

表6 室内空気の二酸化炭素のガイダンス値

| 区分 | 濃度範囲 (ppm) | 衛生的な評価 |
|----|-------------|-----------|
| 1 | < 1,000 | 無害 |
| 2 | 1,000~2,000 | 衛生面の懸念が上昇 |
| 3 | > 2,000 | 容認できない |

表7 総揮発性有機化合物のガイダンス値

| 区分 | 濃度範囲 (mg/m ³) | 衛生的な評価 |
|----|---------------------------|---|
| 1 | ≤ 0.3 | 支障なし |
| 2 | > 0.3~1 | 支障なし。ただし、個々の物質やグループ物質 ための指針値は超過しないこと |
| 3 | > 1~3 | 衛生面の懸念あり |
| 4 | > 3~10 | 大きな支障あり |
| 5 | > 10 | 容認できない状況 |

3. フランス環境労働衛生安全庁（ANSES）

フランスでは室内空気指針値（VGAI）が定められている。浮遊粒子状物質（PM₁₀、PM_{2.5}）及びシアン化水素についても設定が検討されたが、数値の設定はされなかった。なお、PM₁₀ 及び PM_{2.5} については世界保健機関（WHO）の空気質ガイドラインを政府が活用することが推奨されている（Afsset, 2010b）。VGAI (valeurs guides de qualité d' air intérieur, 室内空気指針値)とは、一般に対して基本的に健康に対する直接的な影響、間接的な影響もしくは不快感（臭気を伴う場合）が発生しない化学物質の最大濃度であると定義されている（Afsset, 2007a）。

二酸化炭素の室内濃度の管理は、閉鎖空間における室内空気質の指標としては使用可能である。しかし、これまでの疫学データからは、閉鎖空間における健康影響、快適性、認知能力に対する影響から居住者を保護するための二酸化炭素濃度の閾値を設定することが不可能であるため、二酸化炭素の VGAI は推奨されなかった。最近の研究では、二酸化炭素固有の影響として、意思決定や問題解決能力の低下が 1000 ppm で生じる可能性が報告されている。しかし、その作用機序も不明であり、さらなる検証が必要である。また、その濃度を超えた学校の教室において、子供の喘息関連症状の増悪が報告されている。従って、現時点で ANSES としては、窓や扉の開放等の換気など、閉鎖空間におけるこれらの影響を効果的に改善する手段や知識を自治体や学校関係者に周知することの重要性を指摘している（ANSES, 2013c）。

ANSES の室内空気指針値は、健康影響に関する科学的知見に基づいて推奨された値であるが、モニタリング等の運用を行うための規制値ではない。そこでフランス保健省（Ministry of Health）は、ANSES の室内空気指針値に基づいて、閉鎖空間における空気質を管理するための参照値を提案するようフランス高等公衆衛生審議会（French High Council of Public Health : HCSP）に諮問している。フランス高等公衆衛生審議会は、実用性、規制への適性、適法性、社会や経済への影響等を考慮し、ホルムアルデヒド、ベンゼン、テトラクロロエチレン、ナフタレン、トリクロロエチレンに対する勧告を公表してきた。しかし最終的には、2008年8月に制定された環境賠償責任に関する法律に従い、エコロジー省（Ministry of Ecology）が室内空気質の参照値を策定してきた。これは環境基準の一部であり、法的拘束力があるものである。これまで、ホルムアルデヒドとベンゼンに対して以下の値が策定されてきた（2011年12月の法令 2011-1727）。

- ・ホルムアルデヒド：長期曝露の指針値 30 µg/m³（2013年1月施行）、2023年1月に 10 µg/m³ に変更予定
- ・ベンゼン：長期曝露の指針値 5 µg/m³（2013年1月施行）、2016年1月に 2 µg/m³ に変更予定

