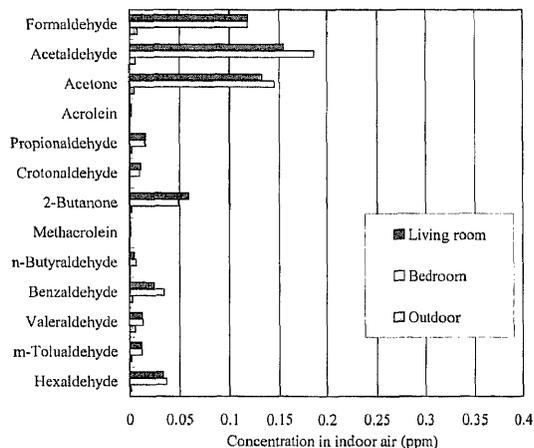


Fig. 1. Average air concentration of carbonyl compounds.

ヘキサアルデヒドなどの放散がみられた。今回の測定では、測定室の温湿度の平均値は29.9℃, 64.1% RH, 平均の換気回数は0.38回/hであった。換気回数については測定した部屋が6部屋と少ないこともあり、気中濃度との間に明確な傾向は見られなかった。また今回調査した住宅において、在来軸組工法、枠組壁工法、工業化住宅の工法による室内気中濃度の明確な傾向は認められなかった。従ってこれらを1つのグループとし、指針値¹⁾が提示されており、高い気中濃度を示したホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについて検討した。

3.1 ホルムアルデヒド

3.1.1 ホルムアルデヒド気中濃度

居間、寝室及び外気におけるなりゆきでのホルムアルデヒド気中濃度の度数分布及び累積度数をFig. 2に示した。なりゆきでは居間のホルムアルデヒドは0.029~0.484 ppmの範囲にあり、平均値は0.118 ppm, 中央値は0.090 ppmであった。寝室のホルムアルデヒド濃度は0.023~0.312 ppmの範囲にあり、寝室の全平均値は0.118 ppm, 中央値は0.098 ppmであった。厚生労働省指針値を超過したのは居間で59.6%, 寝室で58.8%であり、大野らの2000年度の調査結果⁶⁾である76%を下回り、ホルムアルデヒドは低減化が進んでいることが示された。一方、国土交通省の調査結果¹⁰⁾では、指針値超過率は2001年度で13.3%, 2002年度で7.1%であり、今回の調査よりも低い値となっている。この理由としては、国土交通省の調査ではパッシブ法を採用していることや、既居住の状態では測定していることなどが影響したものとと思われる。

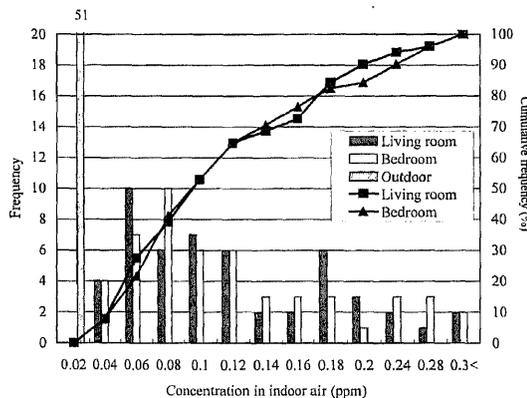


Fig. 2. Frequency distribution and cumulative frequency of formaldehyde concentration in indoor air.

Note: ■ Frequency distribution
— Cumulative frequency

ホルムアルデヒドは温度の影響を受けやすいため、井上の式¹¹⁾により、28℃, 50% RHの条件に気中濃度を補正し、考察する。ホルムアルデヒド気中濃度補正値の度数分布及び累積度数をFig. 3に示した。補正値では居間のホルムアルデヒド濃度は0.021~0.252 ppmの範囲にあり、居間の全平均値は0.082 ppm, 中央値は0.069 ppmであった。居間では指針値0.08 ppmの前にピークがあり、指針値を超過したのは約42%であった。寝室のホルムアルデヒド濃度は0.019~0.310 ppmの範囲にあり、寝室の全平均値は0.085 ppm, 中央値は0.076 ppmであった。寝室では指針値の前後にピークを示し、指針値超過率は約49%であった。また、居間と寝室では平均の気中濃度でみた場合、大きな差はみられなかった。

