

集合住宅における室内化学汚染に関する研究

その1 新築集合住宅における実態調査

村江 行忠^{*1}
三浦 勇雄^{*2}
齋藤 彰則^{*3}
岡村 信之^{*4}

概 要

近年、住宅の高気密化および建築材料の変化に伴い、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOC)など化学物質による室内空気汚染が大きな問題になっており、その対策とともに室内濃度に関するデータの蓄積が求められている。そこで、各測定法による差異や換気による効果などを確認および、室内のホルムアルデヒド濃度に差をもたらす要因を検討することを目的に、新築集合住宅において、ホルムアルデヒドを中心とした室内空気質に関して測定調査を実施した。

その結果、ホルムアルデヒド測定方法についてそれぞれの特性と測定条件による差を把握するとともに、室内濃度に関しては、使用建材の他に、環境要因として、方位よりも換気量と住戸容積が影響を与えることが判明した。

STUDYS ON INDOOR CHEMISTRY POLLUTION AT MULTIPLE DWELLING HOUSES

Part 1 Examinations of indoor air quality at newly constructed multiple dwelling houses

Yukitada MURAE^{*1}
Isao MIURA^{*2}
Akinori SAITO^{*3}
Nobuyuki OKAMURA^{*4}

In recent years, the indoor air pollution by chemical materials such as Formaldehyde (HCHO) and Volatile Organic Compounds (VOC) becomes serious, with advance of air tightness and building materials at dwelling. And for the countermeasure, it is demanded that the indoor concentration data accumulate.

This paper is the outline of examinations of indoor air quality at newly constructed multiple dwelling houses, to examine a difference by measurement method and influence factor.

The results show that, the characteristic of each measurement method and a difference by the measurement condition were proved. And it was proved that ventilation and air volume of dwelling unit are important factors, influence on indoor air quality, in addition to building materials.

*1 技術研究所 *2 建築工事技術部 *3 設備設計部 *4 計画設計部

*1 Technical Research Institute *2 Architectural Engineering Dept.

*3 Mechanical & Electrical Engineering Dept. *4 Architectural Design Dept.

集合住宅における室内化学汚染に関する研究

その1 新築集合住宅における実態調査

村江 行忠*1
 三浦 勇雄*2
 齋藤 彰則*3
 岡村 信之*4

1. はじめに

近年、住宅の高気密化および建築材料の変化に伴い、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC）など化学物質による室内空気汚染が大きな問題になっており、その対策とともに室内濃度に関するデータの蓄積が求められている。

今回、2件の新築集合住宅において、ホルムアルデヒドを中心とした室内空気質に関して、測定調査する機会を得たので、その概要を報告する。

2. 小規模集合住宅(Aマンション)における測定事例

2.1 目的

この集合住宅は駅近くの商店街に立地し、60㎡程度の3LDKを中心とした総戸数40戸の標準的な都市型集合住宅である。ここでは2住戸を対象に各測定法による差異や換気による効果などを確認することを目的に調査を行った。

2.2 調査概要

調査対象の概要を表-1、図-2に示す。測定対象とした住戸は3面に開口部を有している他は、バルコニー側にリビング・ダイニング（LD）と和室、共用廊下側に2つの洋室を有する典型的な3LDKタイプである。床仕上げは、ほぼ全面がF2合板を使用した2重床となっており、その上にLD、廊下はF2フローリング、洋室はカーペット敷きとなっている。壁および天井は石膏ボードまたはモルタル仕上げにRAL基準相当のビニールクロス貼りとなっている。