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

ANSES は健康影響の科学的知見に基づいて室内空気指針値 (IAQGs)を提案する。HCSP は、ANSES の評価、他の技術的・社会的・経済的問題に基づいて、室内空気質の管理を支援するための参照値を提案する。エコロジー省は、HCSP の評価結果に基づいて、室内空気指針値 (IAQGs) の規制に関する法令を制定する。室内空気質のモニタリングは、徐々に実行されている。具体的には、2011 年 12 月に施行された法令 2011-1728 に基づき、子供が居住する住宅で実行されている。換気システムの評価、ホルムアルデヒド、ベンゼン、二酸化炭素の測定は、特定の建築物（6 歳児以下のデイケア施設、幼稚園、小学校、キャンプ施設、学校教育や職業教育用の中等学校）における室内空気質のモニタリングの一部として実施されている（2012 年 1 月施行の法令 Decree 2012-14）。

表 8 フランスにおける室内空気指針値のまとめ

| 物質 | 室内空気指針値 (VGAI*) | | 制定 |
|---------------------------------------|--|-------------------------------|--------|
| ホルムアルデヒド | 短期 VGAI (2 時間) | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2007 年 |
| | 長期 VGAI (1 年以上) | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| 一酸化炭素 | 短期 VGAI | | 2007 年 |
| | 8 時間曝露 | 10 mg/m^3 | |
| | 1 時間曝露 | 30 mg/m^3 | |
| | 30 分曝露 | 60 mg/m^3 | |
| ベンゼン | 15 分曝露 | 100 mg/m^3 | 2008 年 |
| | 短期 VGAI: 1~14 日間 | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 中期 VGAI: 14 日~1 年間 | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 長期 VGAI: 生涯曝露 リスクレベル=10 ⁻⁶ | 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| ナフタレン | 長期 VGAI: 生涯曝露 リスクレベル=10 ⁻⁵ | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2009 年 |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| トリクロロエチレン | 中期 VGAI: 14 日~1 年間 | 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2009 年 |
| | 長期 VGAI: 生涯曝露 リスクレベル=10 ⁻⁶ | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| | 長期 VGAI: 生涯曝露 リスクレベル=10 ⁻⁵ | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| テトラクロロエチレン | 短期 VGAI: 1~14 日間 | 1380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2010 年 |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| PM _{2.5} PM ₁₀ | VGAI: 無し | — | 2010 年 |
| シアン化水素 | VGAI: 無し | — | 2011 年 |
| 二酸化窒素 | 短期 VGAI: 2 時間 | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2013 年 |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| アクロレイン | 短期 VGAI: 1 時間 | 6.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2013 年 |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| 二酸化炭素 | VGAI: 無し | — | 2013 年 |
| アセトアルデヒド | 短期 VGAI: 1 時間 | 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2014 年 |
| | 長期 VGAI: 1 年間以上 | 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |

4. カナダ保健省

1987年にカナダ保健省 (Department of National Health and Welfare Canada: DNHWC)の環境と労働衛生に関する諮問委員会 (Federal/Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health :CEOH)が室内空気質ガイドライン(DNHWC, 1989)を公表した。このガイドラインの主な目的は、(1)特別なリスクを有する集団の感受性、汚染源、汚染物質の動態などの因子を考慮して住居用の室内空気中濃度のガイドライン値を開発すること、(2)家屋の空気質を改善あるいは維持する実行可能な手段の勧告や指針を開発することである。

ガイドラインを作成するにあたり、17の化学物質または物質群と1つの放射性物質が詳細な評価を行う汚染物質として選択された。これらの汚染物質が選択された理由は、人の健康影響を引き起こす可能性および室内に存在する可能性からである。そして、これらの汚染物質のうち、定量的評価が可能でない物質、あるいは人の曝露限界値に関するデータが不適切と思われる物質を除く9つの汚染物質（アルデヒド類、二酸化炭素、一酸化炭素、二酸化窒素、オゾン、粒子状物質、二酸化硫黄、湿気、ラドン）に対して室内濃度のガイドラインが定められた。