3.1.2 木質材料使用量の違いによる影響

測定した住宅では内装材としてムク材やビニルクロス、塗り壁や壁紙といった様々な材料が使用されていることや、表面仕上げにワックスや塗装がなされているなど、個々の材料別での比較が難しいため、フローリング材やムク材等を含む木質材料として焦点を当て、木質材料使用量が気中濃度にどのように影響するかを検討した。測定した住宅を木質材料使用量の違いから、使用面積が総内装面積の20%未満(加工製品が主, 区分A), 20~50% (一部にムク材を使用, 区分B), 50%以上 (ムク材が主, 区分C)の3区分に分類した。区分別の部屋数をTable 1, 区分A, B及びCの部屋の例をFig. 4~6に、木質材料使用量とホルムアルデヒド気中濃度の関係をFig. 7に示した。ホルムアルデヒドに関しては、区

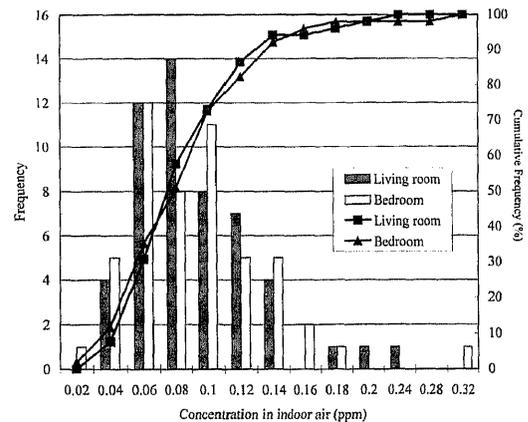


Fig. 3. Frequency distribution and cumulative frequency of formaldehyde concentration in indoor Air (Corrected value at 28°C, 50%RH).

Note: ■ Frequency distribution
— Cumulative frequency

Table 1. Division of rooms according to the amount of wood-based materials used

Division	Amount of wood-based materials used (%)	Number of the rooms ^{a)}	
		Living room	Bedroom
A	<20	39	40
B	20-50	3	4
C	50<	10	7

a) Only the living room was measured in one house.

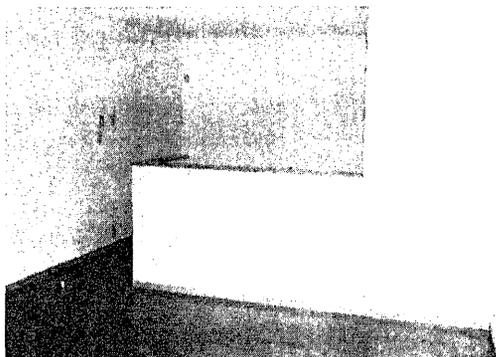


Fig. 4. A typical room of type A.

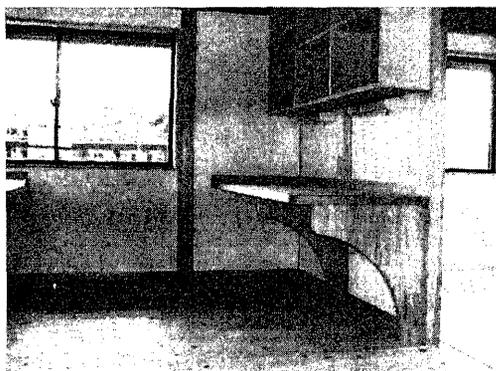


Fig. 5. A typical room of type B.

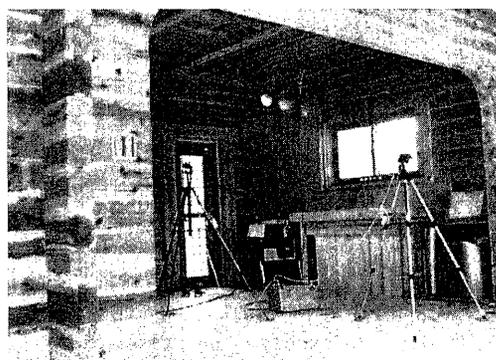


Fig. 6. A typical room of type C.