今回の測定は内装工事完了後、入居前の3日間で行った。1201号室においては、建設省提案の方法¹⁾に準じ1時間換気^{注1}24時間密閉^{注2}後にLD、和室、洋室1の中央高さ1.2mにてホルムアルデヒド濃度（DNPH法、パッシブ法、検知管）、総揮発性有機化合物（TVOC）濃度を測定し、さらに換気の効果を確認するため、LDにおいて30分換気1時間密閉後および浴室換気扇運転1時間後のホルムアルデヒド濃度をDNPH法にて測定した。201号室ではLDにおいて、パッシブ法のサンプリング条件を密閉直後の8時間および24時間、さらに24時間密閉後の24時間と変化させてその差異を比較した。また各室の温湿度と併せて各住戸の気密状態での換気量を炭酸ガス法²⁾により測定した。

表-1 測定対象概要

建物概要	
所在地	埼玉県(商業地域)
構造・規模	SRC造, 地上12階
延床面積	約3,000㎡
総戸数	住居40戸, 店舗1戸
工期	平成9年4月~10年11月
測定対象住戸	3LDK 約59㎡(201, 1201号室)
内装概要	
壁・天井	石膏ボード又はモルタル+珪藻土編+ビニールクロス
床(LD)	2重床 F2 捨貼り+F2 フローリング
床(和室)	化学畳
床(洋室)	2重床 F2 捨貼り+カーペット

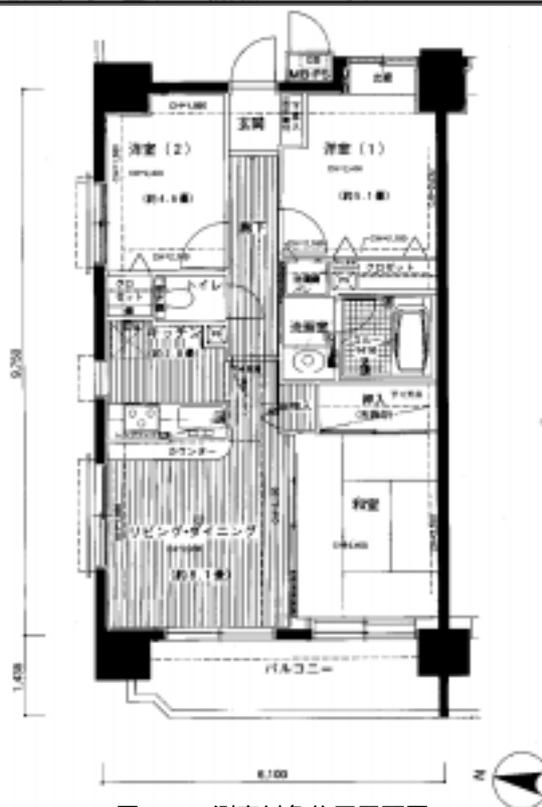


図-1 測定対象住戸平面図

表-2 測定概要

測定日	平成10年10月26~28日(天候:曇り)
温湿度	自記温湿度計
換気量	炭酸ガス法(JISA1406) 赤外線式炭酸ガス計
ホルムアルデヒド	DNPH-HLPC
	パッシブチューブ(TEA含侵洩カール管)-AHMT 検知管(光明理化学)
TVOC	TenaxTA-GC

*1 技術研究所 *2 建築工事技術部 *3 設備設計部 *4 計画設計部

2.3 結果および考察

以下に測定結果の概要を記す。

(1) 温湿度および換気量

表 - 3 に測定期間中における平均温湿度を示す。室温の日変動は最大で3 程度であった。また換気量は1201号室全体を単室とした場合、29m³/h(換気回数0.24回/h)であった。

(2) ホルムアルデヒド濃度

図 - 2 に各測定方法による1201号室のリビングダイニング(LD)、洋室、和室におけるホルムアルデヒド測定結果を示す。

ホルムアルデヒド濃度について、精度が高いとされている³⁾DNPH法で見るとLD・和室では厚生省推奨値^{注3)}である0.08ppmを超える結果となった。特に、押入れ部分にかなりの量の合板が使用されている和室での濃度が最も高くなっていった。今後、0.08ppmを満足させるためには、F1、E0の建材を選定するなどさらに対策を進める必要があるといえる。