ホルムアルデヒドに関しては、発がん性の疑いがあるため、人の健康影響に基づいたデータだけでは室内濃度のガイドラインを設定することができないと判断された。そこで、費用と技術的実現可能性が考慮された。行動値は、現時点で実現可能な最小濃度である。目標値は、将来、改善策がとられ、室内濃度低減に向けてあらゆる努力がなされる値である。

曝露範囲の設定が適切に行えず、それが実行不可能な汚染物質（生物因子、塩素化炭化水素、繊維状物質、鉛、殺虫製品、多環芳香族炭化水素、エアゾール製品、たばこ煙）に関しては、曝露低減が可能な実行手段に関するガイドラインが作成された。

その後、カナダ保健省では、1987年に定めた室内空気質ガイドラインの追加や改正を行っている。本報では1987年のガイドライン以降に追加または改正された物質の室内空気質ガイドラインを表9にまとめた。ただしこれらのうち、カビ（細菌）、微小粒子状物質（PM_{2.5}）の2物質（群）についても検討されたが、数値の設定は行われなかった。また、1987年に定められた二酸化炭素、二酸化硫黄、ラドン、受動喫煙、相対湿度の検討結果については現時点でカナダ保健省のホームページ等に公表されていない。

表9 カナダにおける室内空気指針値のまとめ

| 物質 | 最大ばく露限界 | 制定年 |
|----------|---|-------|
| ホルムアルデヒド | 長期 [8時間] : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (40ppb) 短期 [1時間] : 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100ppb) | 2006年 |
| カビ（細菌） | カナダ保健省は、以下を勧告する。 湿度を制御すること、カビの増殖を防ぐために水で傷ついた住宅の修復をこまめに行うこと、 住宅用建物の中で繁殖しているカビ（見えないものも含む）を十分に除去すること | 2007年 |
| 一酸化炭素 | 長期 [24時間] : 11.5 mg/m^3 (10ppm) 短期 [1時間] : 28.6 mg/m^3 (25ppm) | 2010年 |
| 二酸化窒素 | 長期 [24時間] : 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm) 短期 [1時間] : 480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.25ppm) | 1987年 |
| オゾン | 長期 [8時間] : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20ppb) | 2010年 |
| トルエン | 長期 [24時間] : 2.3 mg/m^3 (0.6ppm) 短期 [8時間] : 15 mg/m^3 (4.0ppm) | 2011年 |

| | | |
|---------------------------------|---|--------|
| 微小粒子状物質 (PM _{2.5}) | カナダ保健省は、以下を勧告する。 室内の PM _{2.5} 濃度は可能な限り低く保たなければならない。 室内の主要な排出源に対応するため、料理の際には換気扇を使用し、室内での喫煙は許容しないこと。 | 2012 年 |
| ナフタレン | 長期 [24 時間] : 0.010 mg/m ³ (0.0019 ppm) | 2013 年 |
| ベンゼン | カナダ保健省は、以下を勧告する。 ベンゼンの室内濃度を可能な限り低く維持すること | 2013 年 |

5. フタル酸エステル類に対する室内環境規制

近年、室内ダスト中のフタル酸エステル類と子どもの喘息やアレルギーとの関連性が報告されている。フタル酸エステル類は、プラスチックを柔らかくする材料として、主に塩化ビニル樹脂に使用されてきた。室内では、壁紙、床材、テーブルクロス、電線被覆材、子供用玩具などにフタル酸エステル類を使用した製品がある。近年、フタル酸エステル類の室内濃度と成人の尿中代謝物濃度との関連性が示唆されており、室内におけるフタル酸エステル類への曝露の重要性が指摘されている(東, 2014)。

