

図 11-8 ワックスがけを行う人

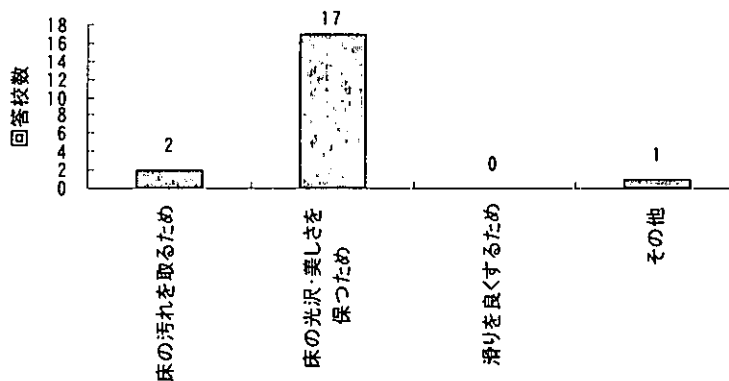


図 11-9 ワックスがけの目的

表 11-1 ワックスがけをしない理由

| 理由 | 回答数 |
|--|-----|
| 予算関係・児童への指導上、雑巾がけが適しているため | 1 |
| 床の材質上必要がないと思うから | 1 |
| 古い木床なので(床前面張替えをしなくてはいけない状態)、ワックスをかけても効果がないため | 1 |
| 考えるから | 1 |
| 教室清掃を徹底するよう努めている。 | 1 |
| 普段雑巾で水ぶきしているので、ワックスの効果の必要を感じない | 4 |
| ワックスがけの必要性を感じていなかった | 1 |
| 床がフローリング等でなく木の床で、雑巾がけを行っている。 | 1 |
| 小規模校のため床が特に痛むこともないので | 1 |

ワックスがけの目的についての回答結果を、ワックスがけを行う学校のみについて図 11-9 に示す。これを見ると、多くの学校において、美観のためにワックスがけを行っていることがわかる。木質フローリングの場合、溶剤系ワックスの使用により、かえって表面が劣化する場合もあるため、床種類とワックス種類の適切な組み合わせについての情報が必要と考えられる。

ワックスがけを行っていない学校について聞いた、ワックスがけを行わない理由の回答（自由回答）を表 11-1 に示す。ワックスがけを行わない場合、水ぶきで清掃を行っているようである。

11-2-3 アンケート調査結果の考察

アンケート結果から、ワックスがけの時期、種類、換気方法を換気時間について検討した。

図 11-10 にワックスがけ時期毎の換気時間の内訳を示す。夏期休暇中はその他の時期と比較すると、換気に費やす時間が短くなる傾向となっている。原因として、夏季休暇中でのワックスがけ実施日は出校日の午後に行うと回答した学校が多かったために他の時期の実施日より換気のための時間があまりとれなかったことや、桜島からの降灰を考慮した結果などが考えられる。

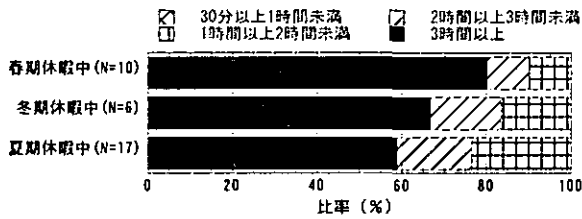


図 11-10 ワックスがけの時期と換気時間

図 11-11 に使用するワックス種類毎の換気時間の内訳を示す。水性ワックスを使用している学校では他種のワックスを使用している学校に比べて、換気に費やす時間が短くなっている。樹脂系、油性を使用している学校では 8 割以上が 3 時間以上と回答した。

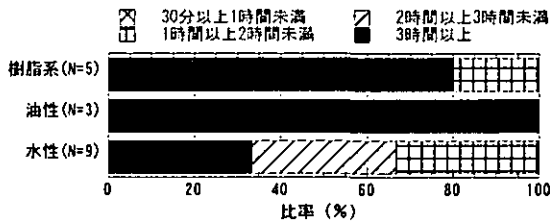


図 11-11 ワックスの種類と換気時間

図 11-12 は換気方法別の換気時間の割合を示している。窓の開放のみによる自然換気を採用している学校のほうが機械換気設備も併用している学校よりも、換気に費やされる時間が短いことがわかる。

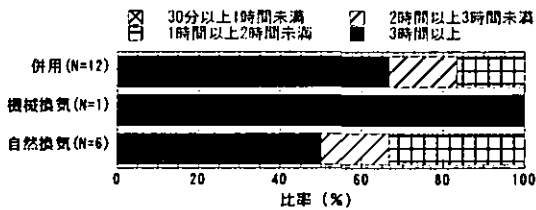


図 11-12 換気の方法と換気時間

11-3 教室におけるワックスがけ後の VOC 濃度測定

11-3-1 測定概要

測定は、2003 年 7 月 31 日から 8 月 8 日にかけて鹿児島市内の F 小学校にある普通教室を対象に行った。対象校の周辺環境は、学校が立ち並ぶ閑静な住宅街である。学校の敷地については、南端に体育館とプール、北端に校舎があり、それらの間に校庭が配されている。

測定対象教室の位置は、北校舎 3 階の教室であり、教室の北東側は廊下、南西側はグラウンドに面している。また、北西側には同タイプの普通教室が隣接し、南東側には便所が設置されている。教室は、梁間方向に 7530mm、桁行方向に 7800mm、天井高 3200mm であり、廊下の幅は 2700mm となっており、教室の校庭側の窓上部 2 箇所、廊下側にそれぞれ 1 台ずつ設置されている。測定対象の小学校・教室配置図、教室の平面図をそれぞれ図 11-13、図 11-14 に示す。

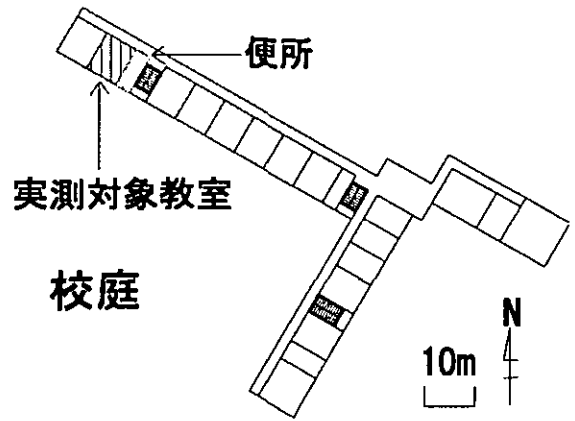
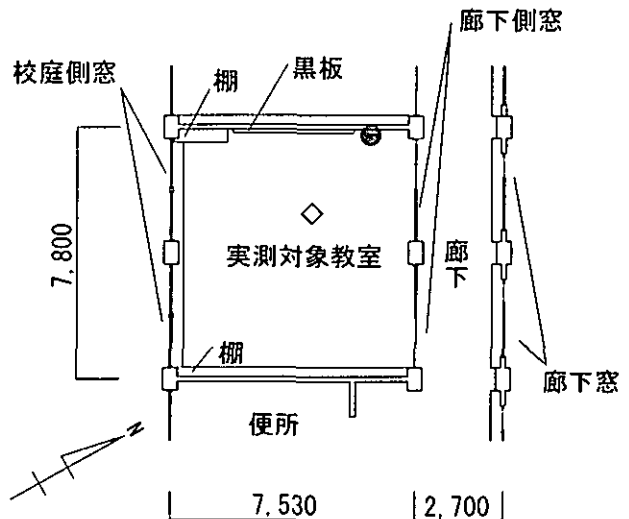


図 11-13 実測対象校配置図及び対象教室配置図



● : 温度、相対湿度測定箇所
◇ : 室内空気サンプリング箇所

図 11-14 教室平面図

11-3-2 測定手順

測定手順の図を図 11-15 に示す。本測定は、対象校において夏休み期間中に行われるワックスがけ後の室内空気質を検討しようとするものである。よって図 11-15 では、ワックス塗布開始時を $t=0(h)$ として表記している。

