

築住宅について、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼン及びスチレンの測定が義務付けられています。表 5.1.3. にはアルデヒド類とアセトン等の用途を示しました。

表 5.1.3. アルデヒド、アセトン等の用途

|   | 名前        | 分子量    | 沸点    | CAS番号    | 用途  |
|---|-----------|--------|-------|----------|---|
| 1 | ホルムアルデヒド  | 30.03  | -19.3 | 50-00-0  | 37% 以上の水溶液はホルマリンと呼ばれる。フェノール樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂などの原料。家具や建築資材、壁紙の接着剤などに使用            |
| 2 | アセトアルデヒド  | 44.05  | 20.2  | 75-07-0  | 合成樹脂、合成ゴムなど原料として用いられる。タバコの煙にも含まれ、飲酒によって体内でも生成される。                             |
| 3 | アセトン      | 56.06  | 56.5  | 67-64-1  | メタクリル酸メチル (MMA) の原料、付け爪用除光液、スプレーペイントや染み抜きなど、体内で自然に生成される                       |
| 4 | アクロレイン    | 58.08  | 52.6  | 107-02-8 | 医薬品、繊維処理剤、溶剤、抽出に用いる、殺菌剤、ガソリンエンジンの不完全燃焼、タバコから発生。「油酔い」は加熱分解された油脂から発生するアクロレインが原因 |
| 5 | ベンズアルデヒド  | 106.12 | 179   | 100-52-7 | アーモンド、杏仁(アングの種)の香り成分。香料、や医薬品の合成原料、息香酸になる                                      |
| 6 | クロトンアルデヒド | 70.08  | 104   | 123-72-3 | 塗料用シンナーとして、揮発性の小さい溶剤としてカラー塗料等にも用いられる  |
| 7 | ヘキサアルデヒド  | 100.16 | 131   | 66-25-1  | 食品用香料や、建材の防腐剤   |

### c. VOC (volatile organic compounds) 揮発性有機化合物

VOC は WHO の分類によると、沸点が 50 ~ 100℃から 240 ~ 260℃までの有機化合物です。揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物です。塗料、印刷インキ、接着剤、洗浄剤、ガソリン、シンナーなどに含まれています。トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼン、テトラデカンシックハウス問題に関する検討会（以後検討会）で指針値として示されています。その他、ベンゼンなどよく知られている物質 100 種類以上が色々なところで使用されています。

VOC の種類については検討会で示されている物質と国の委託などを受けて室内濃度の実態調査した物質を含めて個々の有機化合物の用途を表 4. に示しています（表は沸点の低い有機物質から高い有機化合物となっています）。シックハウスに総揮発性有機化合物 (TVOC) という言葉があります。これは個々の有機化合物量を表す物ではなく VOC のトータル量を表したもので、室内の環境を維持管理に使用するための物です。室内 VOC の実態調査結果をもとに、達成が可能な限り低い範囲で指針値が設定されています。

表 5.1.4. VOC の用途と分類 (MVOC と TVOC を含む)

| VOC                | 分類         | 分子量 | 沸点  | CAS番号     | 用途                                 |
|--------------------|------------|-----|-----|-----------|------------------------------------|
| 2-ペンチルフラン          | 複素環式芳香族    | 138 | 57  | 3777-69-3 |                                    |
| クロロホルム             | ハロゲン       | 119 | 62  | 67-66-3   | 有機化合物の溶剤, フロンの原料                   |
| 2-メチルフラン           | 複素環式芳香族    | 82  | 65  | 534-22-5  | 香料原料                               |
| 3-メチルフラン           | 複素環式芳香族    | 82  | 66  | 930-27-8  |                                    |
| n-ヘキサン             | T、脂肪族      | 86  | 68  | 110-54-3  | 食用油脂抽出溶剤、接着剤の溶剤、塗料、インキ溶剤           |
| 1, 1, 1-トリクロロエタン   | T、ハロゲン     | 133 | 74  | 71-65-6   | 金属部品の脱脂・洗浄剤, ドライクリーニング洗浄剤          |
| 四塩化炭素              | ハロゲン       | 153 | 76  | 56-23-5   | 油脂、ワックス樹脂の原料、農薬原料(駆虫剤)             |
| 酢酸エチル              | T、エステル     | 88  | 77  | 141-78-6  | 溶剤、塗料・印刷インキ、接着剤                    |
| メチルエチルケトン          | T、ケトン      | 71  | 79  | 78-93-3   | 溶剤、印刷インキ溶剤、洗浄剤化粧品原料(爪化粧品)          |
| 2, 4-ジメチルペンタン      | 脂肪族        | 102 | 80  | 108-08-7  | 溶媒                                 |
| ベンゼン               | T、芳香族      | 78  | 80  | 71-43-2   | 合成原料、合成樹脂塗料、農薬、医薬品など溶剤             |
| 1, 2-ジクロロエタン       | ハロゲン       | 99  | 83  | 107-06-2  | 溶媒、殺虫剤、薰蒸剤                         |
| トリクロロエチレン          | T、ハロゲン     | 131 | 87  | 79-01-6   | 金属部品の脱油脂洗浄、羊毛の脱脂洗浄、抽出剤(香料)         |
| 1, 2-ジクロロプロパン      | ハロゲン       | 113 | 96  | 78-87-5   | 金属洗浄剤、油脂・樹脂・ゴムの溶剤、ドライクリーニング溶剤      |
| 2, 2, 4-トリメチルペンタン  | 脂肪族        | 114 | 99  | 540-84-1  | 燃料、溶剤、洗浄剤                          |
| 2-ペンタン             | T、脂肪族、MVOC | 86  | 101 | 107-87-9  | 溶剤                                 |
| トルエン               | T、芳香族      | 92  | 111 | 108-88-3  | 医薬品、塗料・インキ溶剤、洗浄剤                   |
| n-トリデカン            | T、脂肪族      | 184 | 111 | 629-50-5  | 石油中に含まれる                           |
| 1-ブタノール            | T、アルコール    | 74  | 117 | 71-36-3   | 塗料溶剤安定剤、化粧品原料、入浴化粧品                |
| メチルイソブチルケトン        | T、ケトン      | 100 | 118 | 108-10-1  | 塗料・インキ・接着剤溶剤                       |
| 2-ペンタノール           | T、MVOC     | 88  | 119 | 6032-29-7 | 溶剤、洗浄剤、合成中間体、可塑性、着香料               |
| クロロジプロモメタン         | ハロゲン       | 208 | 121 | 124-48-1  | 農薬原料、殺菌消毒剤原料、水処理剤原料                |
| テトラクロロエチレン         | T、ハロゲン     | 166 | 121 | 127-18-4  | ドライクリーニング、金属の脱脂洗浄、一般溶剤、駆虫剤         |
| n-オクタン             | T、脂肪族      | 114 | 125 | 111-56-9  | 抽出溶剤、燃料、洗浄剤                        |
| 酢酸ブチル              | T、エステル     | 116 | 126 | 123-86-4  | 溶剤、ラッカーの製造、天然ゴム、果実エッセンス            |
| 2-ヘキサノン            | MVOC       | 100 | 127 | 591-78-6  | 溶剤、香料、有機ゴム薬品(老化防止剤)                |
| 2-メチル-1-ブタノール      | アルコール      | 88  | 128 | 137-32-6  | スズメバチやカリバチ等の誘引剤。果物やワインに含まれる。食品の香料  |
| オルト、メタ、パラキシレン      | T、芳香族      | 106 | 128 | 1330-20-7 | 溶剤、合成樹脂の原料、EPS建材に不純物として微量混入する      |
| 3-メチル-1-ブタノール      | MVOC       | 88  | 130 | 123-51-3  | 反応溶媒として使用、エステル誘導体の原料               |
| エチルベンゼン            | T、芳香族      | 106 | 136 | 100-41-4  | 洗浄剤、有機合成、溶剤、希釈剤である                 |
| 1-ペンタノール           | MVOC       | 88  | 138 | 71-41-0   | 食品添加物、香料                           |
| スチレン               | T、芳香族      | 104 | 145 | 100-42-5  | ポリスチレン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、AS樹脂、合成樹脂塗料   |
| α-ピネン              | T、テルペン     | 136 | 155 | 7785-26-4 | マツ、ヒノキ、スギなどの針葉樹に含まれ、香りを持ち香料や医薬品の原料 |
| n-ノナン              | T、脂肪族      | 128 | 161 | 111-84-2  | 無臭溶剤として機械洗浄用、ドライクリーニング用、ペイント用シンナー  |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン    | T、芳香族      | 120 | 164 | 108-67-8  | 燃料やガソリンに含まれる。溶剤、塗料うすめ液、家庭用塗料を含む。   |
| 3-オクタン             | T、MVOC     | 128 | 167 | 106-68-3  | ラベンダー香水の成分、キノコとチーズの香味料             |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン    | T、芳香族      | 120 | 169 | 95-63-6   | ガソリンに含まれている。染料、香料などの原料として使用        |
| n-デカン              | T、脂肪族      | 142 | 174 | 124-18-5  | 石油系中沸点溶剤(印刷インキ溶剤・塗料溶剤の希釈剤など)       |
| パラジクロロベンゼン         | T、芳香族      | 147 | 174 | 106-46-7  | 殺虫剤(燻蒸剤)、室内の防臭剤、プラスチックの製造における中間体   |
| 1-オクテン-3-オール       | アルコール      | 128 | 175 | 3391-86-4 | ミントあるいは野菜類のフレーバー用としてまたラベンダー用香料     |
| 3-オクタノール           | T、MVOC     | 130 | 175 | 589-98-0  |                                    |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン    | 芳香族        | 120 | 176 | 526-73-8  | 染料や顔料、医薬品などの中間体となる                 |
| リモネン(D,L体がある)      | T、テルペン     | 136 | 176 | 136-66-3  | 柑橘類の果皮やハッカ油、テレピン油等に含まれ、香料や虫よけとして使用 |
| 2-エチル-1-ヘキサノール     | T、アルコール    | 130 | 185 | 104-76-7  | 可塑性、合成潤滑剤                          |
| 硫酸ジメチル             |            | 126 | 188 | 77-78-1   | 香料ネロリンの合成、芳香族炭化水素の抽出溶剤、化学物質の安定剤    |
| ノナナール              | T、アルデヒド    | 142 | 191 | 124-19-6  | 食品、化粧品調合香料、花や果実の香りの成分として使用         |
| n-ウンデカン            | T、脂肪族      | 156 | 196 | 1120-21-4 | 昆虫界、植物界に散見し、フェロモンとして利用。合成原料、溶剤、活性剤 |
| 1,2,4,5-テトラメチルベンゼン | 芳香族        | 134 | 196 | 95-93-2   | 硬化剤、接着剤およびコーティング剤アルキド樹脂の架橋剤。       |
| デカナール              | アルコール      | 156 | 209 | 112-31-2  | 甘い柑橘果実的な香気を必要とするあらゆる合成精油、調合香料に使用   |
| n-ドデカン             | T、脂肪族      | 170 | 216 | 112-40-3  | 溶剤、有機合成、ジェット燃料の研究                  |
| n-ヘプタン             | T、脂肪族      | 130 | 223 | 111-14-8  | 工業用の溶剤、洗浄剤                         |
| n-テトラデカン           | T、脂肪族      | 198 | 253 | 629-59-4  | 石油中に含まれる                           |
| n-ペンタデカン           | T、脂肪族      | 212 | 271 | 629-62-9  | 石油中に含まれる                           |
| n-ヘキサデカン           | T、脂肪族      | 226 | 287 | 544-76-3  | 溶剤                                 |