室内ダスト中の化学物質に関しては、測定方法の標準化が容易ではなく、室内ダスト中の化学物質に対する基準値を設定している諸外国はみあたらない。しかしながら、室内で多くの製品に利用され、経気道、経口、経皮といった複数の曝露経路がある物質については、発生源対策が重要となる。デンマークでは、2013 年 12 月 1 日より、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、フタル酸ブチルベンジル、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-イソブチルの 1 つ以上を 0.1%以上含む室内で使用される製品及び皮膚や粘膜経路で曝露する製品の輸入と使用を禁止する決定（室内で 사용되는特定フタル酸エステルの含有制限を定めた政令）を行った(Retsinformation.dk, 2012)。一般的に、プラスチックに対するフタル酸エステル類の含有量は、数%から数十%必要であるため、0.1%の基準は実質的には使用禁止に相当する行政措置である。デンマークは、この規制を欧州連合（EU）全体に適用するよう求めたが、関係業界等からの反発があり、デンマークでのみ実施することとした。しかしながら、欧州委員会は、これら 4 種のフタル酸エステル類の制限手続きについて検討した結果、REACH 規則の制限手続きが行われた化学物質について、その製造や使用、上市の禁止は REACH 規則に基づいて EU 域内で共通化されるものであり、一度制限手続きが最終化されれば、加盟国が最終化された EU レベルでの決定と異なった国内法の継続や新設はできないと報告した(European Commission, 2014)。また、欧州連合司法裁判所は、フィンランドに対して、REACH 規則の制限手続きの結論に反する独自の国内法を制定することはできないとの判決を行った。これらのことから、デンマークは本政令の施行を断念して撤回した。但し EU は、今回対象となった 4 種のフタル酸エステル類以外のフタル酸エステル類に対する懸念や、4 種のフタル酸エステル類のリスクを示す新たな科学的証拠が示された場合には、新たに制限手続きを実施する可能性を示唆している(European Commission, 2014)。

最近では、スウェーデンが、国内でフタル酸エステル類に対する対策を強化するための提案を 2014 年 12 月に行っている。具体的には、EU レベルで特定の成形品（アクセサリ、グループ、バッグ、衣類、自動車、家具、スポーツ用品、靴、内装建材など）中の特定のフタル酸エステル類の含有量を REACH で規制するよう提案している。

6. イギリス住居法の住宅健康安全格付けシステム

18 世紀後半の産業革命により、イギリスでは都市部へ多くの労働者が流入した。その結果、都

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
 分担研究報告書

市内の環境は著しく悪化し、労働者の多くが過密で非衛生な環境で生活していた。1847年にはイギリス全土でコレラが流行し、多数の死者が発生した。そのため、衛生状態の改善を目的として、世界で初めての公衆衛生法が1848年に制定された。その後イギリスでは、共同宿泊所法や労働階級宿泊所法など、住居そのものを規制する法律への変遷し、現在では、住宅の維持管理や不衛生住宅に関する規制を目的とした「住居法」を施行している(東, 2010)。

イギリスの住居法では、2004年に住宅健康安全格付けシステムが導入された。このシステムは、29のリスク要因に起こりうる疾病や傷害の階級に応じて自治体の担当官がリスク定性的に評価を行い、処置等を勧告するシステムである(ODPM, 2006)。表10にリスク要因、表11に疾病や傷害の階級を示す。これらのリスク要因は、アメリカ公衆衛生協会が1938年に出版した健康住宅の基本原則に基づいている。地方自治体の環境健康調査官は、各リスク要因が発生する可能性および各階級の可能性を評価し、その住宅の措置について判定を行う。判定に基づく通知に従わない場合の罰則規定があり、地方自治体に強固な措置権限が委ねられている。なお、このシステムは、2012年から米国にも展開がなされている。

表10 住宅健康安全格付けシステムの評価項目

| 分類 | 評価項目 |
|-----|---|
| 生理的 | 寒さ、湿気やかび、熱、アスベストと人造鉱物繊維 殺生剤、一酸化炭素、鉛、放射線、燃焼させない燃料、 揮発性有機化合物(VOCs) |
| 心理的 | 過密性・空間、外部からの侵入、照明、騒音 |
| 感染 | 庭内の衛生状態、食品安全性、個人の衛生状態、給水 |
| 安全性 | 浴室での転倒、転倒（各階の床面、階段、各階間）、 電気的な有害性、火災、表面の熱、衝突／畏、 アメニティ（生活を便利に楽しくするもの）の位置や操作性、 爆発の危険、構造的な倒壊の危険性 |