測定法について比較すると、DNPH法と比べ、検知管法はやや高め、パッシブ法で70～50%程度低い測定結果となった。パッシブ法の場合は無人状態では、室内はほとんど空気の動きがない無風状態となるため、吸着されにくくなることも原因として考えられる。尚、このような測定方法による値の違いは、筆者らによる他の複数の測定でも同様の傾向を示している。

(3) 総揮発性化合物(TVOC)濃度

トルエン換算のTVOC測定結果を図 - 3 に示す。各室ともWHO勧告値^{注4)}300 μg/m³と比べかなり高い値となっており、特に洋室においては10倍以上となった。主な発生原因としては、カーペット用接着剤やクロゼット用造作材などが考えられる。室内化学汚染に関しては、現在ホルムアルデヒドについて先行して研究・対策が行われており、VOCに関しては、今後対策を検討する必要がある。

(4) パッシブ法におけるサンプリング時間に関する検討

パッシブ法は取り扱いが簡易で単体でサンプリングが行えるため、多点同時サンプリング等に有効な方法と思われるが、長時間サンプリングが必要であり、測定前の換気を行った後、どの時点から何時間サンプリングを行うかによって結果が異なってくるものと考えられる。そこで、サンプリング時間を換気終了直後の8時間、換気終了直後の24時間、換気終了後24時間放置(密閉)後の24時間の3通りとして測定を行った。

パッシブ法は理論上、サンプリング時間中の積分値をサンプリング時間で除した平均濃度を示しており、濃度予測式(1)を用いれば、パッシブ法測定値は式(2)で推定できる。そこで、初期濃度、外気濃度、平衡濃度、24時間気密後24時間濃度として逆算した発生量(1.03ml/h)により求めた推定値と測定値との比較を試みた。その結果図 - 4 に示すとおり、測定値と計算値はよく一致しており、換気後初期の濃度上昇時にサンプリングを行った場合は、時間に応じて低くなる傾向を示すと同時に、測定時間短縮のため換気直後からサンプリングを開始しても、換気量がわかれば平衡濃度の予測が可能であると考

表 - 3 温湿度測定結果

	201号室		1201号室	
	LD	LD	洋室	和室
平均温度()	18.3	18.0	18.2	17.7
平均湿度(%)	67.4	74.9	67.3	74.5

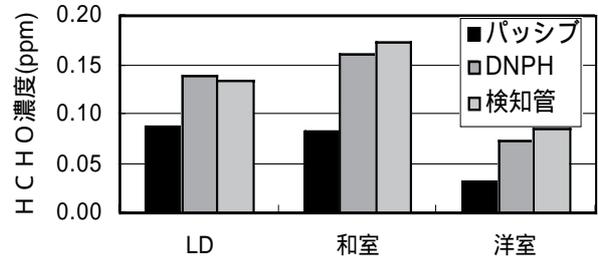


図 - 2 ホルムアルデヒド測定結果(1201号室)

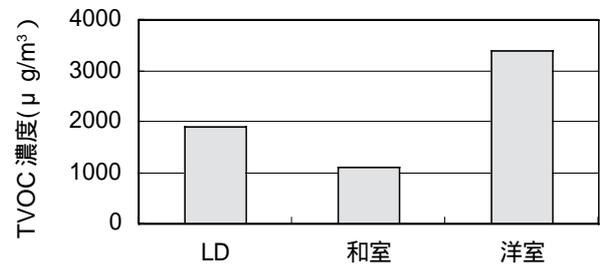


図 - 3 TVOC測定結果(1201号室)