TはTVOC(総揮発性有機化合物)を求めるのに必須VOCリストである。

MVOCは微生物由来揮発性有機化合物

表は沸点の低い物質から高い物質の順に並べています。

TVOCは表 5.1.4. の分類に示された T 記号と表 5.1.5. TVOC を求めるのに必須 VOC の合計の有機化合物が TVOC として推奨されています (1 参照)。

表 5.1.5. TVOC を求めるのに必須 VOC 類

| TVOCの分類             | 物質名  |
|---------------------|--|
| ○芳香族炭化水素            | n-プロピルベンゼン、2-エチルトルエン、ナフタレン<br>4-フェニルシクロヘキセン            |
| ○脂肪族炭化水素 (n-C6~C16) | 3-メチルペンタン、1-オクテン、1-デセン                                 |
| ○環状アルカン             | メチルシクロペンタン、シクロヘキサン、<br>メチルシクロヘキサン                      |
| ○テルペン               | 3-カレン、   |
| ○アルコール              | 2-プロパノール   |
| ○グリコール/グリコールエーテル    | 2-メトキシエタノール、2-エトキシエタノール<br>2-ブトキシエタノール、1-メトキシ-2-プロパノール |
| ○アルデヒド              | ブタナール、ペンタナール、ヘキサナール                                    |
| ○ケトン                | シクロヘキサノン、アセトフェノン                                       |
| ○ハロゲン化炭化水素          | 1,4-ジクロロベンゼン   |
| ○酸                  | ヘキサン酸  |
| ○エステル               | 酢酸イソプロピル、酢酸2-エトキシエチル<br>デキサノールイソブチレート                  |
| ○その他                | テトラヒドロフラン  |

これ以外に表 5.1.4.VOC の用途と分類 (MVOC と TVOC を含む) 分類項の T 物質が含まれる

d. 準揮発性有機化合物 (Semi Volatile Organic Compounds (SVOC) と粒子状有機化合物 (Particulate Organic Matter (POM))

WHO の分類では SVOC (準揮発性有機化合物) は沸点 240 ~ 260°C から 380 ~ 400°C の物質、粒子状有機化合物 (Particulate Organic Matter (POM)) は 380°C 以上となっています。SVOC は難燃剤 (可燃性の素材に化学を燃えにくくするために加える化学物質)、可塑剤 (物質を柔らかくしたり、加工しやすくしたりするために加える化学物質) として使用されています。有機化学物質の種類はフタル酸化合物やリン酸化合物があります。検討会で指針値として示されている物質はフェノブカルブ、ダイアジノン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルなどです。なお、WHO が殺虫剤として示している DDT、クロルデンは現在日本では製造、使用されていません。クロルピリホスは白色の結晶で、水には溶けにくく常温での揮発性は低く物質 POM と考えられますが 2003 年からこれを含んだ建築材料は使用されていません (使用禁止)。表 5.1.6. は SVOC として知られているフタル酸化合物とリン酸化合物の用途等を示しています。

表 5.1.6. SVOC (フタル酸化合物、リン酸化合物)

| 物質名                       |       | 分子量   | 沸点  | CAS        | 用途                                  |
|---------------------------|-------|-------|-----|------------|-------------------------------------|
| 可塑剤                       |       |       |     |            |                                     |
| フタル酸ジメチル                  | DMP   | 194.2 | 284 | 131-11-3   | 可塑剤、顔料、塗料、香料、殺虫剤、防虫剤                |
| フタル酸ジエチル                  | DEP   | 222.2 | 298 | 84-66-2    | 可塑剤、香料の保留剤                          |
| フタル酸ジイソブチル                | DiBP  | 278.3 | 320 | 84-69-2    | 可塑剤、セルロイド、ネイルポリッシュ、爆発物、塗料製造に利用      |
| フタル酸ジ-n-ブチル               | DnBP  | 278   | 340 | 84-72-2    | 可塑剤、接着剤や印刷インクの添加剤としても利用             |
| フタル酸ブチルベンジル               | BBP   | 312.4 | 370 | 85-88-7    | 可塑剤プラスチック可塑剤、床壁用タイル、塗料用、人造皮革・室内装飾用  |
| フタル酸ジエチルヘキシル              | DEHP  | 390.6 | 230 | 117-81-7   | 可塑剤塗料、顔料、接着剤、潤滑油の添加剤                |
| フタル酸ジイソノニル                | DIMP  | 418.6 | 403 | 28553-12-0 | 可塑剤                                 |
| アジピン酸ジエチルヘキシル             | DEHA  | 370.5 | 214 | 103-23-1   | 可塑剤 塩化ビニル、合成ゴム用の軟化剤、合成潤滑剤。          |
| 難燃剤                       |       |       |     |            |                                     |
| リン酸トリメチル                  | TMP   | 140   | 197 | 512-56-1   | 難燃剤、合成繊維の染色防止剤、弱酸性溶媒、農薬や医薬品の中間原料    |
| リン酸トリエチル                  | TEP   | 182   | 215 | 78-40-0    | 難燃剤、ゴムやプラスチックの強化剤、農薬の合成の中間体としても     |
| リン酸トリプロピル                 | TPP   | 224.2 | 120 | 513-08-6   |                                     |
| リン酸トリブチル                  | TBP   | 266.3 | 289 | 126-73-8   | 難燃剤、触媒、安定剤(樹脂・繊維)、可塑剤               |
| リン酸トリス (2-クロロイソプロピル)      | TCIP  | 327.5 |     | 6145-73-9  |                                     |
| リン酸トリス (2-クロロエチル)         | TCEP  | 285.5 | 300 | 115-96-8   | 難燃剤、ウレタン樹脂用難燃剤、潤滑油添加剤               |
| リン酸トリス (2-エチルヘキシル)        | TEHP  | 434.6 | 215 | 78-42-2    | 難燃剤、電線被覆、冷蔵庫用器具、レインコート生地用、合成ゴム用可塑剤  |
| リン酸トリス (ブトキシエチル)          | TBEP  | 398.5 | 220 | 78-51-3    |                                     |
| リン酸トリス (1, 3-ジクロロ-2-プロピル) | TDCPP | 430   | 315 | 13674-87-8 | 難燃剤 (プラスチック発泡材、樹脂および乳液)             |
| リン酸トリフェニル                 | TPhP  | 326.3 | 370 | 115-86-6   | 難燃剤、可塑剤、として                         |
| リン酸トリクレシル                 | TCP   | 368.4 | 420 | 1330-78-5  | 難燃剤、樹脂の可塑剤、ゴムの軟化剤、ガソリン添加剤、潤滑油添加剤    |
| その他                       |       |       |     |            |                                     |
| 類似した                      |       |       |     |            |                                     |
| 4-ノニルフェノール                | 4-NP  | 220.3 | 295 | 25154-52-3 | 界面活性剤、樹脂の安定剤、石油製品の酸化防止剤及び腐食防止剤等     |
| ジブチルヒドロキシルエン              | BHT   | 220.3 | 265 | 128-37-0   | 化粧品・ボディソープ・医薬品・ジェット燃料・ゴム・石油製品にも使われる |
| S-421                     | S-421 |       |     |            |                                     |