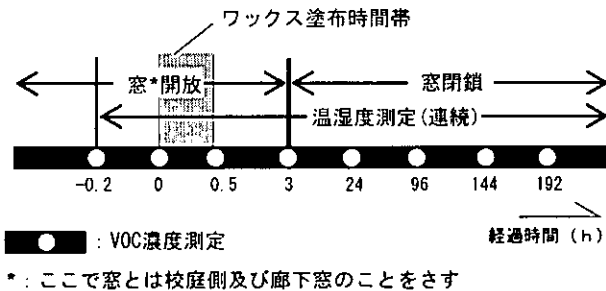


図 11-15 測定手順

表 11-2 使用ワックスの概要

| | |
|----|---------------|
| 成分 | アクリル樹脂、有機溶剤、水 |
| 種類 | 水性 |



写真 11-1 ワックスがけの様子

教室の校庭側の窓と廊下の窓については、ワックス塗布前より開放しており、 $t=3(h)$ にそれらの両方を閉鎖している。教室と廊下との窓(図 11-14 参照)については測定期間中を通して取り外され開放された状態となっている。なお、測定期間中を通して室内の換気扇は使用されていない。ワックスがけは 7 月 31 日の午後 2 時より実測対象教室の担任教諭により開始され、およそ 30 分で終了した。ワックスがけは、床用のワックスをスポンジに注入し、教室の校庭側床面より塗り広げられた。ワックスの容器に表記されていたワックスの概要を表 11-2 に示す。また、担任教師によるワックスがけ風景を写真 11-1 に示す。

11-3-3 測定項目

測定項目及び使用測定機器を表 11-3 に示す。測定は、教室内の室内空気温度及び相対湿度、VOC 濃度について行った。温度、相対湿度については、測定期間中連続的に測定した。VOC 濃度は室内空気を固体捕集管 (Tenax TA) に 100ml/min の流量で 10 分、計 1 リットルをアクティブ吸引し、その後加熱脱着装置で加熱、コールドトラップし、GC/MS にて分析、定量を行った。VOC 濃度測定のための室内空気のサンプリングは $t=-0.2(h)$ 、 $0(h)$ 、 $0.5(h)$ 、 $3(h)$ 、 $24(h)$ 、 $96(h)$ 、 $144(h)$ 、 $192(h)$ に行った。なお、室内温度・相対湿度、VOC 濃度測定のための空気サンプリングの箇所については図 11-14 に併記している。

表 11-3 測定項目及び使用測定機器

| 測定項目 | 測定機器 |
|---------|------------------------------|
| 温度、相対湿度 | メモリー式温湿度計 |
| VOC 濃度 | 吸着管: Tenax TA 分析装置: GC/MS |

11-3-4 温湿度測定結果

測定対象教室内の空気温度及び相対湿度の平均値を表 11-4 に、経時変化を図 11-16 に示す。温度については、ワックス塗布日以降は窓を閉鎖した状態が継続することから、測定期間を通して 32°C を上回っており、最高値は 37°C 近くまで上昇している。相対湿度についても $40\sim 50\%$ 程度の範囲で変動している。

表 11-4 教室内の室内温度と相対湿度の平均値

| 項目 | 温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 相対湿度 (%) |
|-----|---------------------------|------------------|
| 平均値 | 33.91 ± 1.47 | 46.72 ± 2.38 |

平均値 \pm SD

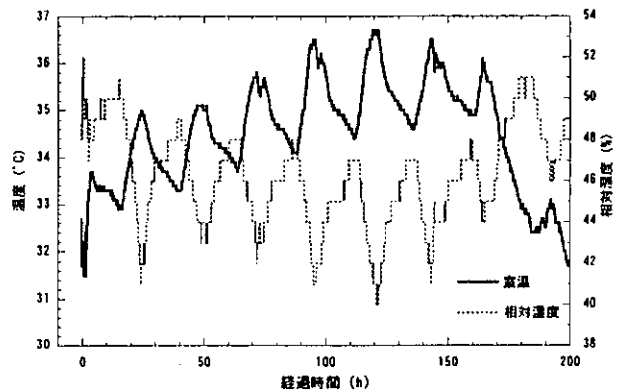


図 11-16 測定対象教室の温度・相対湿度の経時変化

表 11-5 測定 VOC 濃度 (濃度単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 経過時間(h) | -0.2 | 0.1 | 0.5 | 2.9 | 3.1 | 24.2 | 24.4 | 96.3 | 144.1 | 144.3 | 192.2 |
|-----------------|------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| トルエン | 22.6 | 13 | ND | 13.6 | 30 | 26.5 | 38.5 | 63.6 | 22.3 | ND | 21.2 |
| エチルベンゼン | ND | ND | ND | 3.2 | 7.1 | ND | 4.1 | 7.9 | 4.5 | ND | ND |
| p,m-キシレン | ND | ND | ND | 2.4 | 4.5 | 1.6 | 1.7 | 3.9 | 1.6 | ND | 2.8 |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 7.1 | ND | ND | ND | ND | 0.9 | 60.8 | 4.6 | 2.5 | 1.9 | 2.2 |
| p-ジクロロベンゼン | 11 | 7 | ND | 195.8 | 337.8 | 81.9 | 92.5 | 202.9 | 50 | 38 | 66.3 |
| デカン | ND | 260.8 | 56.8 | 641.1 | 1204.4 | 371.1 | 439.7 | 769.7 | 214.3 | 204.8 | 146.1 |

11-3-5 VOC 測定結果

測定対象教室内の VOC 濃度の結果を表 11-5 に示す。トルエンについては、ワックスがけ前後の濃度に大きな差がないことから教室もしくは外気に由来するものであると推察される。パラジクロロベンゼンについてもかなり高い数値となっているが、過去の研究⁴⁾や測定対象教室が便所に隣接していることを考慮すると、便所の防臭剤由来のものではないかと考えられる。逆にデカンについてはワックス塗布前後において明確な濃度の相違が認められることや、窓を閉鎖した後に濃度が上昇し、その後減衰していることなどから、ワックス由来の物質である可能性は高いと思われる。

11-3-6 ワックスがけ後における VOC 濃度の検討

塗布されたワックスから放散されたと思われるデカン濃度及び TVOC 濃度の経時変化を図 11-17 に示す。デカン濃度及び TVOC 濃度はワックスを塗布し始めた $t=0(\text{h})$ 以降上昇し、更に窓を閉鎖した後はデカン濃度は $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度に、TVOC 濃度は $9500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後にまで上昇する。 $t=24(\text{h})$ には両濃度とも低減して

いるが、デカンの濃度は $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後となっている。また、TVOC 濃度についても $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度と厚生労働省の暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回っている。その後もしばらくは同水準の濃度を維持し、やがて減衰したと思われる。

$t=144\text{h}$ 、 196h における TVOC 濃度はいずれも目標値を下回っている。

これらの結果から、ワックスがけ後 144 時間 (6 日) が経過しなければ、窓閉鎖状態では TVOC 濃度が目標値以下にはならないことになる。これはあくまでも、当該測定の状況における仮定であるため、より VOC 発生の多いワックスを使用した場合や、異なる温湿度環境、異なる換気状態では、それに対応した期間が必要となる。アンケート調査では、夏期休暇中にワックスがけを行う小学校が少なくなかったが、児童の登校日の 1 週間前以内に、ワックスがけを行うと、登校時の児童が高い VOC 濃度に曝露されるリスクが考えられる。適切な居住前換気の量及び期間が必要である。

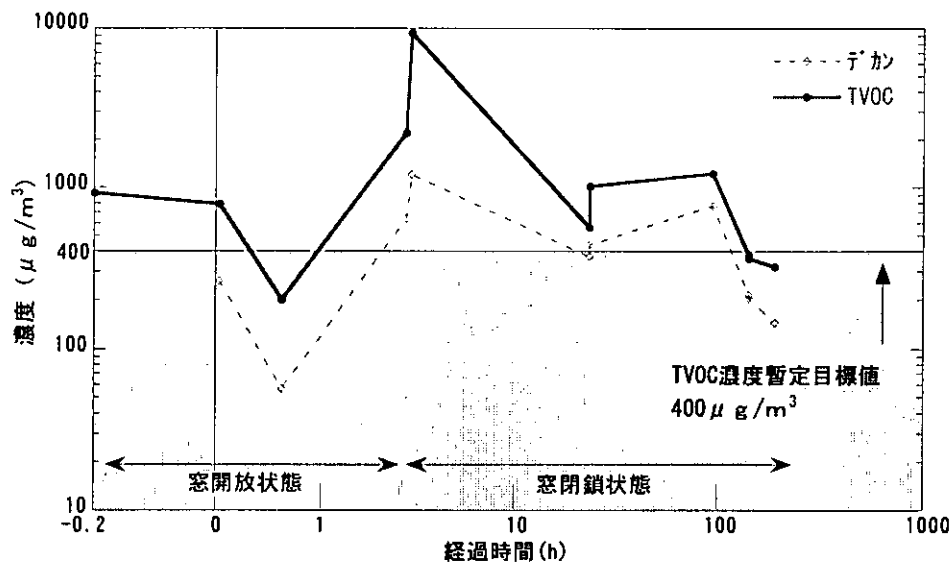


図 11-17 測定対象教室内のデカン・TVOC 濃度の経時変化

11-4 まとめ

鹿児島市内の小学校を対象に、ワックスがけに関するアンケート調査及びワックスがけ後における室内空気質測定を行い以下の知見を得た。

- 1) 回答校全体の半数近くの学校がワックスがけを実施していなかった。
- 2) ワックスがけを実施すると回答した学校の大半が夏季休暇中に実施している。
- 3) 床の種類とワックスの種類（ワックスがけをしないことを含め）の適切な組み合わせを検討することが必要である。
- 4) 今回の測定の状況においては、ワックスがけ終了後、窓閉鎖状態で TVOC 濃度が厚生労働省暫定目標値以下にまで減衰するのに 6 日を要した。休暇中にワックスがけをする場合は、児童の登校日までに適切な居住前換気の量・時間が必要である。