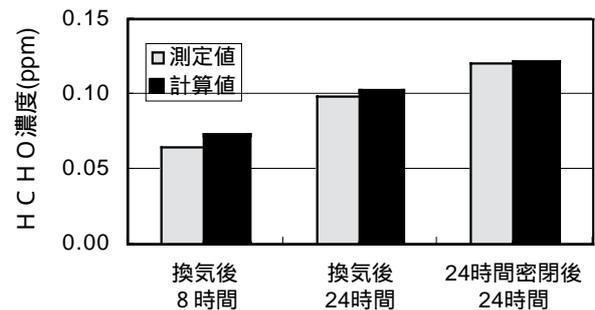


図 - 4 パッシブ法測定結果(201号室)

濃度予測式

$$C_t = C_0 + (C_1 - C_0)e^{-n} + \frac{M}{Q}(1 - e^{-n}) \quad (1)$$

C_t : t時間後の濃度(ppm) C_0 : 外気濃度(ppm)
 C_1 : 初期濃度(ppm) n : 換気回数(回/h)
 t : 時間(h) M : 発生量(ml/h)
 Q : 換気量(m³/h)

$$C_p = \frac{\int_0^t C_t dt}{t} \quad C_p: \text{パッシブ法推定値} \quad (2)$$

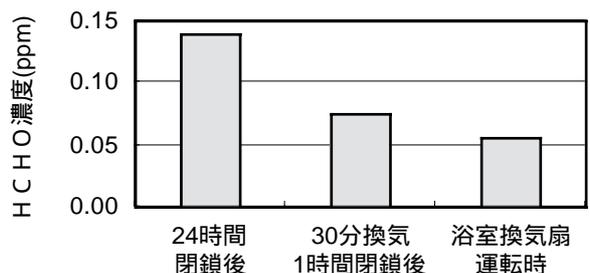


図 - 5 換気条件毎のホルムアルデヒド濃度(1201号室、DNPH法)

えられる。

(5) 換気条件によるホルムアルデヒド濃度

次に換気条件を変化させた場合のDNPH法によるホルムアルデヒド濃度測定結果を図 - 5 に示す。換気後 8 時間後の濃度が 0.14ppm であるのに対して、30 分換気後 1 時間の濃度は 0.079ppm、さらに浴室換気扇運転後 1 時間では 0.056ppm であり、一時的な換気あるいは換気扇などによる継続的な換気がホルムアルデヒド濃度の低減に効果があることが確認できた。

3. 超高層集合住宅(Bマンション)における測定事例

3.1 目的

ここでは、室内ホルムアルデヒド濃度を多数の住戸で同時測定し、濃度に差をもたらす要因を検討することを目的とした。

3.2 調査概要

測定対象の概要を表 - 4 に、住棟の基準階平面図、対象住戸の平面図を図 - 6、7 に、測定概要を表 - 5 に示す。この集合住宅は中央に吹抜け空間を有する地上 28 階建て総住戸数 230 の超高層集合住宅である。測定対象とした住戸は、東側(1タイプ; 2LDK + 納戸、各階 2 号室)、南側(Eタイプ; 3LDK + 納戸、各階 6 号室)、西側(Bタイプ; 3LDK、各階 9 号室)の 3 住戸を 4、9、14、19、25 階(一部 24 階)の 5 フロアの合計 15 住戸、各住戸内は LD、和室、洋室を測定対象として、合計 55 室および外気について同時測定した。内装の仕様は、ほぼ A マンションと同様であった。

測定時期は仕上げ工事完了後入居前の 2 日間であり、各住戸に設備されている電気温水器には通電されていない

表 - 4 測定対象概要

建物概要	
所在地	茨城県(商業地域)
構造・規模	RC 造、地上 28 階、地下 1 階
延床面積	約 37,800 m ²
総戸数	住居 236 戸、店舗・事務所 6 戸
工期	平成 8 年 7 月～10 年 12 月
内装概要	
壁・天井	石膏ボード又は珪藻土+ノンホルムアルデヒドクロス
床(LD)	2 重床 F2 捨貼り+F2 フローリング
床(和室)	化学畳
床(洋室)	2 重床 F2 捨貼り+カーペット