Bis(2,3,3,3-tetrachloropropyl) ether

### e. 微生物由来揮発性有機化合物 (Microbial Volatile Organic Compounds; MVOC)

室内に生育する微生物(細菌やカビ)などによって室内の有機物質は代謝や分解され、アルコール類やケトン類、カビ臭のもととなるジェオスミン(有機化合物の一種)等の化合物を生成します。これらの化合物は微生物由来揮発性有機化合物(MVOC)と言われ、症状との検討がなされ、150種類以上存在すると言われていています。代表的な1-オクテン-3-オールは室内空気中濃度がアレルギー性鼻炎の発症率に關与するとする報告があります。MVOCの発生を確認する為に *Alternaria alternata*, *Eurotium herbariorum*, *Aspergillus penicillioides* の3種類の真菌(カビ)を用いて行った実験例(培地を含む)では、エタノール、2-ペンタノン、1-オクテン-3-オール、3-オクタノールの発生が見られています。表5.1.4 VOCの用途と分類(MVOCとTVOCを含む)に代表的なMVOCを示しました。測定された化学物質がMVOCであるかどうかを確実にするには室内のカビの測定も必要だと思ひます。

## 5.1.2. 化学物質の測定

作業環境測定では測定をデザイン、サンプリング及び分析（解析）と定義しています。「デザイン」は実態を明らかにするために測定計画を立てることで、「サンプリング」は捕集等に適したサンプリング機器をその用法に従って試料を採取し、分析を行うための前処理を行うことです。「分析（解析）」は測定しようとする物を分離し、定量し、又は解析（評価）することをいいます

シックハウスの測定で必要なことは測定の目的をはっきりして行うことです。すなわち、実態を明らかにするための測定計画「デザイン」が重要です。シックハウスの「デザイン」には次の5種が考えられます。

- (1) 予防として入居前の新規住宅（増築やリフォーム）の環境濃度を把握するデザイン
- (2) 入居後に室内の環境濃度を知る場合や環境濃度が気になる（自覚症状がある場合）デザイン
- (3) 個人個人の生活環境の行動範囲での曝露濃度を知りたいデザイン。
- (4) 生活環境で体内に有害物質が吸収された量を知りたい（生物学的モニタリング）デザイン
- (5) ある程度の長時間の曝露（数か月から数日）を知る方法として住居のダストを用いるデザイン

「サンプリング」は化学物質の性状（粉じん、液体、気体）によって捕集方法が異なります。例えば一般的に粉じんならろ過材に捕集、気体なら個体に（活性炭やシリカゲル）吸着捕集、液体なら液体に捕集します。捕集時間もポンプを用いる場合（ポンプ法）、ポンプを使用しない場合（拡散法：(2)で説明）により異なります。捕集条件は、部屋の開放、密閉、測定位置などにより異なります。

「分析（解析）」は化学物質の成分や構造によって方法が異なり、精度や感度も異なり、検討委員会では液体クロマトグラフ（HPLC）、ガスクロマトグラフ質量分析（GC/MS）が用いられています。解析をするための評価は一部の物質について指針値が公表されています。

実際デザイン、サンプリングをするには上記に述べた様に色々な条件を考慮する必要があり、一般的には専門家の力をかりて測定をする場合が少なくありません。依頼者は測定するデザインを良く話し合っ行うことが必要です。

### a. デザイン、サンプリング方法

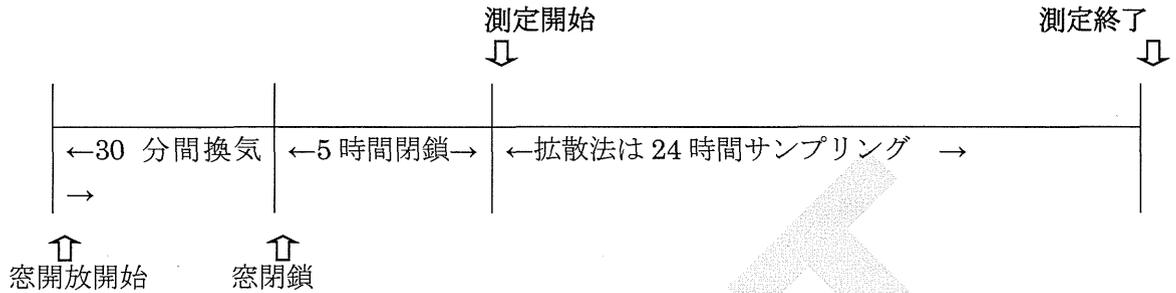
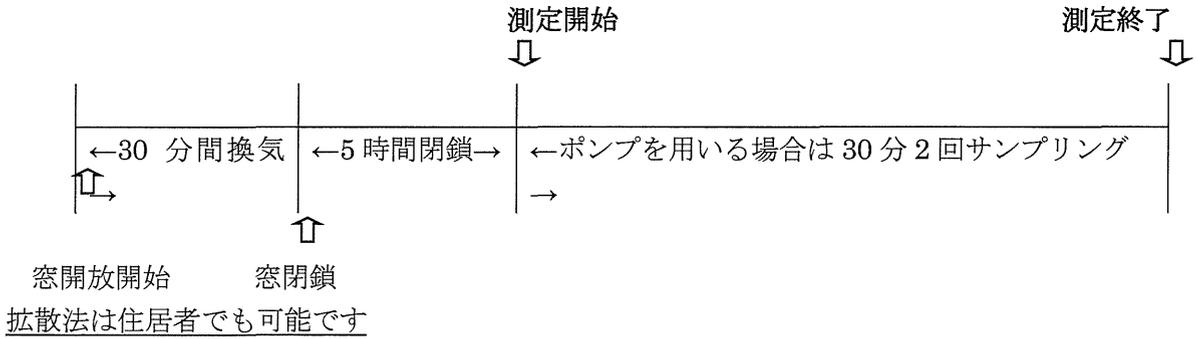
- (1) 予防として入居前の新規住宅（増築やリフォーム）の環境濃度を把握するデザイン：  
室内に放散されるVOCの最大濃度を推測します。このデザインは入居前（生活前）ですから家具や生活用品（備え付け家具クローゼットなどは省く）などの持ち込みが無い、生活実績のない住宅を想定しています。一般的な手順を次に示します。ポンプを用いる場合と拡散法を示します。

#### 手順

##### 測定開始前

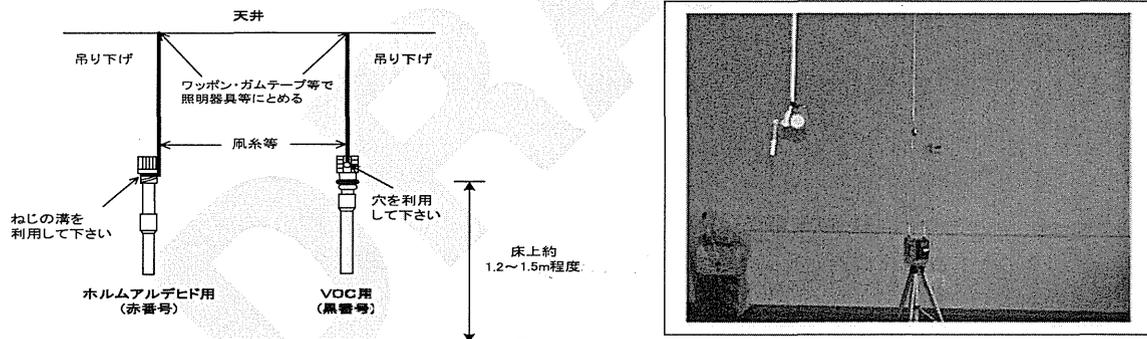
- 1 測定開始前に、まずすべての窓と扉（物入れなどの扉を含む）を開放して下さい（30分間換気します）。
- 2 その後、外気に面した窓、扉等を閉鎖し、部屋の扉も閉めます。この時、押入れ・クローゼットなどの扉は開放のままにしておきます。窓、扉を閉めて5時間以上閉鎖します。

## ポンプを用いる場合



### 測定開始（拡散サンプラーを用いて住居者が行う例）

- 1 測定器材保存容器を取り出します。
- 2 次に保存容器からサンプラーを取り出して下さい。サンプリング部分には触れないでください
- 3 サンプラーは風糸等を利用して部屋の中央で、頭の位置（床から1.2m～1.5m）に吊り下げて下さい（ワッポン、ガムテープ等で）。棚の上などに置かないで下さい。



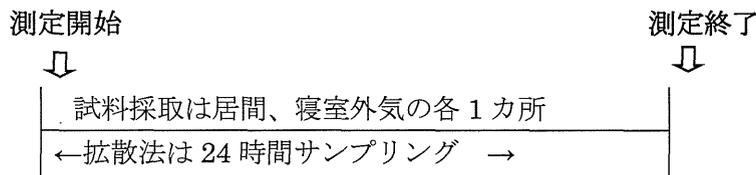
- 4 試料採取時刻は、任意の時点で開始し、原則24時間採取とします。（24時間以上でもかまいません。）採取開始時刻と終了時刻を記録して下さい。あわせて測定開始時と終了時の部屋の温度と湿度の記録をお願いします。