注) 複数回答のため、19 校中 17 校が夏期休暇中にワックスがけを行うという結果となっている。

【参考文献】

- 1) 例えば、梁郁，梅干野晃，伊藤直明，“夏季における教室の熱環境実態 日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 809-810, 1989
- 2) 例えば、石川善美，長友宗重，伊藤直明，吉野博，“暖房方式の異なる小・中学校を対象とした冬季における実態調査 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp. 353-356, 1988
- 3) 日本学校薬剤師会編，「学校環境衛生の基準」解説，薬事日報社，1995
- 4) 合原妙美，岩下剛，“鹿児島市内の小学校における室内空気質環境実測（その 1 小学校教室における揮発性有機化合物の濃度） 日本建築学会計画系論文集，第 553 号，pp. 63-70, 2002 年 3 月

第 12 章 北部九州における住宅の 空気質に関する研究

第 12 章 北部九州における住宅の空気質に関する研究

Field Study on Indoor Air Environment in Northern Part of Kyushu District

The field investigation on indoor air quality and thermal environment has been carried out in detached houses with thermal insulation for foundation walls in northern part of Kyushu district. Especially the humidity of crawl space and living space was noticed in this fiscal year. Considered the temperature of crawl space in rainy season, it was stable in the houses with insulated foundation. As for the humidity of crawl space in rainy season, it was comparatively high in the house which had not installed crawl space heating system. The humidity of crawl space with ventilating opening was higher than insulated foundation system in rainy season.

KEYWORDS: Measurement, Thermal environment, Humidity, Under floor, Kyushu

12-1 はじめに

九州地方においても、暖冷房エネルギーの削減と室内温熱環境の向上を目的として、高断熱で気密性の高い住宅が普及しつつある。都市化や防犯等の理由で、開放的な住まい方から閉鎖的な住まい方への移行も顕著になっている。本研究で着目した床下空間の形態も、床下換気口をもつ開放的なものから基礎断熱とした密閉型空間へ移行する傾向が見られる。このような床下仕様の変化の理由としては、床部で気密をとる床断熱より基礎断熱のほうが気密施工が容易なこと、基礎断熱の場合は防蟻のための土壌薬剤処理を回避できることなどが挙げられる。また、基礎断熱した床下空間を暖房システムの熱搬送部や蓄熱部として活用する手法も試みられている（図 12-1 参照）。ただし、床下の温風を居室へ吹き出すシステムのように、床下空間と室内が連続している場合は、床下空気が居室の空気質へ影響を及ぼすことも考えられる。また、季節蒸暑気候に属する北部九州では梅雨および夏季の床下温湿度環境についても気になるところである。本研究では、北部九州に建設された基礎断熱住宅の床下空間の形態や居室との連続性及び暖房システムに着目し、その熱環境・空気環境について調査を行った。本年度は、特に梅雨期と冬期の居室および床下温湿度変動について報告する。

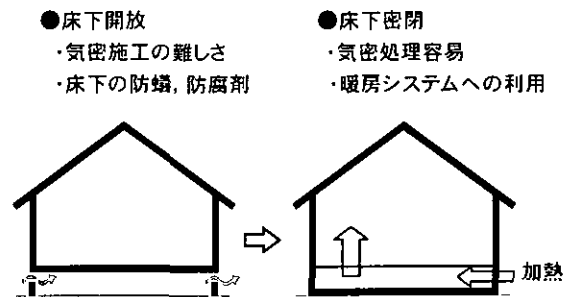


図 12-1 基礎断熱住宅の利点

12-2 実測対象住宅

実測対象住宅は福岡県内に建つ 5 件の基礎断熱住宅である（梅雨期は 4 件）。また、冬季については床下換気口を設けた住宅 2 件の比較測定も行った。実測対象住宅の属性を表 12-1 に、基礎断熱住宅の 1 階平面図を図 12-2～12-6 に示す。

12-2-1 H 邸

北九州市若松区に建つ高断熱・高気密住宅である。外壁はフェノールフォーム 30mm の外張り断熱工法、窓は複層ガラスで樹脂サッシを採用している。床下は内断熱であり、基礎コンクリート内側と防湿コンクリート上部（基礎壁から 90cm の範囲）にフェノールフォーム 30mm を施している。この床下仕様は基礎断熱住

表 12-1 実測対象住宅の属性

| | H 邸 | N 邸 | T 邸 | K 邸 | Y 邸 | S 邸 | O 邸 |
|--------|-------------|-------------|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| 所在地 | 北九州市 若松区 | 嘉穂郡 碓井町 | 福岡市西区 拾六町 | 筑紫野市 大字山口 | 大川市向島 | 嘉穂郡 嘉穂町 | 筑後市 羽犬塚 |
| 竣工年月 | 2002 年 10 月 | 2002 年 10 月 | 1995 年 12 月 | 2002 年 11 月 | 2000 年 12 月 | 1994 年 12 月 | 1994 年 11 月 |
| 気密・断熱性 | 高断熱・高気密 | 断熱・気密 | 断熱・気密 | 高断熱高気密 | 高断熱高気密 | - | - |
| 床下 | 密閉 | 床下温風暖房 | 床下温風暖房 | 空気循環式床 暖房システム | 床下温水 パイプ | 換気口あり | 換気口あり |
| 基礎 | 基礎内断熱 | 基礎内断熱 | 基礎内断熱 | 基礎内断熱 | 基礎外断熱 | 床下換気 | 床下換気 |
| 構造 | 木造軸組 | 木造軸組 | 木造軸組 | 木造軸組 | 木造軸組 | 木造軸組 | 木造軸組 |
| 家族構成 | 4 人 | 5 人 | 2 人 | 2 人 | 5 人 | 4 人 | 4 人 |

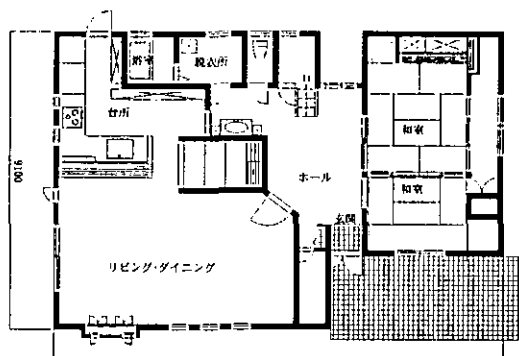


図 12-2 H邸1階平面図

宅としては標準的なタイプである。気密性能も高く、相当隙間面積は $0.8\text{cm}^2/\text{m}^2$ である。

12-2-2 N邸

嘉穂郡碓井町に建つ純和風の住宅である。外壁は真壁であり、フェノールフォーム 25mm を柱間に充填している。床下の断熱はH邸と同様の内断熱仕様、窓は複層ガラスで断熱防露アルミサッシである。

12-2-3 T邸

福岡市西区に建つ自然エネルギー利用住宅（太陽光発電、ダイレクトヒートゲイン、クールチューブ等を採用）である。外壁および天井はグラスウール 100mm、いる。ペリメータ部には床吹き出し口があり、床下空間と居室空気はこの床吹き出し口を介して連続している。床下には換気口があるが、冬季は断熱材で閉鎖する。

12-2-4 K邸

筑紫野市に建つ住宅であり、太陽熱利用空気循環式床暖房システムを採用している。ペリメータ部などには床吹き出し口があり、床下空間と居室空気はこの床吹き出し口を介して連続している。