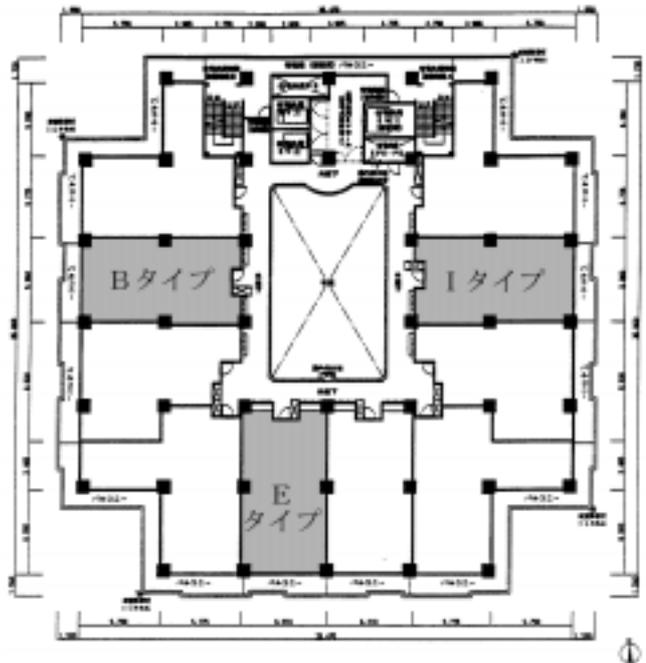


図 - 6 基準階平面図

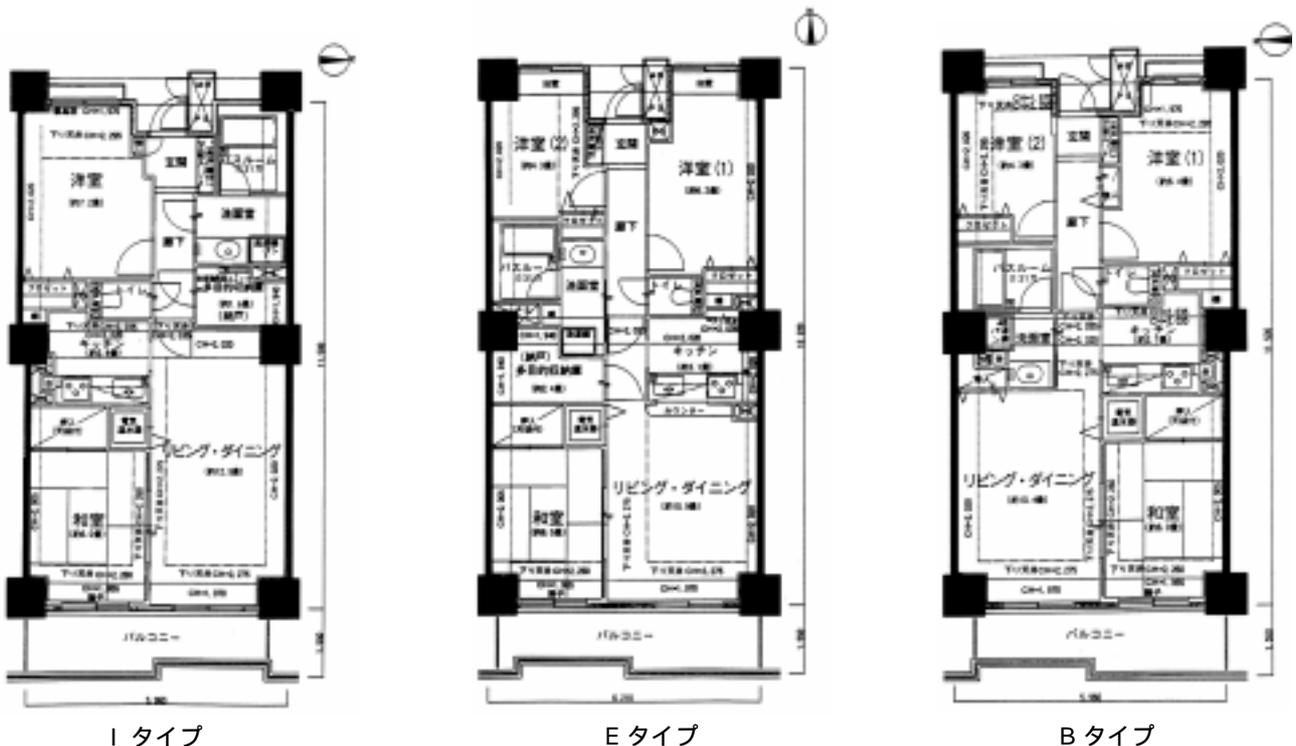


図 - 7 測定対象住戸平面図

い。ホルムアルデヒド濃度測定方法は同時多点サンプリング可能なパッシブ法とし、1時間換気直後からの24時間サンプリングを行い、406、1406、2506号室のLDについてはパッシブサンプリング終了直後および30分換気1時間密閉後にDNPH法によっても測定を行った。

3.3 結果および考察

以下に測定結果の概要を記す。

(1) 温湿度測定結果

測定期間2日間の天候はほとんど日射のない曇天（曇り/雨）であり、室内の平均温湿度は 12.2 ± 1 、 $58.5 \pm 8\%$ でほとんど均一で、日変動は2程度であった。また吹抜け内の上下温度差（28F - 3F）は0.8であった。風の状況は、7日は平均風速1.2m/s、最多風向N、最大風速3.0m/s(NNE)、8日は平均風速0.9m/s、最多風向WSW、最大風速2.0m/s(WSW)であった（気象庁観測値）。

(2) ホルムアルデヒド濃度測定結果

各測定点におけるパッシブ法による測定結果を図-8に、DNPH法による測定結果を図-9に示す。パッシブ法によるホルムアルデヒド濃度0.013～0.044ppm程度で全体に低めの値であった。これは、換気直後からサンプリングを行ったことにも起因するが、DNPH法による濃度も0.041～0.057ppmと低いことから、気温が10前後と低かったことが原因と考えられる。また、一時的な換気の効果については、Aマンションにおける測定結果と同様の傾向を示した。