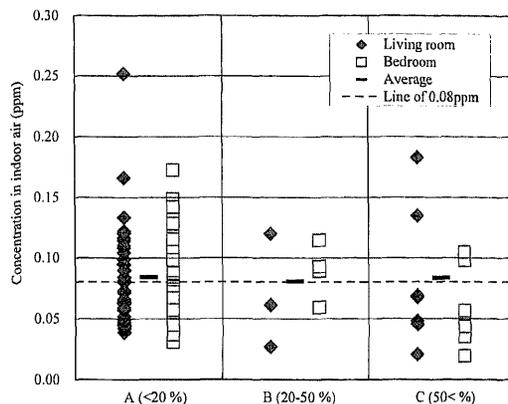


Fig. 7. Formaldehyde concentration in rooms where different amounts of wood and wood-based materials were used.

Note: Concentration corrected at 28°C and the 50%RH

分Aの住宅で最大値が高い傾向を示したが、平均値でみた場合、木質材料使用量が増加しても気中濃度には大きな変化は認められなかった。区分Aの住宅では壁及び天井にクロスを使用しているものがほとんどであり、区分B及びCの住宅に関しては、床、天井及び腰壁の仕上げにムク材を使用しているものが多いが、下地材などには加工木質材料を使用している住宅があり、これら下地材からの放散に起因するところが大きいと思われる。また、居室内に設置されている備え付け家具の中には材料の切断面が露出した状態のまま使用されているものもあり、材料の製造に使用された接着剤からホルムアルデヒドが放散され、気中濃度に影響している可能性も考えられる。したがって内装仕上げにホルムアルデヒド放散の懸念が少ない天然材料の使用量が増加したからといって必ずしも単純に気中濃度は低下せず、構造材や下地材、備え付け家具などに使用されている加工木質材料の影響を受ける可能性があることがわかった。

3.2 アセトアルデヒド

3.2.1 アセトアルデヒド気中濃度

居間、寝室及び外気におけるなりゆきでのアセトアルデヒド気中濃度の度数分布及び累積度数を Fig. 8 に示した。居間のアセトアルデヒド気中濃度は 0.009~0.657 ppm, 平均値は0.154 ppm, 中央値は0.098 ppm であり、寝室においては0.016 ppm ~0.934 ppm, 平均値は0.187 ppm, 中央値は0.116 ppm であった。厚生労働省指針値の0.03 ppm を 8 割以上の住宅で超過し、指針値以下であったのは居間、寝室とも約15%にとどまった。しかし、アセトアルデヒドについ

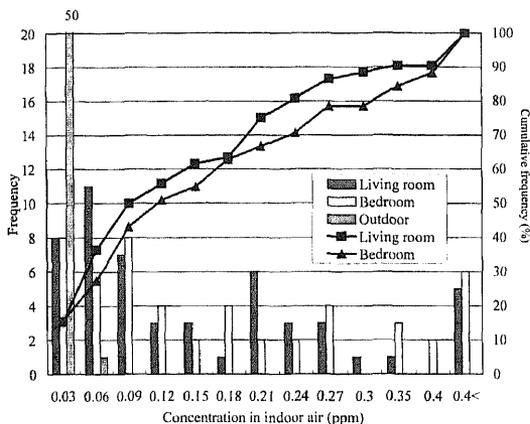


Fig. 8. Frequency distribution and cumulative frequency of acetaldehyde concentration in indoor air.

Note:
 ■ Frequency distribution
 — Cumulative frequency

ては WHO が定めた指針値が誤りであったとの情報があり、0.03 ppm ではなく 0.17 ppm であったとされることから、現行の指針値に関して厚生労働省において再検討がなされている¹²⁾。この 0.17 ppm という値でみた場合、その超過率は居間で 36.5%、寝室で 41.2% となり、4 割近くの部屋で 0.17 ppm を超過し、寝室では平均値でも超過する結果であった。一方、国土交通省の調査¹⁰⁾ では、指針値 0.03 ppm を超過した住宅は 2002 年度で 9.2% とわずかであり、大きな差がみられた。また、アセトアルデヒドは寝室の方が居間よりも高濃度である傾向を示したことから、収納等の備え付け家具の違いが放散に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

3.2.2 木質材料使用量の違いによる影響

3.1.2 と同様にも木質材料使用量の違いから 3 区分に分類して検討する。Fig. 9 に木質材料使用量とアセトアルデヒド気中濃度の関係を示した。WHO の推奨指針値 0.17 ppm を超過したのは区分 A で 45.5% (36 部屋)、区分 B で 42.9% (3 部屋)、区分 C で 5.9% (1 部屋) であり、アセトアルデヒド濃度は木質材料使用量が増加するにつれ、減少する傾向が顕著であった。特にムク材を多用している区分 C で低い値であった。区分 A では、床がフローリング材、壁及び天井がクロス貼りの住宅が多く、区分 C では床及び天井がムク材、壁が塗り壁で、さらにムク材の腰壁を使用している住宅が多いことから、これらの仕様の違い、特に加工材料が放散に影響したものと思われる。したがってムク材などの天然材料からはアセトアルデヒド放散は少ないものと思われる。しかし、加工材料が主である区分 A の住宅においても濃度が