### 測定終了後

- 1 保存容器に入れ、アルミホイルで包んでください。
- 2 測定終了後、サンプラーと記録用紙忘れずに、測定機関まで直ちにクール宅急便でお送りください。

(2) 入居後に室内の環境濃度を知る場合や環境濃度が気になる(自覚症状がある場合)のデザイン: 居住状態(日常生活状態)での化学物質濃度を把握する為の試料採取方法を示します。この場合は住居者自身が行うことが多いです。

方法は拡散型サンプラー（有害物質の拡散の原理を応用した）を用いてサンプリングします。ポンプを用いないために小型で、軽量、騒音がありません。通常の生活の状態を想定して24時間測定して下さい。



しかし、この方法はすべての物質の測定が可能ではありませんので、測定項目などは専門家に相談してください。

入居後に室内の環境が気になる（自覚症状がある）場合は、部屋の測定時の状態としては家具が存在しますので開閉を必要に応じて行ってください。注意事項としては、サンプリングの間の記録を付けることが必用です。測定記録シートを参考にしてください。

### (3) 個人個人の生活環境の行動範囲での曝露濃度を知りたいデザイン：

曝露濃度は、被験者が1日をとおして、どのような化学物質にさらされているかを測定するものです。ご自宅の化学物質濃度と個人の化学物質濃度の両方を測定することで、ご住居以外の場所、通勤、仕事場、習い事やクラブなどの課外活動を含めた化学物質との接触を明らかにすることを可能にします。

曝露濃度は労働環境で用いられています。シックハウスの曝露測定はこれを参考に下記の様にまとめました。

- 1) 幅広い人が測定（会社勤務者、主婦、子供等）するので目立たないサンプラーが必要、小型、軽量であること
- 2) 本来曝露濃度は人の呼吸域に装着するが、行動範囲が広いので一日で最も長い間身に着ける物に取り付ける（子供ならランドセル、女性ならハンドバック等）
- 3) 原則、自宅では服の襟元に着け、睡眠時は寝室に装着する事とした。
- 4) 装着時間は原則24時間（一日の行動が終わるまで）

取扱い方法は平成22年度厚生労働科学研究『シックハウス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究－化学物質及び真菌・ダニ等による健康影響の評価と対策－』のなかで、小学生を対象に実施した例を示します。

測定方法（小学生の測定事例を示します）

測定は、平日学校に行く日に実施してください。（お渡ししたサンプラーは、開封するまで、青い袋は室温で、赤い袋は冷凍庫で保存して下さい。）

朝学校に行く前に取り付け、翌朝学校に行く前に回収してください（24時間測定）。



## 取り付け方法

①袋の中からサンプラーを取り出し、ひもをサンプラーに通してください。

②ランドセルなど、お子さまが使うカバンに取り付けてください。

③家にいるときには、なるべく近くに置いてください。あるいはお子様に取り付けてください。

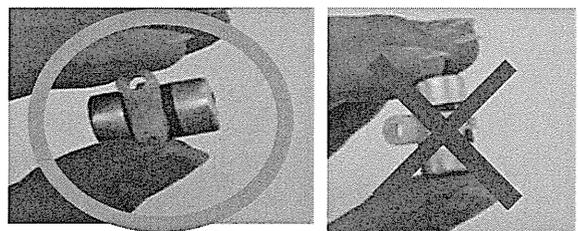
④お子さまの就寝の際には枕元にサンプラーを吊るしてください。

⑤取り外したサンプラーはカップに入れてしっかりと蓋をし、「赤いシールのものは赤い袋」「青いシールのものは青い袋」に入れて、赤い袋のものは冷凍庫に、青い袋は冷蔵庫で保管して下さい。（赤はホルムアルデヒドの測定用、青はVOC測定用です）



### 注意事項：

- ・白いフィルター部分に触らないようにご注意ください。
- ・可能な限り持ち歩き、なるべくお子さまの身近な場所にあるようにしてください。



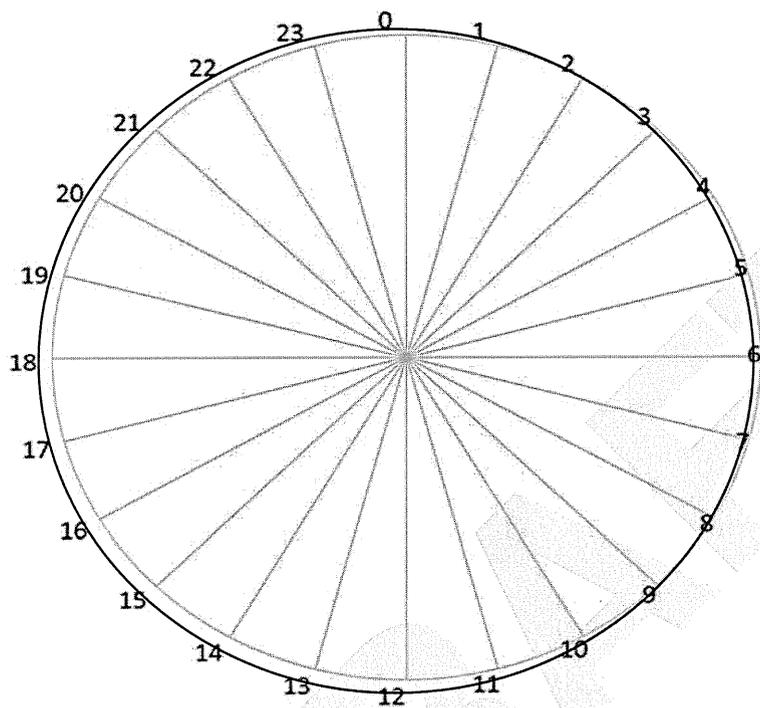
一日の行動記録を作成して頂く様よろしくお願い致します。

いちにち こうどうひょう 2015 年 \_\_\_ 月 \_\_\_ 日 名前 \_\_\_\_\_

サンプラーを付け始めた時刻、付け終わった時刻  
\_\_\_ 月 \_\_\_ 日 \_\_\_ 時 \_\_\_ 分 ~ \_\_\_ 月 \_\_\_ 日 \_\_\_ 時 \_\_\_ 分

ID \_\_\_\_\_

下記の表の中に 1 日の行動を記入してください。



(4) 生活環境で体内に有害物質が吸収された量を知りたい（生物学的モニタリング）デザイン：  
生物学的モニタリング検査は労働衛生の分野で活用されています。生体試料中の有害物質の濃度から曝露濃度や症状との関連を求めています。検査材料としては血液、尿、髪の毛、呼気、その他が用いられます。検査材料の採集は一般に医師など医療従事者によって行われます。検査材料の中で被験者への負担がなくよく利用されているのは尿で、これを用いた活用が期待されます。しかし、この尿を用いた検査のルールは決められていません。

尿を用いた研究例を紹介します。シックハウスとして問題になっている可塑剤、難燃剤に含まれるフタル酸エステル、リン酸トリエステル類は曝露によって体内に入り、血液や体内でモノフタル酸エステル、リン酸ジエステルに代謝され尿中に排泄されます。排泄された代謝物濃度と人の健康状態との関係を比較することによって生体への影響が明らかになります。この研究によってフタル酸エステル、リン酸トリエステル類は人への影響が明らかになりました。用いられた尿は朝のスポット尿を $-20^{\circ}\text{C}$ で保存し、使用しています。

シックハウスで比較的高濃度の曝露を受ける防虫剤のパラジクロロベンゼンは室内で曝露を受け体内から排泄されることが報告されています。

(5) ある程度の長時間の曝露（数か月から数日）知る方法として住居のダストを用いるデザイン：

住居のダストは一般に埃と言われ、その中には土・砂、綿ほこり、繊維くず、人の毛髪・フケ、食べかす、ペットの抜け毛、花粉、昆虫の死骸やフン、カビ、細菌、ダニの死骸やフン、タバコの煙や排気ガスなど様々な物質が含まれています。埃は空気中の化学物質を吸着しています。この埃は風邪や人、物の動きによって空気中に舞い上がります。舞い上がった埃は呼吸により吸収し生体への影響が問題となります。また室内の埃は長時間存在（数日から数か月）することから恒常的な曝露を受ける事になります。シックハウスに関連する物質としては難燃剤、可塑剤としてのフタル酸エステルやリン酸トリエステルおよび農薬（WHO の分類では SVOC に属する化学物質）はこの埃と共に室内に存在します。

このハウスダスト中フタル酸エステル類曝露とアレルギー症状への影響が報告されています。ダストの採集方法はハンディクリーナーを用いて居間の床全面や床より上の棚や家具の表面のハウスダストを採取します。分析に不要な毛髪や紙屑、食べ物屑などをその場でピンセットを用いて取り除き、あらかじめアセトンでフタル酸エステルの汚染を除去された共栓付きガラス試験管に入れ、フッ素テープで口を塞ぎ、アルミホイルで包み、分析まで $-20^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫で保管します。

## b. 分析（評価）

### (1) ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒドの分析方法は検討会の中間報告書-1 第1回～第3回のまとめで詳細に説明されています（ウェブ2）参照）。この方法はシリカゲルに DNPH(2,4-ジニトロフェニルヒドラジン) をコーティングした捕集剤を空気が通過するとホルムアルデヒドは DNPH へと誘導化されます。この誘導化された物質をアセトニトリルで抽出し、分析機器として高速液体クロマトを用いて測定します。他のアルデヒド類も同じ方法で測定されます。表 5.1.7. には有機化合物の捕集、抽出、分析機器、採取条件を示します。