(3) 室別のホルムアルデヒド濃度

室別の濃度を比較するため、パッシブ法の測定結果をLD、和室、洋室に分けて集計した結果を図-10である。これを見ると、Aマンションでは和室が最も高かったのに対して、本物件(Bマンション)では、洋室が高い結果となった。和室においては主なホルムアルデヒド発生源と思われる押入れに使用された建材がAマンションでは合板であったのに対して、Bマンションでは水平面以外は石膏ボードを使用しているため、和室が低い濃度となったと考えられる。またBマンション洋室の濃度が高めになった原因は、今回の調査範囲では推定できなかった。

(4) 高さ別のホルムアルデヒド濃度

高さ(階)別のホルムアルデヒド濃度を図-11に示す。高さによってホルムアルデヒド濃度に差異が生じる要因としては、内装仕上げ時期の違い、外部風や吹き抜け部の煙突効果による換気量の違いなどが考えられる。

本建物では低層部と高層部で夏期を挟んで約半年の工

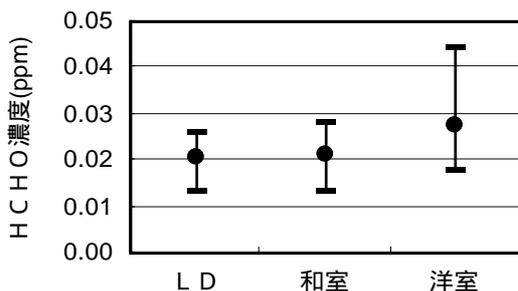


図-10 室別のホルムアルデヒド濃度

表-5 測定概要

測定日	平成10年11月7～8日(天候:曇り/雨)		
対象住戸	Iタイプ	Eタイプ	Bタイプ
	約68㎡	約71㎡	約68㎡
25階	—	2506	2509
24階	2402	—	—
19階	1902	1906	1909
14階	1402	1406	1409
10階	1002	1006	1009
4階	402	406	409
温湿度	自記温湿度計		
ホルムアルデヒド	パッシブチューブ(TEA 含優シリカゲル管)-AHMT DNPH-HLPC		