表11 住宅健康安全格付けシステムにおける疾病や傷害の階級

| 階級 | 疾病や傷害 |
|------|---|
| クラス1 | 死亡、肺がん、中皮腫およびその他の悪性肺腫瘍、首下の永久麻痺、重症肺炎、 恒久的な意識消失、80%の火傷 |
| クラス2 | 心肺の疾病、喘息；悪性でない呼吸器系の疾病、鉛中毒、アナフィラキシーショ ック、クリプトスポリジウム症、レジオネラ症、心筋梗塞、軽度の脳卒中、慢性 の意識混濁、通常の重度の発熱、手や足の喪失、重い骨折、重い火傷、何日間か の意識消失 |
| クラス3 | 眼の疾患、鼻炎、高血圧症、睡眠障害、神経心理学的障害、シックビルディング 症候群、通常あるいは持続性の皮膚炎（接触性皮膚炎を含む）、アレルギー、胃 腸炎、下痢、嘔吐、慢性的な重度ストレス、軽度の心臓発作、悪性だが治療可能 な皮膚がん、指の喪失、頭蓋骨骨折および重度の脳しんとう、頭部や体への重い 刺創、重度の手の火傷、重い過労や運動過多損傷、通常あるいは重度の偏頭痛 |
| クラス4 | 胸膜プラーク、時折発生する重度の不安、良性腫瘍、時折発生する軽度の肺炎、 骨折した指、軽い脳しんとう、顔や体への中程度の切り傷、体への重度の打撲、 通常の重い咳や風邪 |

7. 厚生労働省の室内空気汚染対策

日本では 1990 年代に入り、居住環境に起因する健康影響の問題として、いわゆるシックハウス問題が懸念されており、その中でも特に化学物質による室内空気汚染の問題が指摘されてきた。そこで厚生労働省は、1997 年にホルムアルデヒドの室内濃度指針値を策定した。また、揮発性有機化合物（VOC）に関する全国規模の実態調査を行い、一部の家屋では室内空気汚染が高いレベルにあることが明らかとなった。このため厚生労働省は、室内空気汚染の問題に対応するため、2000 年から 2002 年にかけて「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」を開催し、13 種類の化学物質に対して室内濃度指針値を策定した（表 1 2）。

表 1 2 厚生労働省の室内濃度指針値

| 化学物質 | 室内濃度指針値 (μg/m ³) | 主な排出源 |
|------------------|------------------------------|-------------|
| ホルムアルデヒド | 100 (0.08) | 合板、接着剤 |
| トルエン | 260 (0.07) | 接着剤、塗料 |
| キシレン | 870 (0.2) | 接着剤、塗料 |
| パラジクロロベンゼン | 240 (0.04) | 防虫剤 |
| エチルベンゼン | 3800 (0.88) | 断熱材、塗料、床材 |
| スチレン | 220 (0.05) | 断熱材、塗料、床材 |
| クロルピリホス | 1 (0.00007)※小児 0.1 | シロアリ駆除剤 |
| フタル酸ジ-n-ブチル | 220 (0.02) | 軟質塩ビ樹脂、塗料 |
| テトラデカン | 330 (0.04) | 接着剤、塗料 |
| フタル酸ジ-2-エチルヘキシル | 120 (0.0076) | 軟質塩ビ樹脂、塗料 |
| ダイアジノン | 0.29 (0.00002) | シロアリ駆除剤 |
| アセトアルデヒド | 48 (0.03) | 合板、接着剤 |
| フェノブカルブ | 33 (0.0038) | シロアリ駆除剤 |
| ノナナール | 41 (0.007) 暫定値 | 合板、接着剤 |
| 総揮発性有機化合物 (TVOC) | 400 暫定目標値 | 内装材、家具、家庭用品 |