12-2-5 Y邸

大川市に建つ高断熱・高気密住宅である。外壁は繊維系断熱材 100mm（充填工法）、屋根は繊維系断熱材 100mm+ポリスチレンボード 50mm で断熱している。窓は複層ガラス・木製サッシである。床のペリメータ部には自然対流による吹き出し口を設けている。

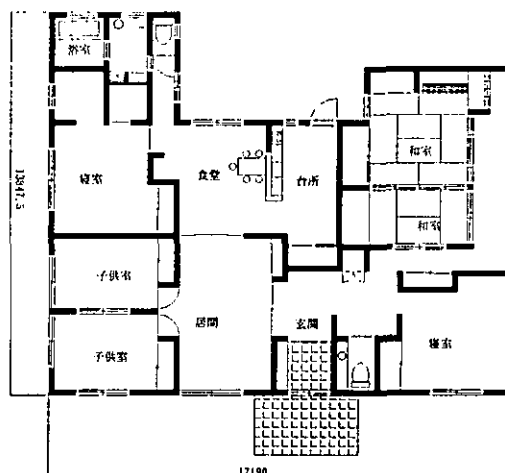


図 12-3 N邸1階平面図

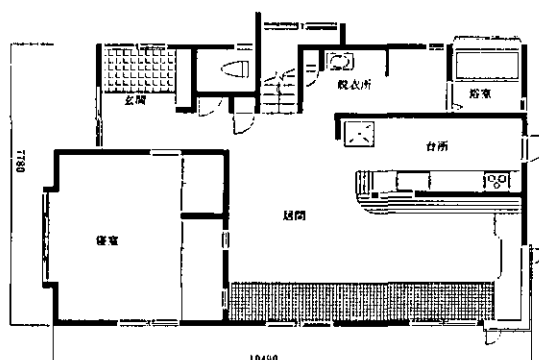


図 12-4 T邸1階平面図

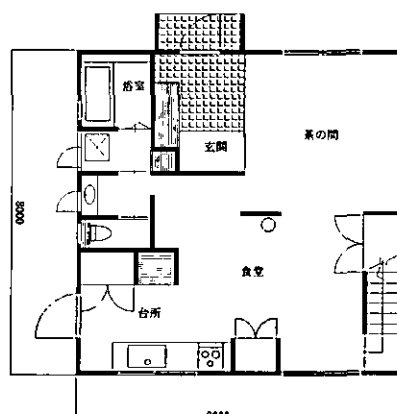


図 12-5 K邸1階平面図

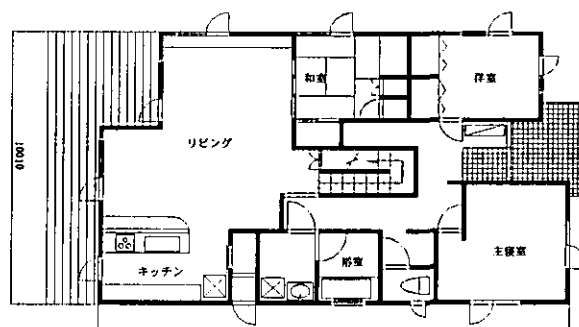


図 12-6 Y邸1階平面図

表 12-2 熱環境測定項目および測定方法

| 測定項目 | 測定機器 |
|-----------------|----------------|
| 1F居室空気温度・湿度 | 小型データロガーTR-72S |
| 中央床下空気温度・湿度 | 小型データロガーTR-72S |
| 床下南側コンクリート表面温度 | 小型データロガーTR-71S |
| 床下南側空気温度 | 小型データロガーTR-71S |
| 床下北側コンクリート温度 | 小型データロガーTR-71S |
| 床下北側空気温度 | 小型データロガーTR-71S |
| 熱流計による測定（中央、端部） | 熱流計 |
| 外気温度・湿度 | 小型データロガーTR-72S |

12-3 梅雨期実測結果

梅雨期の実測対象住宅はH邸、N邸、T邸、Y邸の4件である。主な測定項目を表 12-2 に示す。測定間隔は 30 分である。

12-3-1 居室と床下の空気温度日変動

図 12-7 に各住宅の居室ならびに床下の空気温度日変動を示す (2003 年 6 月 28 日)。図 12-7A より、梅雨から夏にかけて開放的な生活を送っている T 邸の居室温度は外気温度と似た変動になっている。一方、他の 3 件 (N 邸・H 邸・Y 邸) は断熱気密住宅特有の閉鎖的な生活様式であるため外気温度の影響をほとんど受けずに安定した室温となっている。Y 邸の 16:00 からの温度上昇は夕食調理時の熱が高断熱の為、室内に留まっていると思われる。また、図 12-7B より、床下に換気口のある T 邸の床下空気温度も居室と同様に外気温度の影響を受けている。

12-3-2 居室と床下の相対湿度日変動

居室と床下の相対湿度を図 12-8 に示す。図 12-8A より、T 邸は開放的な生活のために外気湿度とほぼ同じ湿度変動である。H 邸ではエアコンによる除湿を行っており比較的低い湿度を保っている。Y 邸は 16:00 の温度上昇で湿度も大きく変動するが、それ以前は N 邸と同じく安定している。図 12-8B で目に付くのは H 邸の湿度の高さであるが、これは H 邸の施工からまだ半年しか経過してなく、また基礎断熱ということで乾燥過程にある床下のコンクリートからの水分の影響が考えられる。しかし同じ時期に施工した N 邸の床下は H 邸と比較しても値は低くなっている。これは N 邸が冬に使用した床下温風暖房によって、床下コンクリートの乾燥が促されてこのような結果になったと思われる。

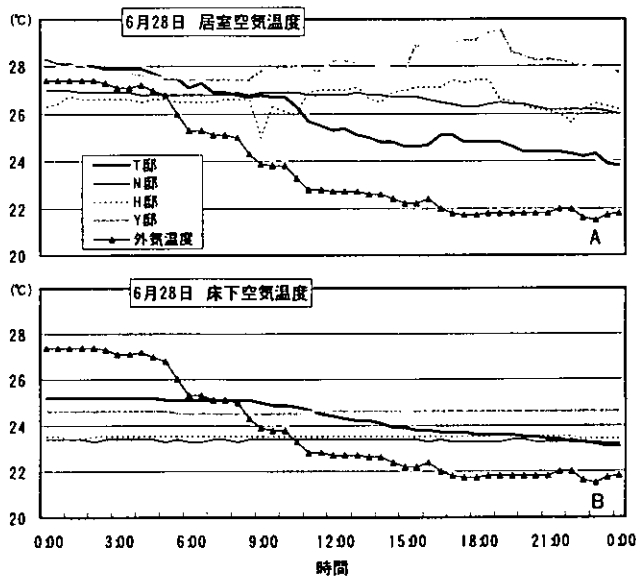


図 12-7 各住宅の居室ならびに床下の空気温度日変動

12-3-3 夏季の居室快適範囲

図 12-9 に居室の空気温度と水蒸気圧、相対湿度の空気線図を示し、その中に ASHRAE と日本が定めるビル管理法による規定範囲を入れた (2003 年 6 月 27 日~7 月 3 日)。T 邸は外気の影響を受けているので、全体的に湿度が高くまた温度にも大きなばらつきがある。N 邸の湿度は安定しているが冷房を使用して温度が少し低い分、湿度の数値が高くなり、快適範囲には入らなかった。H 邸、Y 邸とも日本が定めるビル管理法による規定範囲にほとんど入っている。これは H 邸が除湿を行い、Y 邸は室温が高くそれにより湿度が低くなった結果と思われる。

12-3-4 床下のカビ繁殖範囲

図 12-10 に床下の空気温度と水蒸気圧、相対湿度の空気線図を示し、カビの繁殖範囲を入れた。ここではカビの種類は低温性菌 (10~30°C・85%RH 以上で繁殖)、中温性菌 (20~40°C・80%RH 以上で繁殖) の 2 種類を取り上げた。床下に換気口を設けてあるため T 邸の床下は外気の影響を受け、また H 邸は基礎断熱により安定はしているが閉じ込められた湿気が影響して 2 件とも湿度 80% 超え低温性菌、中温性菌の繁殖範囲に入っていて危険な状態だというのが分かる。N 邸と Y 邸の床下は基礎断熱だが床下のコンクリートの乾燥も進んでいて、N 邸が少々中温性菌の繁殖範囲に入るものの、カビが繁殖しにくい湿度 80% 未満の条件を満たしている。