表 5.1.7. 有機化合物の捕集、抽出、分析機器、採取条件

| 物質名  | 捕集剤  | 抽出                            | 分析機器等                                       | 採取条件  |
|--|--|-------------------------------|---|---|
| ホルムアルデヒド、(アセトアルデヒド、アセトン、アクロレインベンズアルデヒド等)                   | DNPH(2,4-Dinitrophenylhydrazine)をコーティングしたシリカゲル | DNPH誘導化したサンプルをアセトニトリルで抽出      | 高速液体クロマトグラフ、移動相：アセトニトリル：水(6:4)、検出器：UV 360nm | 高さ1.2~1.5m、30分間採取、流量1L/min                                    |
| トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼン、テトラデカン、ノナール(その他の溶剤、MVOC) | 活性炭  | 二硫化炭素(アセトン含有二硫化炭素)、加熱脱着、容器採取法 | ガスクロマトグラフ/質量分析法、検出：SIM                      | 高さ1.2~1.5m、30分間採取、流量、0.1~1.0/min                              |
| クロルピリホス、ダイアジノン、フェノバルブ                                      | スチレンジニルベンゼン共重合体またはオクタデシルシリル化シリカゲルを捕集剤          | アセトン                          | ガスクロマトグラフ/質量分析法、検出：SIM                      | 採取は2時間、高さは床上約30cm~1.5mの範囲内、流量1L/min程度(24時間)、1~10L/min程度(約2時間) |
| フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル                                | カーボン系吸着剤、オクタデシルシリル化シリカゲル、またはスチレンジニルベンゼン共重合体    | アセトン、加熱脱着、容器採取法               | ガスクロマトグラフ/質量分析法、検出：SIM                      | 1~10L/min程度の流量で概ね30分間採取                                       |

測定値の評価は指針値としホルムアルデヒド 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒド 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  が示され、この値以下であればほとんどの人に影響を及ぼさないとする値です。

私共が実際に測定したアルデヒド類の事例を表 5.1.8. に示します。表は札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の住宅(居間、寝室)室内 535 室の平均濃度と最大濃度および当該物質が住宅で検出された件数を示しています。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドアルデヒド、アセトンはほとんどの室内で検出されます。それ以外のアルデヒドは表 5.1.8. の検出数と平均濃度を参考にしてください。

表 5.1.8. 札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の住宅(居間、寝室) 535 室の濃度

| 番号 | 名前        | 平均濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 標準偏差 | 最大値 | 検出数     |
|----|-----------|-------------------------------|------|-----|---------|
| 1  | ホルムアルデヒド  | 42.1                          | 30.6 | 232 | 534/535 |
| 2  | アセトアルデヒド  | 18.9                          | 17.4 | 132 | 522/535 |
| 3  | アセトン      | 31.5                          | 39.1 | 538 | 525/535 |
| 4  | アクロレイン    | 0.1                           | 1.1  | 23  | 6/535   |
| 6  | クロトンアルデヒド | 3.1                           | 5.8  | 63  | 157/535 |
| 7  | ベンズアルデヒド  | 0.3                           | 0.8  | 6   | 22/535  |
| 8  | ヘキサアルデヒド  | 4.3                           | 12.1 | 174 | 200/535 |

定量下限値は5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  1440分の捕集で空気を0.5 $\text{m}^3$ 以上吸引した場合

検出率は5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の半分3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ までとした。

## (2) VOC と MVOC (揮発性有機化合物、微生物揮発性有機化合物)

WHO の分類では VOC は化学物質の沸点範囲が 50 ～ 100℃から 240 ～ 260℃の化学物質としています。指針値が示されている揮発性有機化学物質は、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、スチレン、エチルベンゼンがあります。これらの捕集、分析方法はウェブ 1) から 4) を参考にして下さい。MVOC は室内に生育する微生物などによって室内の有機物質が代謝や分解されて増加する有機化合物です。この MVOC の種類は現在 100 種類以上が報告されています。MVOC を WHO の沸点範囲で分類するとほとんどは VOC に属します。VOC の室内濃度は沢山の種類が報告されています。私共が実際に測定した VOC 類の測定事例を表 5.1.9. に示します。51 種類の VOC・MVOC の室内濃度平均値と最大値を示しました。測定を実施された場合は参考にしてください。なお、この 51 種類の物質のサンプリング、分析方法はウェブ 1)、5) を参考にしてください。トルエン、キシレン、エチルベンゼンは多くの室内で検出されています。その他、リモネン、n - デカン、n - ウンデカン、 $\alpha$  - ピネンや酢酸ブチル、酢酸エチルも多くの室内で検出されています。また検討会は TVOC の管理目標として暫定目標値を 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  としています。表 5.1.9. に示す 2009 年度調査の平均値をすべてプラスすると 171 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  となり暫定正勧告値以下です。

## (3) SVOC (準揮発性有機化合物)

WHO の分類では SVOC は沸点範囲 240 ～ 260℃から 380 ～ 400℃の有機化合物とされています。これに属する有機化合物は殺虫剤 (DDT, クロルデン)、可塑剤 (フタル酸化合物)、難燃剤 (PCB, PBB) として使用されています。指針値はフタル酸ジ - 2 - エチルヘキシル、フタル酸ジ - n - ブチル、ダイアジノン、クロルピリホス、フェノブカルブの 5 種類が示されています。分析方法はウェブ 3)、4) を参考にしてください。

一方、沸点の高い SVOC は、浮遊粉塵<sup>じん</sup>やハウスダストなどの表面に付着し、室内に蓄積することが懸念されています。難燃剤や可塑剤として使用されている有機化合物のフタル酸エステル類やトリリン酸エステル類はハウスダストに付着すると言われていています。私共が室内から採集したダストに存在するフタル酸エステル類とトリリン酸エステル類濃度を表 5.1.10 に示します。室内ダスト中のフタル酸エステル類ではフタル酸ジエチルヘキシル (DEHP) が最も多く存在しています。リン酸トリエステル類ではリン酸トリス (ブトキシエチル) が多く存在します。分析方法はウェブ 6) を参考にしてください。