() 内は 25°C 換算時の体積濃度 ppm

その後約 10 年が経過し、指針値が設定されている化学物質の代替物質として新たな化学物質が使用されているとの指摘があること、準揮発性有機化合物（SVOC）の概念が出てきたこと、細菌由来の揮発性有機化合物（MVOC）類が検出されていること、WHO の空気質ガイドライン等との整合性について検討する必要があることなどが課題としてあげられた。そして、これまで策定された室内濃度指針値の超過実態を改めて把握するとともに、化学物質の発生源と室内濃度との関係に係る科学的知見を踏まえ、室内濃度指針値の設定のあり方や見直し方法などを検討するため、2012 年にシックハウス問題に関する検討会を再開した(厚生労働省, 2012)。

これまで検討会では、関係省庁や関係団体等のシックハウスに係る取り組みに関するヒアリングを行い、並行して諸外国等の室内空気質規制の調査や居住環境内における揮発性有機化合物の実態調査を実施している。そして、表 1 3 に示す指針値の見直し案とそのスキーム案（図 2）を提案している(厚生労働省, 2013)。

表 1 3 室内濃度指針値の見直し方法（案）

| 項目 | 内容 |
|-------------------------------|--|
| (1) 新たに指針値を設定する化学物質の選定基準 | 1) WHOの空気質ガイドライン 例えばベンゼンやナフタレンなど、WHOが空気質ガイドラインを設定している化学物質については指針値の設定を検討する。但し、居住環境内における実態調査等で室内濃度がこれらのガイドラインを十分に下回っている場合には対象外とする。 2) 居住環境内における揮発性有機化合物の実態調査等 居住環境内における実態調査等で検出された化学物質について、詳細な曝露濃度データを収集する。そして高濃度かつ高頻度で検出された化学物質を対象に指針値の設定を検討する。但し、室内発生源の寄与が低いと考えられる化学物質は対象外とする。 3) 家庭用品等からの検出結果やシックハウス関連研究の知見等 家庭用品の調査結果やシックハウス症候群の実態調査結果などから指針値設定対象物質を選定する。 |
| (2) 指針値の設定手順 | 上記の選定基準から指針値設定候補となった化学物質に対して曝露評価および初期リスク評価を行い、これまでに指針値が設定された化学物質の主要な用途や発生源を考慮しつつ、個別の化学物質の詳細な曝露評価およびリスク評価を行う。これらの結果を踏まえ、さらに指針値設定候補となる物質を絞り込んで優先付けを行い、指針値の設定を検討する。これらの手順をフローにしたものが図1のスキーム案である。また、指針値の設定にあたっては、実効性のある設定数とすること、健康影響の種類別にカテゴリー分けすること、慢性及び急性影響を別々に検討することなども考慮される。 |
| (3) 総揮発性有機化合物（TVOC）の暫定目標値について | TVOCの暫定目標値については、最新の知見等を踏まえ、その取扱いや測定の意味などについて検討するとともに、試験法の見直しを行う。 |
| (4) その他の課題 | その他としては、小児等の高感受性集団に関する不確実性への対応方法、室内空気やハウスダスト中の化学物質を監視するシステムの構築、SVOCの曝露評価方法などがあげられている。 |