12-3-5 居室と床下空間の熱環境

図 12-11~12-14 に居室の空気温度、床下の空気温度、居室の相対湿度、床下の相対湿度のヒストグラムを示す (2003 年 6 月 28 日~7 月 3 日)。図 12-11 よりす

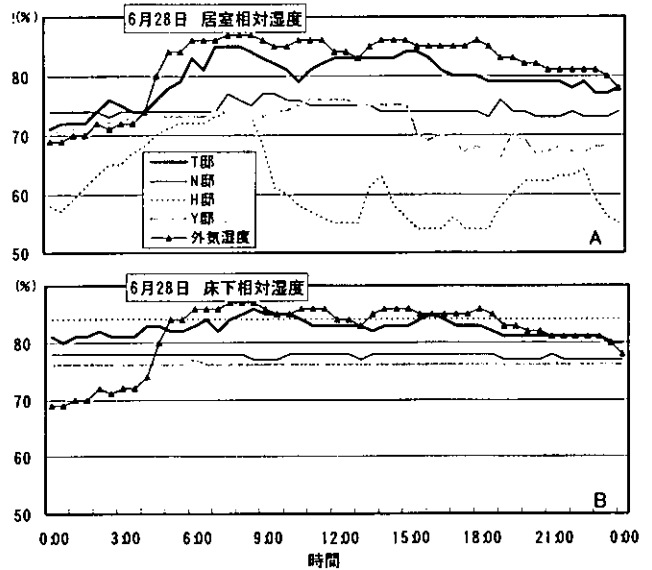


図 12-8 各住宅の居室ならびに床下の相対湿度日変動

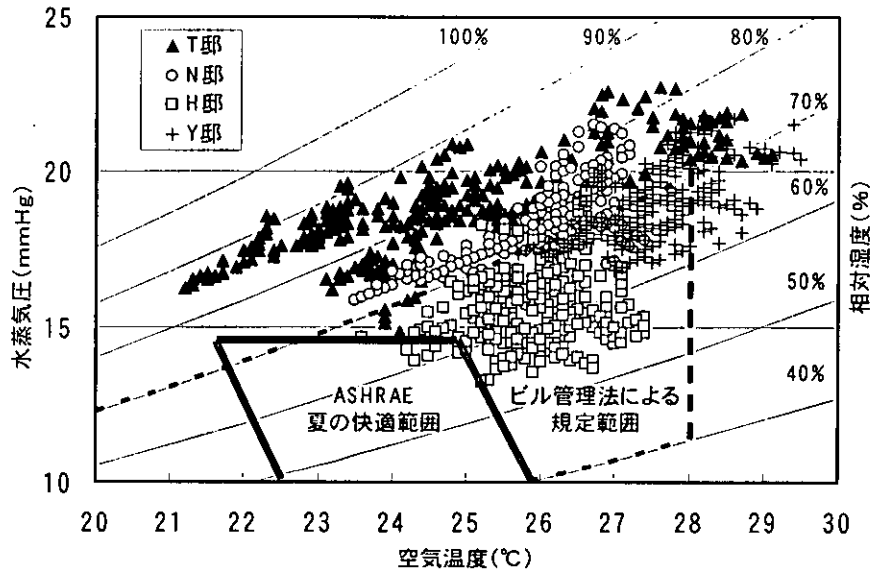


図 12-9 夏季の居室の温湿度(2003/06/27~07/03)

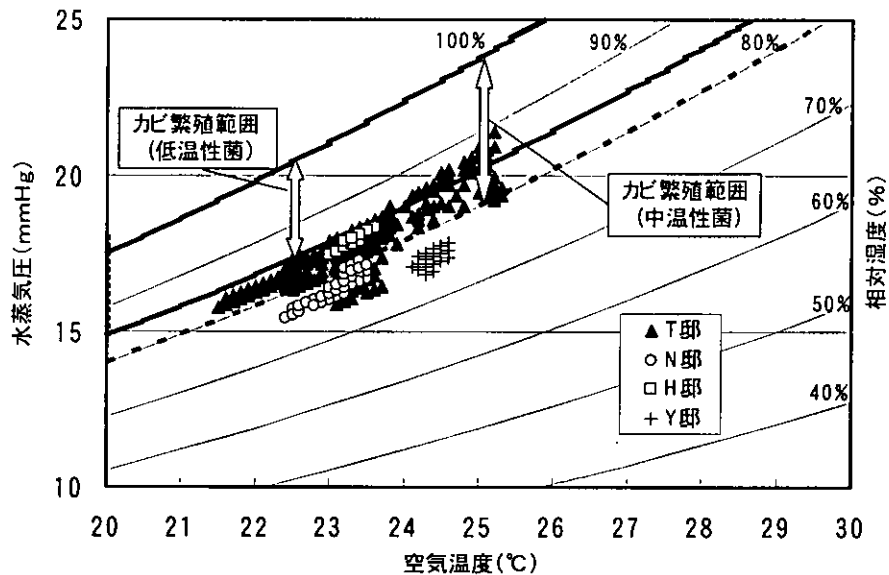


図 12-10 床下の温湿度(2003/06/27~07/03)

に述べている通り開放的な生活を送っている T 邸は 21 ~30℃という大きな範囲でばらつきを見せた。他の 3 件は、この一週間の平均気温が 22.2℃と少し低かったが、各住宅の頻度が 27~28℃と平均気温より約 3~6℃高く、住宅の断熱性と閉鎖的な生活スタイルが推測できる。図 12-12 では換気口がある T 邸以外の住宅は安定した温度になっていて、特に Y 邸は最大温度と最小温度の差が±0.5℃となっている。図 12-13 からは、T 邸において相対湿度 80~100%までの頻度が約 50%となっており、床下換気口を持つ住宅の床下空気が梅雨期の多湿な外気の影響を大きく受けていることがわかる。H 邸は除湿を行って全体の約 95%が相対湿度 50%~70%に含まれる。

図 12-14 を図 12-12 と一緒に見てみると、床下の熱環境の安定性がいかに優れていることわかる。しかし H 邸では湿度が高い状態で安定しているため床下の除湿・排湿が必要である。

12-4 冬季実測結果

12-4-1 暖房システム概要 (写真 12-1~12-6 参照)

(1) H 邸：冷暖房はエアコンを使用している。床下は閉鎖空間となっており、居室、外界とも繋がっていない。

(2) N 邸：暖房システムとしては、FF 式のヒーターよりフレキシブルダクトを介して床下空間に温風(60℃~70℃)を吹き込む方式(床下温風暖房：24 時間稼働)が採用されている。温風は床下のみで循環しており、床吹き出し口はない。

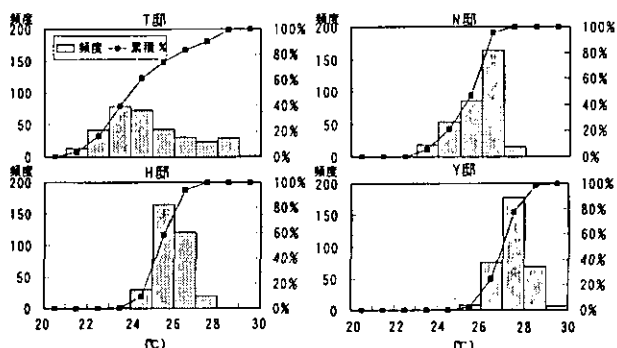


図 12-11 居室空気温度のヒストグラム (梅雨期)

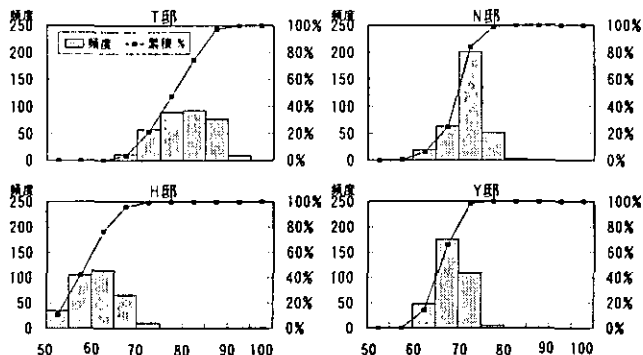


図 12-13 居室相対湿度のヒストグラム (梅雨期)