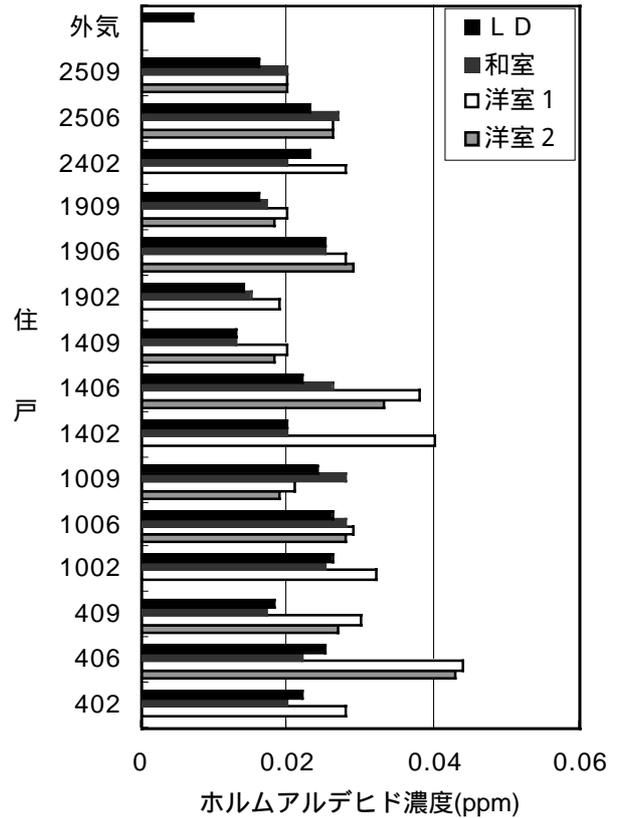


図-8 ホルムアルデヒド濃度測定結果(パッシブ法)

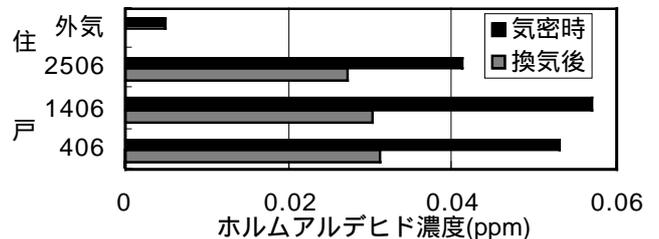


図-9 ホルムアルデヒド濃度測定結果(DNPH法)

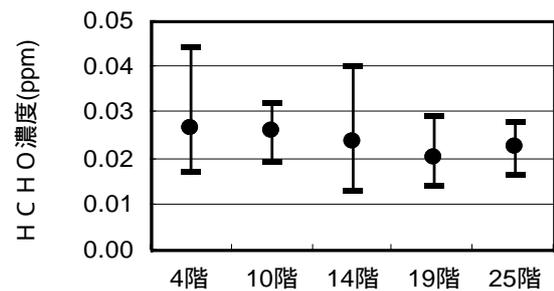


図-11 階数別のホルムアルデヒド濃度

期の違いがあり、高低差（25FL - 4FL）も63m程度あったが、測定結果に高さによる顕著な濃度差は見られなかった。その原因として相互の作用により濃度差が無くなっていた可能性も考えられるが、気温が低かったことにより全体に濃度が低かったこと、気密性が高く、かつ外部風が弱いためにほとんど通風がなされていないこと、さらに測定が入居前だったために建物全体が未使用状態で煙突効果もほとんどなかったことなどが考えられる。今後、自然通風などの効果を確認する場合は、換気レジスターの開放などある程度通風経路の確保を行うと同時に、気温が高い時期に測定するなど、測定条件を十分に検討する必要があると思われる。