表 5.1.9. VOC・MVOC 濃度調査事例

| VOC/名           | 2013年個人住宅濃度  |        | 2013年屋外の濃度 |      | 2009年住宅濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |       |         |
|-----------------|--------------|--------|------------|------|---------------------------------------|-------|---------|
|                 | 平均値          | 最大値    | 平均値        | 最大値  | 平均値                                   | 最大値   | 検出数     |
| 2-ペンチルフラン       |              |        |            |      | 0.3                                   | 1.8   | 6/131   |
| クロロホルム          |              |        |            |      | 1.0                                   | 5     | 47/533  |
| 2-メチルフラン        |              |        |            |      | * 0.3                                 | 2.3   | 11/131  |
| 3-メチルフラン        |              |        |            |      | * 0.3                                 | 0.6   | 2/131   |
| n-ヘキサノール        | 2.3          | 17.0   | 2.6        | 96.0 | 1.7                                   | 78    | 102/533 |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | 0.5          | 26.0   | 0.0        | 0.0  | 0.2                                   | 10    | 7/533   |
| 四塩化炭素           |              |        |            |      | 0.2                                   | 3     | 1/533   |
| 酢酸エチル           | 2.0          | 56.0   | 0.5        | 18.0 | 10.0                                  | 200   | 399/533 |
| メチルエチルケトン       |              |        |            |      | 3.0                                   | 39    | 236/533 |
| 2,4-ジメチルペンタン    | 0.1          | 1.5    | 0.6        | 38.0 | 0.1                                   | 9     | 1/533   |
| ベンゼン            | 1.6          | 10.0   | 1.4        | 4.1  | 1.8                                   | 37    | 94/533  |
| 1,2-ジクロロエタン     | 0.0          | 0.0    | 0.0        | 0.0  | 0.1                                   | 10    | 4/533   |
| トリクロロエチレン       | 0.1          | 1.7    | 0.0        | 0.8  | 0.1                                   | 3     | 2/533   |
| 1,2-ジクロロプロパン    | 0.0          | 0.0    | 0.0        | 0.0  | 0.0                                   | 1     | 0/533   |
| 2,2,4-トリメチルペンタン |              |        |            |      | * 0.3                                 | 2.1   | 5/131   |
| 2-ペンタノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 0.3                                 | 2.0   | 8/131   |
| トルエン            | 8.3          | 53.0   | 5.4        | 55.0 | 13.1                                  | 71    | 513/533 |
| n-トリデカン         |              |        |            |      | * 4.4                                 | 151.5 | 102/131 |
| 1-ブタノール         |              |        |            |      | 1.0                                   | 13    | 77/533  |
| メチルイソブチルケトン     |              |        |            |      | 1.3                                   | 41    | 56/533  |
| 2-ペンタノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 0.5                                 | 3.4   | 29/131  |
| クロロジプロモメタン      | 0.0          | 0.0    | 0.0        | 0.0  | 1.4                                   | 133   | 10/533  |
| テトラクロロエチレン      | 0.3          | 9.3    | 0.0        | 0.0  | 0.7                                   | 61    | 158/533 |
| n-オクタノール        | 2.4          | 110.0  | 0.1        | 0.9  | 3.5                                   | 200   | 158/533 |
| 酢酸ブチル           | 1.7          | 14.0   | 0.2        | 1.8  | 5.2                                   | 242   | 302/533 |
| 2-ヘキサノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 0.3                                 | 0.7   | 2/131   |
| 2-メチル-1-ブタノール   |              |        |            |      | * 0.4                                 | 4.0   | 29/131  |
| メタ・パラキシレン       | 4.5          | 16.0   | 2.8        | 6.3  | 5.3                                   | 28    | 378/533 |
| オルトキシレン         | 1.8          | 7.4    | 1.0        | 4.4  | 2.2                                   | 13    | 162/533 |
| 3-メチル-1-ブタノール   | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 2.1                                 | 19.0  | 77/131  |
| エチルベンゼン         | 2.2          | 6.5    | 1.4        | 4.3  | 4.1                                   | 27    | 334/533 |
| 1-ペンタノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | 0.6                                   | 10.5  | 32/131  |
| スチレン            |              |        |            |      | 2.2                                   | 28    | 151/533 |
| $\alpha$ -ピネン   | 7.8          | 120.0  | 0.1        | 1.6  | 22.9                                  | 445   | 404/533 |
| n-ノナン           | 3.8          | 38.0   | 0.4        | 2.7  | 5.2                                   | 71    | 222/533 |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン | 1.0          | 6.2    | 0.5        | 1.8  | 1.2                                   | 54    | 62/533  |
| 3-オクタノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 2.2                                 | 58.3  | 75/131  |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 3.2          | 21.0   | 1.5        | 4.2  | 3.6                                   | 34    | 246/533 |
| n-デカン           |              |        |            |      | 10.4                                  | 315   | 375/533 |
| パラジクロロベンゼン      | 2.9          | 1600.0 | 0.9        | 34.0 | 18.2                                  | 3718  | 218/533 |
| 1-オクテン-3-オール    | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 0.9                                 | 16.5  | 40/131  |
| 3-オクタノール        | MVOCとしての取り扱い |        |            |      | * 0.3                                 | 3.1   | 6/131   |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン | 0.8          | 7.0    | 0.3        | 1.0  | 1.4                                   | 55    | 70/533  |
| リモネン            | 22.0         | 200.0  | 0.2        | 3.3  | 13.9                                  | 261   | 418/533 |
| 2-エチル-1-ヘキサノール  |              |        |            |      | * 2.3                                 | 43.6  | 115/131 |
| 硫酸ジメチル          |              |        |            |      | * 0.3                                 | 0.6   | 5/131   |
| ノナノール           |              |        |            |      | * 2.2                                 | 26.8  | 130/131 |
| n-ウンデカン         | 9.6          | 140.0  | 2.1        | 8.7  | 10.0                                  | 139   | 353/533 |
| デカノール           |              |        |            |      | * 0.4                                 | 7.8   | 16/131  |
| n-ドデカン          |              |        |            |      | * 4.6                                 | 71.2  | 128/131 |
| n-ヘプタン          | 1.9          | 32.0   | 0.1        | 1.0  | 3.9                                   | 339   | 44/533  |

2013年年度厚生労働科学研究補助金横浜市周辺の公共住宅と個人住宅における室内環境中化学物質の冬季実態調査  
室内、室外(n=77) 定量下限不明

\*2009年秋から冬(札幌、北九州の住宅(居間、寝室)の131室濃度

2009年の平均値は定量下限値(0.5)の半分0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を代入して計算した。

533件数は札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の住宅(居間、寝室)の濃度

表 5.1.10 住宅室内ダスト中のフタル酸エステル類とトリリン酸エステル類

| 物質名                       | 記号    | 平均値     | 最大値      | 最小値   | LOQ  |
|---------------------------|-------|---------|----------|-------|------|
| <b>可塑剤</b>                |       |         |          |       |      |
| フタル酸ジエチル                  | DEP   | 0.88    | 15.86    | LOQ以下 | 0.68 |
| フタル酸ジメチル                  | DMP   | 0.49    | 11.77    | LOQ以下 | 0.28 |
| フタル酸ジイソブチル                | DiBP  | 7.42    | 205.18   | 0.67  | 0.31 |
| フタル酸ジ-n-ブチル               | DnBP  | 77.08   | 1084.23  | 2.22  | 0.48 |
| フタル酸ブチルベンジル               | BBP   | 5.26    | 119.53   | LOQ以下 | 0.15 |
| アジピン酸ジエチルヘキシル             | DEHA  | 28.49   | 1670.19  | LOQ以下 | 0.74 |
| フタル酸ジエチルヘキシル              | DEHP  | 1726.78 | 17081.46 | LOQ以下 | 0.57 |
| フタル酸ジイソノニル                | DINP  | 147.03  | 3096.50  | 2.03  | 0.66 |
| <b>難燃剤</b>                |       |         |          |       |      |
| リン酸トリメチル                  | TMP   | 0.18    | 13.37    | LOQ以下 | 0.40 |
| リン酸トリエチル                  | TEP   | 0.08    | 2.39     | LOQ以下 | 0.13 |
| リン酸トリプロピル                 | TPP   | 0.60    | 11.19    | LOQ以下 | 0.18 |
| リン酸トリブチル                  | TBP   | 1.39    | 36.21    | LOQ以下 | 0.26 |
| リン酸トリス (2-クロロエチル)         | TCEP  | 6.54    | 756.08   | LOQ以下 | 0.25 |
| リン酸トリス (2-クロロイソプロピル)      | TCIP  | 2.76    | 68.60    | LOQ以下 | 0.20 |
| リン酸トリス (1, 3-ジクロロ-2-プロピル) | TDCPP | 5.74    | 313.69   | LOQ以下 | 0.28 |
| リン酸トリス (ブトキシエチル)          | TBEP  | 99.25   | 1507.90  | LOQ以下 | 0.15 |
| リン酸トリフェニル                 | TPhP  | 0.61    | 13.27    | LOQ以下 | 0.52 |
| リン酸トリス (2-エチルヘキシル)        | TEHP  | 0.53    | 8.05     | LOQ以下 | 0.18 |
| リン酸トリクレシル                 | TCP   | 0.43    | 17.94    | LOQ以下 | 0.23 |
| <b>その他</b>                |       |         |          |       |      |
| 4-ノニルフェノール                | 4-NP  | 0.18    | 7.56     | 7.77  | 0.58 |
| S-421                     | S-421 | 5.39    | 1116.18  | LOQ以下 | 0.18 |
| ジブチルヒドロキシルエン              | BHT   | 2.70    | 268.70   | LOQ以下 | 0.44 |

測定事例207件数

単位  $\mu\text{g}/\text{g}$ 

## c. 個人曝露量 (濃度)

## (1) 個人サンプラーの濃度

個人サンプラーでは VOC の捕集が可能です。一般的には拡散型のサンプラーを用いて捕集が行われ、その捕集剤に吸着された有機化合物を分析します。これを求めるには個々の有機化合物が捕集剤に吸着される捕集速度や捕集剤から溶剤を用いて抽出する条件を検討しておく必要があります。ここでは測定事例として私共が開発したサンプラーを使用して測定された個人曝露濃度について示します。なお、サンプラーの捕集、分析についてはウェブ6) を参考にしてください。

表 5.1.11 曝露濃度測定事例

|                   | 定量下限<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 計算に用<br>いた定量<br>下限 | 算術平均 | 標準偏差 | 最大値 | 検出数   |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|------|------|-----|-------|
| 1 ホルムアルデヒド        | 9                                | 4.5                | 25   | 14   | 73  | 42/45 |
| 2 アセトアルデヒド        | 8                                | 4                  | 12   | 8    | 41  | 29/45 |
| 3 アセトン            | 8.7                              | 4.35               | 27   | 25   | 147 | 44/45 |
| 4 メチルエチルケトン       | 34.7                             | 17.35              | 19   | 9    | 70  | 2/45  |
| 5 1-ブタノール         | 51.8                             | 25.9               | -    | -    | 26  | 0/45  |
| 6 ベンゼン            | 51.8                             | 25.9               | 10   | 3    | 19  | 41/45 |
| 7 トルエン            | 5.9                              | 2.95               | 38   | 54   | 328 | 40/45 |
| 8 エチルベンゼン         | 6.9                              | 3.45               | 9    | 20   | 102 | 11/45 |
| 9 キシレン            | 6.9                              | 3.45               | 13   | 12   | 66  | 24/45 |
| 10 $\alpha$ -ピネン  | 8.4                              | 4.2                | 14   | 22   | 106 | 17/45 |
| 11 p-パラジクロロベンゼン   | 6.9                              | 3.45               | 9    | 17   | 91  | 7/45  |
| 12 2-エチル-1-ヘキサノール | 21                               | 10.5               | 28   | 16   | 58  | 26/45 |
| 13 リモネン           | 10.4                             | 5.2                | 28   | 27   | 136 | 39/45 |

北海道小学生の曝露濃度 (24時間測定)

表 5.1.11. には小学生の一日の行動（住居－通学－学校－塾や習い事－帰宅－自宅、食事－睡眠）の曝露を測定しています。この測定事例の平均値から見ると比較的高い曝露はトルエン、2 - エチル - 1 - ヘキサノール、リモネン、アセトン、ホルムアルデヒドが見られます。なお、2 - エチル - 1 - ヘキサノールはビニールタイルなどの接着剤に使用されているフタル酸ジエチルヘキシル（DEHP）の加水分解物質だと言われているとされています。