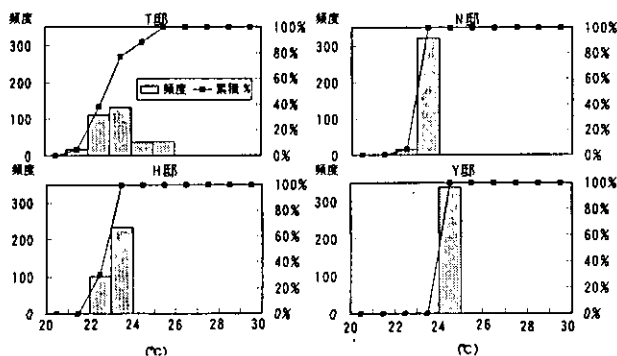


図 12-12 床下空気温度のヒストグラム (梅雨期)

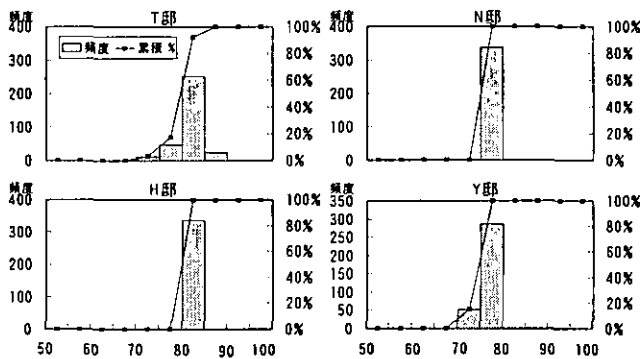


図 12-14 床下相対湿度のヒストグラム (梅雨期)

(3) T 邸：暖房方式は N 邸と同様の床下温風暖房 (24 時間稼動) であるが、ペリメータ部に床吹き出し口を設けている。つまり、床下空間と居室が床吹き出し口を介して連続している。

(4) K 邸：太陽熱利用空気循環式床暖房システムを採用している。軒先から取り入れた外気を屋根部の空気

式集熱パネルで昇温させ、立ち下りダクトを経て床下空間のコンクリートに蓄熱する方式である。防湿コンクリートの上部にポリスチレンボード 50mm の断熱を施し、その上に 100mm のコンクリートを打って、これを蓄熱部位としている。ペリメータ部には床吹き出し口があり、床下空間と居室空気はこの床吹き出し口を介して連続している。



写真 12-1 H 邸床下断熱状況

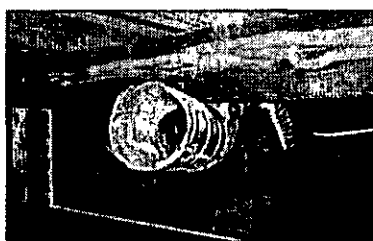


写真 12-2 N 邸床下温風ダクト

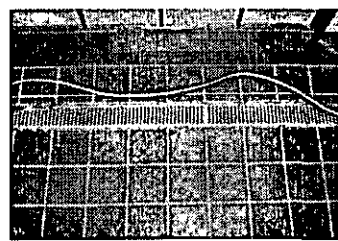


写真 12-3 T 邸床吹き出し部位

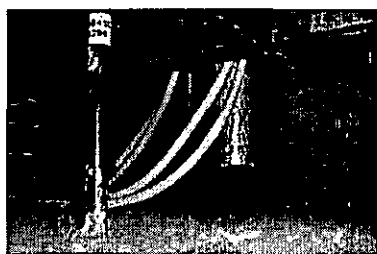


写真 12-4 K 邸床下立下りダクト



写真 12-5 Y 邸床下温水パイプ設置状況

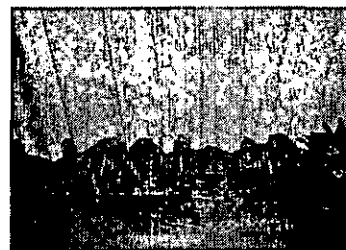


写真 12-6 Y 邸床吹き出し部位

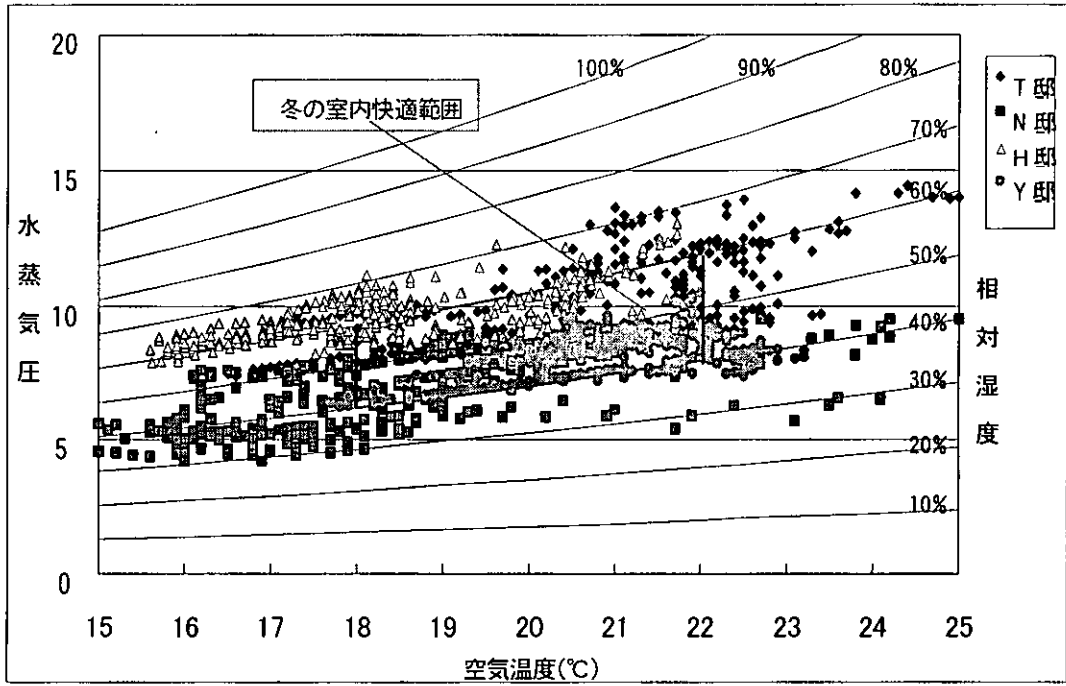


図 12-15 冬季室内空気温湿度

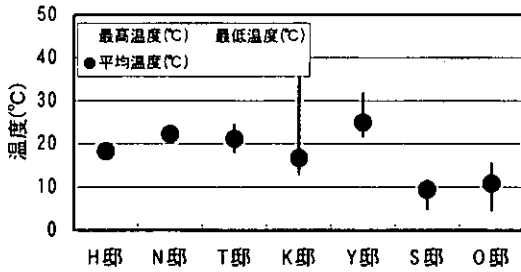


図 12-16 床下空気温度

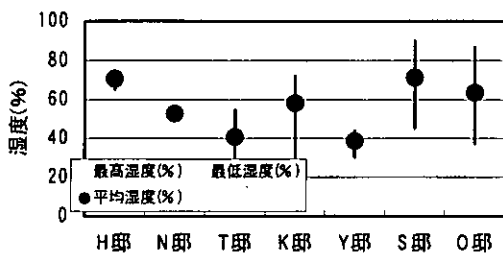


図 12-17 床下空気相対湿度

(5) Y 邸：暖房方式として、温水循環パイプを床下の防湿コンクリート上部に適度な間隔で重ねている。床のペリメータ部には自然対流による吹出し口を設けている。

12-4-2 冬季熱環境実測結果

主な測定項目は梅雨期と同様で、測定間隔は 30 分である。図 12-15 に 2 月 10 日～16 日までの居室の空気温湿度状態（空気温度、水蒸気圧、相対湿度）を空

気線図上に示し、その中に冬の室内快適範囲を描き加えた。4 件中、Y 邸では測定データの大半が快適範囲に入っているが、その他の 3 件はバラつきをみせた。図 12-16、図 12-17 には 12 月 6 日から 12 月 28 日までの床下空気温湿度の最高、平均、最低値を示す。床下の温度については 24 時間稼働の床下温風暖房とした N 邸と T 邸、および床下空間を暖房に利用しない H 邸で安定している。湿度については、H 邸で比較的高い傾向があるが、H 邸では床下が閉鎖されており、竣工後間もないこともあって、乾燥過程にある床下防湿コンクリートから放出された水分の影響と思われる。