(5) 方位別のホルムアルデヒド濃度

住戸タイプ別のホルムアルデヒド濃度は、図 - 12 に示す通り南側に位置するEタイプが最も濃度が高かった。ホルムアルデヒドの発生源となる、内装材については、全住戸タイプで同一の仕様であり、3タイプの住戸占有面積あたりの内壁量（0.60 ~ 0.64m²/m²）もほとんど同じであった。方位に関連して、日射の影響について考えると、測定期間中は曇天であったため、日射による直接の影響や室温の上昇も無く、吹抜け側の洋室でも、同様の傾向であることから、日射によるホルムアルデヒドの焼出し効果もあったとは考え難い。従って、Eタイプの住戸全体の濃度が高かったことから、換気（通風）の影響によるものと考えられる。しかしながら、測定期間中の最多風向がN又はSWSであること、前述したように高さによる差が明確に表れていないことなどから、Eタイプの換気量が少なかったとは考え難く、換気量が同じで面積（室容積）が大きいEタイプの換気回数がやや少なくなっていたために、Eタイプの濃度が高めになったものと考えられる。従って、方位による日射や風の影響というよりも、むしろ容積に対する通風量の違いにより濃度に差が生じたものと考えられる。

4. おわりに

今回2件の集合住宅における室内化学汚染の実態を測定調査することにより、測定方法についてそれぞれの特徴を把握するとともに、測定条件による違いを確認することができた。また、室内濃度に影響を与える要因については明確に示すことは出来なかったが、いくつかの要因を推察することが出来た。今後はさらに詳細な測定によりこれらの推察を確認するとともに、濃度予測や化学汚染対策へと展開して行きたい。

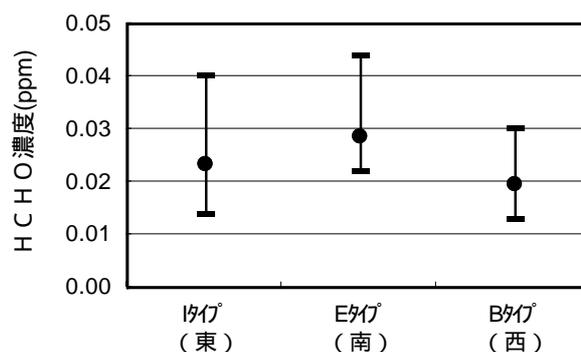


図 - 12 タイプ別のホルムアルデヒド濃度

【謝辞】

今回の実態調査において多大なご協力頂いたAマンション、Bマンションの関係各位、ならびに分析にご協力頂いた内藤環境管理(株)鈴木氏に対し、ここに記して謝意を表す。

注1；窓、換気スリーブなど全ての開口部、扉、襖、物入れなどを開放し、レンジフードを強運転した。

注2；窓、換気スリーブなど全ての開口部、扉、襖、物入れなどを閉鎖し、換気設備を停止した。

注3；厚生省「快適で健康的な住宅に関する検討会議」における健康住宅関連基準策定専門部会化学物質小委員会による指針値「30分平均値で0.1mg/m³以下」(1997)

注4；WHO：Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publi. Europe (1987) による指針値

【参考文献】

- 1) 建設省建築研究所(1998). 官民連帯共同研究「健康的な居住環境形成技術の開発」平成9年度概要報告書
- 2) 日本工業規格(1974). JIS A1406 室内換気量測定方法（炭酸ガス法）
- 3) 田辺新一(1998). 室内化学汚染-シックハウスの常識と対策. 講談社
- 4) 池田耕一(1992). 室内空気汚染のメカニズム. 鹿島出版会