## (2) 尿中代謝物を用いた生物学的モニタリングの濃度

シックハウスに関連する物質として可塑剤、難燃剤の有機化学物質であるフタル酸ジエステル類と尿中代謝物についての多くの報告があります。例えばフタル酸ジエステル類は生体内で加水分解や代謝を受けて尿中にフタル酸物エステル類として排泄されます。トリリン酸エステル類はジリン酸エステル類として排泄されます。ウェブ 6) には 5 種類のフタル酸エステル類（①フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、②フタル酸ジブチル、③フタル酸ブチルベンジル、④フタル酸ジイソブチル、⑤フタル酸ジノルマルオクチル）の尿中代謝物 8 種類の同時分析する方法を示します。フタル酸ジエステルから遊離されたアルキル基は脂肪族のアルコール(2-エチル-1-ヘキサノール)になります。またフタル酸ジエステルは分析時に無水フタル酸になります。(リン酸については指示により省く)

表 5.1.12. 7、8 歳児の男女別フタル酸ジエステル代謝物の測定事例と平均値

| リン酸トリエステルとフタル酸エステル                  | 主な尿代謝物質名                                | 男子(146名) 尿 |       | 女子(101名) 尿 |       |
|-------------------------------------|---|------------|-------|------------|-------|
|                                     |   | 7歳、8歳      |       |            |       |
|                                     |   | 算術平均       | 標準偏差  | 算術平均       | 標準偏差  |
|                                     | 年齢                                      |            |       |            |       |
|                                     | 平均値                                     |            |       |            |       |
|                                     | クレアチニン (mg/100mL)                       | 101.6      | 37.2  | 90.8       | 37.5  |
| フタル酸エステル                            | フタル酸エステル代謝物                             |            |       |            |       |
| フタル酸ジ-2-エチルヘキシルDEHP                 | フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) エステル MEHP (μ M/L)      | 0.128      | 0.077 | 0.092      | 0.108 |
|                                     | フタル酸モノ-2-エチル-5-オキシヘキシル5oxo-MEHP (μ M/L) | 0.111      | 0.111 | 0.110      | 0.129 |
|                                     | フタル酸2-エチル-5-カルボキシペンチル5ox-MEPP (μ M/L)   | 0.173      | 0.146 | 0.142      | 0.204 |
|                                     | 2-エチル-1-ヘキサノール2EH (μ M/L)               | 0.387      | 0.379 | 0.281      | 0.421 |
| フタル酸ブチルベンジルDBZP                     | フタル酸モノ-ベンジルMBzP (μ M/L)                 | 0.038      | 0.120 | 0.046      | 0.109 |
| フタル酸ジノルマルオクチルDnOP                   | フタル酸モノ-3-カルボキシプロピルMCP (μ M/L)           | 0.016未満    | —     | 0.016未満    | —     |
| フタル酸ジイソブチルDiBP                      | フタル酸モノ-イソブチルMiBP (μ M/L)                | 0.204      | 0.294 | 0.281      | 0.202 |
| フタル酸ブチルベンジル DBZP、<br>フタル酸ジ-n-ブチルDBP | フタル酸モノ-n-ブチルMnBP (MBP) (μ M/L)          | 0.245      | 0.272 | 0.202      | 0.167 |
| 全てのフタル酸エステル類                        | 無水フタル酸PHA (μ M/L)                       | 0.451      | 0.282 | 0.422      | 0.292 |

表 5.1.12 には 7～12 歳児とその両親のフタル酸ジエステル代謝物の平均値を示しました。フタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）は沢山の代謝物質が知られていますがここでは 3 種類の代謝物質を調べています。フタル酸モノ-2-エチルヘキシル（MEHP）が一次代謝物でそこからさらに代謝物され、フタル酸-2-エチル-5-モノオキシヘキシル（MEOHP）、フタル酸-2-エチル-5-モノカルボキシペンチル（MECPP）となります。

## 参考ウェブサイト一覧

- 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4回～第5回のまとめについて  
[http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1\\_13.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1_13.html)（2016年1月5日確認）
- 2) 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1回～第3回のまとめ  
[www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1\\_13.html](http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1212/h1222-1_13.html)（2016年1月5日確認）
- 3) 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6回～第7回のまとめについて  
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/0107/h0724-1.html>（2016年1月5日確認）
- 4) 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  
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/02/h0208-3.html>（2016年1月5日確認）
- 5) 厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）分担研究報告書  
VOC・MVOCの同時定量条件に関する検討  
分担研究者 河合 俊夫 中央労働災害防止協会・大阪労働衛生総合センター  
<http://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201036008B>  
（2016年1月21日確認）
- 6) 5C-1511 可塑剤・難燃剤の曝露評価手法の開発と小児アレルギー・リスク評価への応用  
（1）可塑剤・難燃剤の環境曝露評価および尿中代謝物測定による生体曝露評価手法の開発  
中央労働災害防止協会 大阪労働衛生総合センター 河合 俊夫・坪井 樹  
[https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo\\_report/h25/pdf/5C-1151.pdf](https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/h25/pdf/5C-1151.pdf)  
（2016年1月21日確認）

#### d. SVOC のダスト中濃度と尿中代謝物濃度の相関

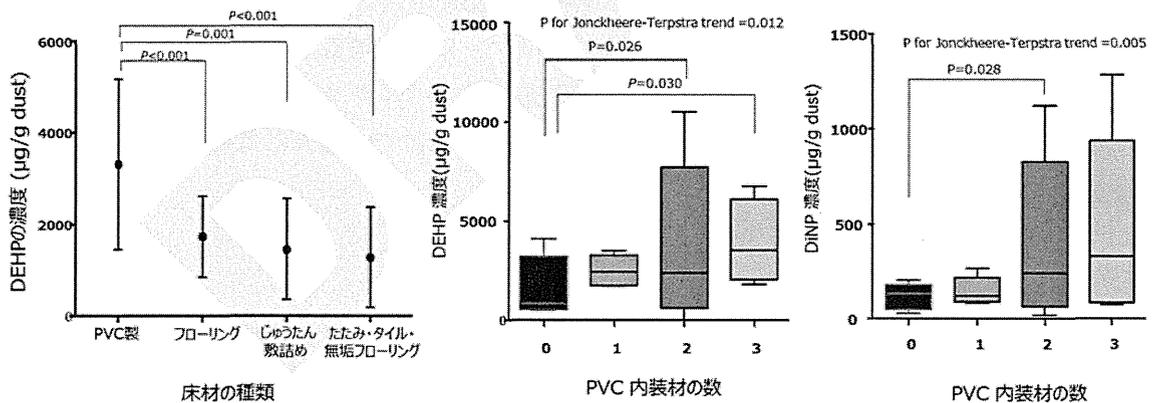
室内中の化学物質は、分子量や揮発性等、物質の性質によってガス状で気中に存在していたり、室内のダスト（ホコリ）にも吸着した状態で存在したりしています。私たちは一日の大半を室内で過ごしているため、室内の化学物質濃度が高いと個人の曝露（体の中に取り込まれること）濃度も高い、という相関関係はありますが、室内の化学物質濃度がそのまま個人の曝露濃度になる（ダスト中化学物質濃度＝個人曝露濃度）わけではありません。従って、室内中の空気やダスト中の化学物質から実際にはどのくらいの量（濃度）が曝露されているのかということについて考える必要があります。1つの方法として、空気やダスト中の化学物質濃度から、個人の性別および年齢で異なる呼吸、接触率等の係数を用いて実際の体内への取り込み量（曝露量）を推定する方法が用いられています。このような係数は、米国の環境保護庁（United States Environmental Protection Agency, EPA）より出版されている『Child Specific Exposure Factors Handbook』（U.S.EPA, 2011）に載っていますので参考にしてください。

実際に私たちは室内環境からの化学物質の曝露のみならず、食事や薬品、日用品等からも曝露を受けています。では実際にどのくらいの量の曝露を受けているのでしょうか。一般的には、体内に取り込まれた化学物質は、加水分解や代謝を受けて尿中に排泄されます。また、脂溶性の高い物質であれば、血液中や組織に蓄積します。従って、個人の尿や血液中の化学物質あるいは化学物質の代謝物の濃度を測定することで、個人の化学物質曝露濃度を把握することができます。また、尿中の化学物質濃度や室内の化学物質濃度を基に、分子量等の化学物質の特性、個人の身長、体重、年齢、尿への排泄率もしくは呼吸率等の係数を用いて、化学物質の1日摂取量を推定することもできます。ここでは、平成22年度厚生労働省科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業および平成23年度環境省環境研究総合推進費で実施した室内環境からのフタル酸エステル類の曝露に関する調査の結果を例にあげて、ダスト中濃度と尿中代謝物濃度の相関について述べます。