12-5 まとめ

九州北部における基礎断熱住宅の床下および居室の温湿度環境について実測調査を行った。その結果、床下暖房を設置していない基礎断熱住宅では、冬期、梅雨期とも比較的高い湿度状態が続く。特に梅雨期はカビの繁殖範囲に入るため、除湿・排湿の工夫が必要である。同じ基礎断熱でも床下温風暖房と組み合わせた住宅では比較的低い湿度に保たれている。床下換気口をもつ住宅では梅雨期の床下温湿度は外気の影響を大きく受け、極端な高湿度状態になることが確認された。

第 13 章 総括

第13章 総括

13-1 研究目的

本研究の目的は、シックハウス症候群に関してその室内環境の評価方法及び健康影響の予測法の開発を行うことである。化学物質の室内濃度に影響を与えるのは、建材・施工材等からの放散量、換気量、室内温湿度、時間などである。これまで室内濃度のみの測定が行われることが多かったが、濃度のみでは適切な評価や予測を行うことはできない。本研究ではそれらの測定法を開発するとともに、実測評価を行った。

13-2 研究方法

本研究では、以下の項目について分担研究にて実施した。

第1章：放散速度測定法の開発（田辺）、第2章：PFT法を用いた換気量簡易測定法の改良（田辺）、第3章：集合住宅における室内空気質実測（田辺）、第4章：新築戸建住宅における室内空気質実測（田辺）、第5章：健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理（東）、第6章：吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解（加藤）、第7章：東北地域の戸建住宅における室内空気質の実態調査（松本）、第8章：計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究（秋元）、第9章：新築集合住宅における室内気中濃度の経年変化と二次汚染の測定（岩田）、第10章：住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査（健康住宅普及協会）、第11章：南九州の小学校教室におけるワックスがけ状況の調査（岩下）、第12章：北部九州における住宅の空気質に関する研究（龍）、第13章：総括（田辺）

13-3 結果と考察

第1章：放散速度測定法の開発

パッシブ放散量測定法（ADSEC）の設置方法による精度比較実験を行った。シリコンシートと重りを用いたリーク実験、床・壁・天井の測定方法比較実験を行った。シリコンシート・重りの使用によるパッシブ放散量測定法（ADSEC）の測定精度向上効果が確認された。また、ADSECを用い同一建材を床・壁・天井面部位に施工した場合の測定を行った結果同一の放散速度が得られた。一方、欧州で使用されているFLECに関しては天井、床、壁の順にリークが大きくなっており、測定法上の工夫が必要であると考えられた。

第2章：PFT法を用いた換気量簡易測定法の改良

PFT法を用いた換気量測定では、3ゾーン測定法の開発を行った。第3物質を考案し放散量実験及びサンプリングレイト算出実験を行った。PFT法の第3物質としてC7F14の放散量実験を行い、雰囲気温度25℃を基準とした放散量算出式を得た。また、換気回数既知のチャンバーで実験を行い、C6F6, C7F8, C7F14サンプリングレイトを算出した。連続する3ゾーンでの換気量簡易測定法が可能となった。

第3章：集合住宅における室内空気質実測

昨年度実測した集合住宅において、今年度は夏季・冬季と2度実測を行った。換気量、放散速度、気中濃度の比較及び季節による違いを調査した。集合住宅における夏季実測より換気設備が測定日の3日前まで稼動していなかった住戸でVOCs気中濃度、放散速度が増加していた。吸着効果が確認された。また、3ゾーンにおける換気量測定を行い、計画時に設定換気回数に近い値を得た。

第4章：新築戸建住宅における室内空気質実測

新築戸建住宅において室内空気質調査を行い、生活状態と非生活状態における空気環境の差異を検討した。居住者生活時において、非生活時より気中濃度が低くなった。居住者自信の自発的換気効果が考えられた。放散速度は全体的に低い値となった。換気量、換気回数をPFT法を用いて計測した結果、ヒアリング調査結果から予想された傾向とは異なった。

第5章：健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理

シックハウス症候群の最新知見をまとめるとともに、VOCs暴露の変化と自覚症状の関連性を検討した。シックハウス症候群の最新の知見、特にシックハウス症候群に影響を及ぼす要因をまとめ、文献調査を行った。アレルギーの有無や年齢とSBSでみられる自覚症状との間に有意な関連性は認められなかった。シックハウス症候群にはホルムアルデヒドを主要因とする説が強いものの、そのほかの揮発性有機化合物や個人要因、社会的要因など多くの要因による影響により発症するものと考えられた。

第6章：吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解析

物質伝達率制御型小型チャンバーを用いてパッシブ吸着建材に対して様々な条件を与え、化学物質濃度低減効果に関する実験及び数値解析を行った。物質伝達率制御型小型チャンバーを用いたパッシブ吸着建材における実験を行い、物理吸着によるHCHO再放散試験では脱着現象が確認できたことより、濃度低減試験以外に吸着化学物質再放散試験を行うことも必要と考えられた。また、実大モデルのCFD解析より全条件において床面付近で高濃度となり、床面から発生したホルムアルデヒドは床面に滞留しやすく、室中心付近で低濃度領域が存在するという知見を得た。

第7章：東北地域の戸建住宅における室内空気質の実態調査

昨年度に引き続き、東北地域の高断熱高気密住宅の気密性能、換気性能、室内化学物質濃度、放散速度との関係を検討した。対象とした3戸の住宅において、ホルムアルデヒド気中濃度は1戸で厚生労働省指針値を上回った。TVOC濃度は3戸とも指針値を下回った。断熱気密性能が低い住宅では隙間からの温度差換気の割合が非常に高い可能性があることがわかった。寒冷地における住まい方が室内空気質濃度と関係している実態が明らかになった。

第8章：計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究

24時間計画換気設備の設けられた高気密高断熱住宅を測定し、室内空気質に影響を与える要因について検討した。ホルムアルデヒド濃度は全ての施工段階において厚生労働省の指針値を満たしており、対策が十分に成されていると考えられたが、アセトアルデヒドについては引渡完了直後において指針値を上回った。トルエンを除き、各施工段階においてVOCsは指針値を満たした。第1種換気から第3種換気に切り替えると、少量ではあるがホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの放散量が上昇した。小屋裏や壁から室内に流入する汚染物質の可能性であることがわかった。

第9章：新築集合住宅における室内空気質の経年変化と二次汚染の測定

既報と同様の住宅を測定し経年による気中濃度の変動を明らかにし、二次汚染についてチャンバー実験を行った。実測より、ホルムアルデヒドが蟻酸の前駆物質であることが確認され、蟻酸は夏季より冬季に多

く生成された。また、二酸化窒素の気中濃度が高いと蟻酸がホルムアルデヒドよりも多くなる傾向がみられた。このことから、二酸化窒素がラジカルの生成に関与し、ホルムアルデヒドから蟻酸が生成されるという知見を得た。チャンバー実験より、ホルムアルデヒドの酸化反応は紫外線の弱い場所で起こっていることが分かった。

第10章：住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査

機械換気設備を停止させることで室内空気質の化学物質濃度が上昇することを実測し、換気システムを停止させることの危険性を確認した。新築5住宅を対象に換気設備を停止することによる影響を調査した結果より、停止によって室内の化学物質濃度を大きく上昇させることとなり、健康に与える影響が大きいことが確認できた。また、ダニ生息密度に関して、34住宅においてライフスタイルなどのアンケート調査を含め、昨年度と同様の方法で調査を行った。その結果、一般住宅と高気密高断熱住宅のダニ生息密度にはかなり差が認められたか、築後年数と生息密度との間には明確な相関は認められなかった。

第11章：南九州の小学校教室におけるワックスがけ状況の調査

鹿児島市内の小学校に対してワックスがけ状況に関するアンケート調査を実施し、同時に行った実測調査についても報告した。ワックスがけを実施すると回答した学校の大半が夏期休暇中に実施していた。また、床の種類とワックスの種類適切な組み合わせを検討することが必要である。さらに、今回の測定においてワックスがけ終了後、窓閉鎖状態でTVOC濃度が厚生労働省暫定目標値以下まで減衰するのに6日を要した。休暇中にワックスがけをする場合は児童の登校日までに適切な換気の量及び時間が必要であるという知見を得た。

第12章：北部九州における住宅の空気質に関する研究

九州北部における基礎断熱住宅の床下および居室の温湿度環境について実測調査を行った。床下暖房を設置していない基礎断熱住宅では、冬期、梅雨期とも比較的高い湿度状態が続くこと。同じ基礎断熱でも床下温風暖房と組み合わせた住宅では比較的低い湿度に保たれていること。床下換気口をもつ住宅では梅雨期の床下温湿度は外気の影響を大きく受け、極端な高湿度状態になることが確認された。