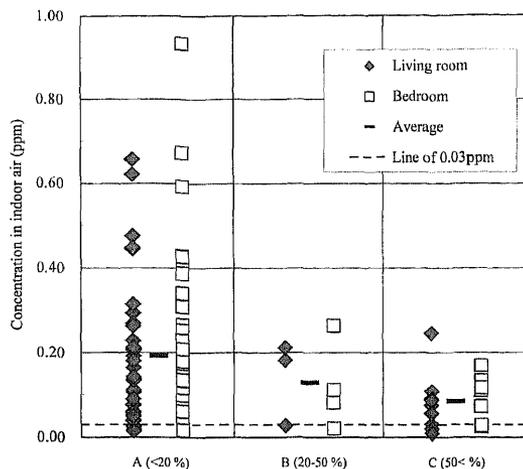


Fig. 9. Acetaldehyde concentration in rooms where different amounts of wood and wood-based materials were used.

低い部屋がみられたため、放散源に関しては明確ではない。今後は、高い濃度を示した住宅の内装仕様及び材料について詳しく調査し、放散源を特定することが必要である。

4. 結 論

2001~2002年に新築された木質系住宅52棟のカルボニル化合物濃度を測定した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) なりゆきでのホルムアルデヒド気中濃度は平均 0.118 ppm で、2000年の調査を大きく下回り、室内気中濃度の低下が進んでいることがわかった。温湿度を 28℃, 50% RH に補正後は平均 0.084 ppm で、指針値とほぼ変わらない値まで低減していた。
- 2) アセトアルデヒド気中濃度はなりゆきで平均 0.171 ppm で、厚生労働省指針値の 6 倍弱であった。
- 3) 指針値以下の気中濃度を示したのはホルムアルデヒドではなりゆきで約 41% であり、気中濃度の低減化が進んでいるが、アセトアルデヒドでは約 15% と少なかった。
- 4) アセトアルデヒド気中濃度は、寝室の方が居間よりも高濃度である傾向を示し、木質材料使用量が増加するにつれ低下する傾向が顕著であった。

文 献

- 1) シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する

- 検討会中間報告書-第8回~第9回のまとめについて, 厚生労働省医薬局審査管理課化学物質安全対策室, 2002.
- 2) 木村 謙: 第25回木材接着研究会講演要旨集, 静岡, 2004, pp. 66-70.
 - 3) (独)森林総合研究所: “シックハウスと木質建材資料集”, (財)林業科学技術振興所, 2004, pp. 1-38.
 - 4) 八木繁和, 寺村明憲, 吉田弥明: 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集, 岐阜, 2002, p. 170.
 - 5) 丸元典子, 谷 英明, 西村栄利子, 東田浩毅, 田淵誠一, 浅井万里成, 田辺新一: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 北海道, 2004, pp. 1001-1002.
 - 6) 西村栄利子, 谷 英明, 東田浩毅, 田淵誠一, 浅井万里成, 丸元典子, 田辺新一: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 北海道, 2004, pp. 1003-1004.
 - 7) 松鶴悟実, 吉野 博, 大澤元毅, 桑沢保夫, 渡辺俊行, 池田耕一, 鈴木大隆, 尾崎明仁, 三田村輝章: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 北海道, 2004, pp. 979-980.
 - 8) 大野貴久, 三木紀子, 山田雅章, 吉田弥明, 又平義和: 第51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 東京, 2001, p. 166.
 - 9) JIS A1406 (1974): 屋内換気量測定方法 (炭酸ガス法).
 - 10) 室内空気に関する実態調査 (住宅編) 平成15年度報告書概要版, (財)住宅リフォーム紛争処理センター, 2004.
 - 11) 井上明生: 木材工業 52(1), 9-14 (1997).
 - 12) 平成16年度室内空気中の化学物質濃度の実態調査の結果等について (速報), 国土交通省住宅局住宅生産課・建築指導課, 2005.