フタル酸エステル類は、半揮発性有機化合物（5章参照）に分類され、建材や日用品等、多くの製品に含まれています。曝露源としては食品からの曝露の寄与が最も大きいといわれています。食品パッケージに含まれるフタル酸エステルが食品に移行し、その食品を私たちが摂取することで曝露されていると考えられているからです。しかし、フタル酸エステル類は、食事の他、玩具や容器などのプラスチック製品、化粧品、シャンプー、ボディローションなどのパーソナルケア製品、塗料、電気ケーブル、合成皮革などにも含まれているため、これらの製品を使用することによっても曝露します。これらの製品から徐々に揮発したフタル酸エステル類は、ダストや気中に存在しています。室内のフタル酸エステル類がどのくらい体内に取り込まれているかということ調べるために、一般住宅の居間のダストとその住人の尿を採取し、ダストに含まれるフタル酸エステル類の濃度とその尿中代謝物濃度の相関を見たところ、いくつかの化合物でダスト中濃度と住人の尿中代謝物濃度との間に正の相関があることがわかりました。さらにその相関は、棚などの高い場所にあるダストよりも、床面などの低い場所にあるダストとの間で認められました（Ait Bamai et al., 2015）。ここで、「正の相関」とは、ダスト中の濃度が高いと、尿中の濃度も高いということを示しています。すなわち、室内のダスト中の濃度が高い住宅では、体内に取り込まれる量も多いということになります。すなわち、食事を介した曝露に加え、床面など低い場所のダストが、重要な曝露源となりうるということを示しています。また、この「正の相関」は大人（両親）よりも子ども（小学生）、さらに父親よりも母親で強く見られ、特に子どもで最も強い相関が認められました。つまり、一般的に日中はほとんど家にいない父親より、比較的家にいる時間が長い母親のほうが自宅の化学物質

により多く曝露されていることを示しています。また、子どもは大人よりさらに多くの曝露を受けているということを示しています。子どもは体重当たりの吸気量は大人より多く、さらに乳幼児は、床を這う、手や物を口に入れるという行動等により成人よりも多くの化学物質の曝露を受ける機会があり、また代謝機能も未熟です。そのため、子どもは大人よりも環境中の化学物質に対して脆弱(もろくて弱いこと)であるといわれています。

ダストに含まれるフタル酸エステル類は住宅の床材やプラスチック製の玩具にも含まれています。近年、日本や諸外国では、玩具や育児用品への一部のフタル酸エステル類の使用は規制されるようになりました。しかし、住宅の建材や内装材に対する使用規制は未だ行われていません。フタル酸エステル類のうち、最も使用されている DEHP (di-2-ethylhexyl phthalate) の曝露源は食事由来の他に、室内の PVC 製の建材や内装材由来であることが欧米や日本の研究により報告されています。また、PVC 製の床材の他、複合(複層)フローリングの床材においてもダストに含まれる DEHP の濃度が高いことが報告されています (Ait Bamai et al., 2014) (図 5.1.2.)。したがって、室内環境中からのフタル酸エステル類の取り込みを軽減する方法としては、PVC 製や複合フローリングの床材をできるだけ使用しないようにすることが効果的であると言えるでしょう。また、ハウスダストの取り込みを軽減するためには、① 1 m<sup>2</sup> あたり 20 秒くらいでゆっくり掃除機をかける、② 水拭きをして室内のダストを除去する、③ 手洗いで手に付着したダストを除去することが効果的です。



PVC内装材の数: 0: PVCなし; 1: 天井, 壁, 床のうちいずれか1つがPVC; 2: 天井, 壁, 床のうちいずれか2つがPVC; 3: 天井, 壁, 床のすべてがPVC

多重比較: 「PVC内装材の数 = 0」をレファレンスとしたときの各PVC数に対するp値 (統計学的有意差はBonferroniの補正より  $P < 0.017$ )

Ait Bamai et al., *Sci. Total Environ.* (2013)

図 5.1.2. 住宅の床材種類および PVC 内装材の数とダスト中フタル酸エステル類濃度との関連

## 5.2. 生物学的要因

### 5.2.1. 真菌（カビ）

#### a. 室内環境中の真菌

室内中に真菌は必ず存在します。職業性の大量曝露は確実に呼吸器系などの健康影響を与えることが報告されていますが、通常の居住室内環境における気中真菌濃度の上昇によるシックハウス症状への影響はよくわかっていません。その他、真菌は微生物由来揮発性有機化合物 (Microbial Volatile Organic Compounds; MVOC) のような刺激性の化学物質を産生することがあり、マイコトキシン (カビ毒) を産生することがあります。また菌体成分の 1→3 - β - D - グルカンも刺激性があり呼吸器などに健康影響を生じる可能性があります。また、真菌室内中の真菌には以下のような種類があります。

#### ①クラドスポリウム (Cladosporium)

俗称はクロカビ。室内や外気中において最も高頻度に検出されます。中温性・好湿性で、湿性、水系環境に多く、土壌、植物、繊維、紙、木材、皮革、体表、家塵、油剤、プラスチック、穀類など様々な場所に存在します。アレルギーの原因となり、医療機関の検査では血液検査による特異 IgE (特定の物質がアレルギーの原因となるかを推定する血液検査) の測定が行うことができ、皮膚テスト用アレルゲンによる検査も行われています。

#### ②アスペルギルス (Aspergillus)

俗称はコウジカビ。自然界に広く検出され、中・高温性の耐乾性から好乾性であり、家塵、土壌、穀類、繊維、紙、皮革などに存在します。アレルギーに関連し、医療機関では、血液検査による特異 IgE の測定が行うことができ、皮膚テスト用アレルゲンによる検査も行われています。この真菌による特殊なアレルギーとして、アレルギー性気管支肺アスペルギルス症という喘息とアレルギー性の肺炎が合併する病気の原因となります。免疫機能が低下している人には肺アスペルギルス症という感染症の原因となります。

#### ③ペニシリウム (Penicillium)

俗称はアオカビ。生活環境では、ハウスダスト、水系・乾燥性環境、空中などに多く、とくに室内空中に広く存在します。温度感受性が強く、多くは 30℃以上で発育不良の中温性です。アレルギーの原因となり、医療機関では、血液検査による特異 IgE の測定が行うことができ、皮膚テスト用アレルゲンによる検査も行われています。

#### ④アルテルナリア (Alternaria)

俗称はススカビ。中温性、好湿性真菌で、木材、空中、土壌などに存在します。アレルギーの原因となり、医療機関では、血液検査による特異 IgE の測定が行うことができ、皮膚テスト用アレルゲンによる検査も行われています。

## b. 真菌評価方法

一般的に利用できる有効な評価方法は少ない状況です。気中の真菌数を直接、定量的に評価する方法として、落下真菌をシャーレで培養する方法、エアースンプラーで一定量の室内空気を吸引して、顕微鏡により真菌数をカウントすることや、培養される真菌数をカウントして、一定空気量（1 m<sup>3</sup>あたりのコロニー（菌の集落）数（colony forming unit: cfu）など）に含まれる真菌量を定量化する方法があります。培養後に、真菌の種類とその量の定量化も可能になります。しかしながら、曝露量を直接リスク評価に利用することは難しく、職業曝露では 10<sup>5</sup>-10<sup>7</sup>cfu/m<sup>3</sup> のレベルで呼吸器症状などが生じるとされますが、一般室内環境の気中真菌量とシックハウス症状の関係ははっきりしていません。そのため、WHO の報告書などでも、一般室内環境のガイドライン値の設定はできないとしています。

どうしても測定する必要がある場合、真菌気中濃度の測定は、食品衛生などの特殊な検査機関が受託検査として行っていますが、現実的には住居等の環境対策に利用されることはほとんどないと思われま

す。その他、研究室レベルとなりますが、室内の塵を集めて真菌を培養定量することや、PCR（Polymerase Chain Reaction）法という分子生物学的手法で真菌遺伝子を検出定量することも行われています。しかしながら、これらとシックハウス症状との関連ははっきりしていません。また、室内気中の微生物由来揮発性有機化合物（Microbial Volatile Organic Compounds : MVOC）を測定することにより真菌の影響を推定する方法があり、シックハウス症候群の指標となる可能性が報告されています。MVOC はいくつかの研究でシックハウス症候群などの健康影響が報告されていますが、検査機関に依頼して測定することは難しい状況です。また室内塵中における菌体成分の 1→3-β-D-グルカンやエルゴステロールを測定することも研究レベルでは行われていますが、シックハウス症候群との関連ははっきりしていません。

以上のように真菌について環境から定量的に評価するのは難しい状況ですが、個人について真菌の影響を医療機関で判断する方法として、特定の真菌に対するアレルギーが存在するか確認するには、先に述べたクラドスポリウム、アスペルギルス、ペニシリウム、アルテルナリアについて血液検査で特異 IgE を測定することにより、アレルギー症状に影響しているか推定することができます。

## 5.2.2. 細菌

### a. 室内環境中の細菌

一般環境では室内に細菌が存在することは避けられません。感染症としては、室内に結核等の呼吸器感染症発症者がいる場合や、空調の冷却水、循環式給湯器のメンテナンス不良などによるレジオネラ感染症といった疾病と関係します。細菌が産生するエンドトキシン（細菌の細胞壁に含まれる毒素）は呼吸器系に影響する物質として知られています。

### b. 細菌評価方法

真菌と同様に、気中の真菌数を定量的に直接評価する方法として、落下細菌をシャーレで培養する方法、エアースンプラーで一定量の室内空気を吸引して細菌量を定量化する方法があります。しかしながら、一般居住室内環境において気中細菌量が増えたことによるシックハウス症状への影響は認められていません。環境中のエンドトキシンは受託検査として測定が可能ですが（食品衛生等