13-4 結論

3年間の研究によって、パッシブ放散量測定法（ADSEC）の技術的課題がほぼ解決された。また、この装置を実際の住宅での実測に用いることによって、気中濃度測定のみではわからない放散源に関する評価や予測が可能になった。また、欧米の測定装置と比較しても非常に簡便で安価に精度が高い測定が可能になった。また、建築基準法の改正により義務化が行われた機械換気システムによる換気量を簡易に測定するためにPFT法の開発・改良を行った。PFT法の第3物質を検討することで、3ゾーンにおける換気量測定が可能になった。住宅における、気中濃度、部位別放散速度、換気量を把握することで、曝露される人間の健康影響の予測評価が可能になった。この方法を用い、24時間換気システムを設けた集合住宅、戸建住宅、東北地方の住宅、北九州地区の住宅、工業化住宅の測定を行った。化学物質汚染の原因や対策が定量的に把握できることが実証された。また、居住者の生活時における生活活動による化学物質気中濃度低減が確認された。また、対策としてパッシブ吸着建材を使用した実験より、ホルムアルデヒドの建材への脱着が確認され、モデル解析より室中心と比較し、床近傍において濃度が高い傾向になると分かった。二次汚染についての検討を行った結果、ホルムアルデヒドが蟻酸の前駆物質であり、二酸化窒素の関与が確認された。

Appendix

論文掲載件数：35件

(平成15年度及び平成16年度発表予定を含む)

- 1) 酒井聡至、田淵誠一、浅井万里成、丸元典子、松本仁、田辺新一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その5 PFT法による換気量測定方法の改良”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.887-888、2003年9月
- 2) 浅井万里成、田淵誠一、酒井聡至、丸元典子、松本仁、浅井靖史、田辺新一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その6 新築集合住宅における放散速度・気中濃度実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.889-890、2003年9月
- 3) 田淵誠一、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、松本仁、浅井靖史、田辺新一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その7 新築集合住宅における換気量実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.891-892、2003年9月
- 4) 丸元典子、田淵誠一、浅井万里成、酒井聡至、松本仁、田辺新一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その8 新築戸建住宅における放散速度実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.893-894、2003年9月
- 5) 松本仁、田淵誠一、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、田辺新一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その9 新築戸建住宅における気中濃度・換気量実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.895-896、2003年9月
- 6) 田辺新一、松本仁、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、田淵誠一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その4 ADSECの性能評価”、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.429-432、2003年9月
- 7) 田辺新一、松本仁、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、田淵誠一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その5 換気量測定方法の改良”、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.433-436、2003年9月
- 8) 田辺新一、浅井靖史、松本仁、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、田淵誠一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その6 新築集合住宅実測における住宅性能比較”、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.437-440、2003年9月
- 9) 田辺新一、松本仁、浅井万里成、酒井聡至、丸元典子、田淵誠一、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その7 新築戸建住宅における夏季・冬季実測”、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.441-444、2003年9月
- 10) M. Asai, J. Matsumoto and S. Tanabe, “Measurements of Aldehydes and VOCs in a Newly-Constructed Multi-Family Residential Building by Using Passive Methods”, *Healthy Buildings 2003*, pp.265-270, 2003. 12
- 11) N. Marumoto, N. Suzuki and S. Tanabe, “Investigation of Indoor Air Quality In a Residence Using Natural Materials”, *Healthy Buildings 2003*, pp.313-318, 2003. 12
- 12) 田辺新一、浅井靖史、浅井万里成、丸元典子、田淵誠一、谷英明、西村栄利子、東田浩毅、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その10 換気量簡易測定法を用いた集合住宅実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年8月(発表予定)
- 13) 田辺新一、浅井万里成、丸元典子、田淵誠一、谷英明、西村栄利子、東田浩毅、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その11 学校における室内空気質調査①”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年8月(発表予定)
- 14) 田辺新一、浅井万里成、丸元典子、田淵誠一、谷英明、西村栄利子、東田浩毅、“パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その11 学校における室内空気質調査②”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年8月(発表予定)
- 15) 田辺新一、浅井万里成、丸元典子、田淵誠一、谷英明、西村栄利子、東田浩毅、“自然素材を使用した戸建住宅における室内空気環境調査 その1 自然素材に関する意識調査及び戸建住宅実測概要”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年8月(発表予定)
- 16) 田辺新一、浅井万里成、丸元典子、田淵誠一、谷英明、西村栄利子、東田浩毅、“自然素材を使用した戸建住宅における室内空気環境調査 その2 戸建住宅における室内空気質実測結果”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年8月(発表予定)
- 17) 大里厚、東敏昭、“生体影響から見た室内空気質の安全・快適性”、*建材試験情報*、February 2004, vol.40, p6-11
- 18) 大里厚、東敏昭、“新築建造物への移住によるVOCsへの暴露が生体に与える影響～職場ストレス要因を含めた検討～”、*日本産業衛生学会雑誌*、2004年4月(掲載予定)
- 19) 加藤信介、伊藤一秀、朱 清宇、村上周三：居室模型を用いた化学物質吸着効果・室内濃度分布の測定と数値解析、*日本建築学会計画系論文集*、No.564, pp41-47, 2003
- 20) 朱 清宇、加藤信介、安宅勇二：大型テストチャンバーにおける建材や電気製品等からの化学物質放散量の測定に関する研究(その2)、*空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集*、pp469-472, 2003
- 21) 源城かほり、松本真一、田辺新一、長谷川兼一、“東北地域の住宅における健康性に関わる室内環境の実態調査 その4 2003年冬季における秋田県の住宅の空気質実測とPFT法を用いた換気量実測”、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp.881-882、2003年9月
- 22) 尚夏生、川本克也、秋元孝之、“計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究”、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp.885-886、2003年9月
- 23) 岡垣大介、関根嘉香、岩田利枝、“集合住宅の空気質に関する実測研究”、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、p.p.877-878、2003年9月
- 24) 岩田利枝、岡垣大介、関根嘉香、“新築集合住宅における真菌濃度に関する実測調査”、*空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集*、pp.1893-1896、2003年9月
- 25) Toshie Iwata, Hiroyasu Tsukahara and Masahiro Hori, “Aldehydes and VOCs in newly-built unoccupied houses in Tokyo”, *Proceedings of Healthy Buildings 2003*, pp.154-159, 2003.12

- 26) Y. Sekine, T. Iwata, D. Okagaki, "Measurements of Indoor Concentrations of Aldehydes, VOCs and Fungi in Newly-Built Apartment Houses in Tokyo", *Healthy Buildings 2003*, pp.148-153, 2003. 12
- 27) 松尾良人、衛藤健一、岸田宗治 "室内空気中の化学物質の測定"、日本芳香族工業大会、2002年10月
- 28) 中筋光伸 "室内空気環境におけるアルデヒド類の測定"、第18回環境計量技術事例発表会、2003年7月
- 29) 合原妙美、岩下剛、"室内環境の快適性と単純作業パフォーマンスに関する考察—室内の気温及び香りによる覚醒がパフォーマンスに及ぼす影響"、日本建築学会環境系論文集、第572号、pp.75-80、2003年10月
- 30) 森田智洋、岩下剛、合原妙美、"鹿児島市の中学校普通教室における室内空気環境及び生徒の自宅での住まい方調査"、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.229-230、2003年9月
- 31) 山口和敏、岩下剛、"小学校で実施されるワックスがけに関する研究（アンケート調査及び室内空気質測定）"、日本建築学会九州支部研究報告、第43号、pp.257-260、2004年3月
- 32) Tomohiro Morita, Go Iwashita, Taemi Gohara, "Effect of Indoor Thermal Environment on Psychological Evaluations and Performance of Proofreading Task", *PSIV-4*, pp.449-454,
- 33) 高島正充、龍有二、西田勝 "基礎断熱住宅における床下空間の形態と温熱環境 その1 実測対象住宅の概要と梅雨期の温熱環境"、日本建築学会九州支部研究報告、第43号、pp.389-392、2004年3月
- 34) 龍有二、高島正充、西田勝 "基礎断熱住宅における床下空間の形態と温熱環境 その2 冬季暖房時の温熱環境と空気質について"、日本建築学会九州支部研究報告、第43号、pp.393-396、2004年3月
- 35) 龍有二、西田勝、北山広樹、"住宅の基礎断熱床下空間を利用した暖房システムの調査研究"、空気調和・衛生工学会九州支部研究報告、第10号、pp.5-8、2003年5月

20031360

以降は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、
「論文掲載」をご参照ください。