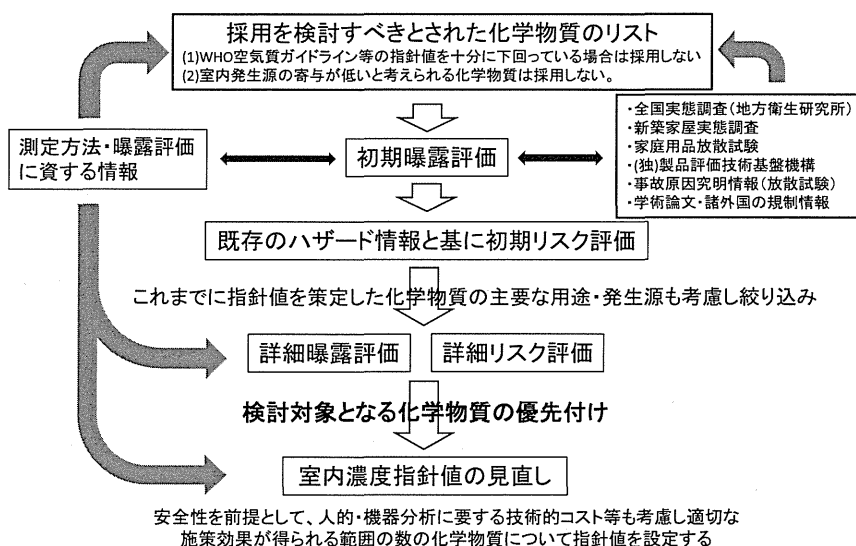


図 1 室内濃度指針値見直しスキーム（案）

2000年から2002年にかけて指針値を策定した際の指針値設定対象物質の選定基準は、以下の6項目であった(厚生省, 2000)。(1) WHO などにより気中濃度のガイドラインが提示されている。(2) 全国調査の結果から室内濃度が高く、その理由が室内の発生源によると考えられる。(3) パブリックコメントから特に要望があった。(4) 外国で新たな規制がかけられたこと等の理由により早急に指針値の策定を考慮する必要がある。(5) 主要な用途からみて万遍なく網羅している。(6) 主要な構造分類からみて万遍なく網羅している。この基準では、化学物質のリスクの大きさが十分考慮されていなかった。しかし1995年以降、室内空気汚染による健康被害の問題が社会的に大きくなる中、厚生労働省は、化学物質による健康被害を生じさせないうえで望ましいと判断された値を早急に策定する必要がある。そこで、全国調査の結果から室内濃度が比較的高く、室内に発生源があると考えられる物質に、諸外国における既存の規制等を指標として指針値が策定された。この施策の結果として、多くの化学物質の室内濃度が低下し、シックハウスの問題は大きく改善された。但し、その後約10年が経過して新たな課題が生じてきたことから、リスク評価による優先付けを取り入れて、より一層の改善を行うよう検討を進めている。

参考文献

- Afsset (2007a) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le formaldéhyde. Avis de l'Afsset, Rapport du groupe d'experts.
- Afsset (2007b) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le monoxyde de carbone. Avis de l'Afsset, Rapport du groupe d'experts.
- Afsset (2008) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le benzène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.
- Afsset (2009a) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le naphthalène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.
- Afsset (2009b) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur pour le trichloroéthylène (TCE), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.
- Afsset (2010a) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.
- Afsset (2010b) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour les particules, AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.
- ANSES (2013a) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le dioxyde d'azote, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.
- ANSES (2013b) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'acroléine, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.
- ANSES (2013c) Concentrations de CO₂ dans l'air intérieur et effets sur la santé, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.
- ANSES (2014) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'acétaldéhyde, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.
- DNHWC (1989) Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality, A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Cat. H46-2/90-156E.

- European Commission (2014) INFORMATION FROM EUROPEAN UNION INSTITUTIONS, BODIES, OFFICES AND AGENCIES: on the finalisation of the restriction process on the four phthalates (DEHP, DBP, BBP and DIBP) under Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). Official Journal of the European Union, 2014/C 260/01.
- Health Canada (2006) Residential Indoor Air Quality Guideline: Formaldehyde.
- Health Canada (2007) Residential Indoor Air Quality Guideline: Moulds.
- Health Canada (2010a) Residential Indoor Air Quality Guideline: CARBON MONOXIDE.
- Health Canada (2010b) Residential Indoor Air Quality Guideline: OZONE.
- Health Canada (2011) Residential Indoor Air Quality Guideline: TOLUENE.
- Health Canada (2012) GUIDANCE FOR FINE PARTICULATE MATTER (PM_{2.5}) IN RESIDENTIAL INDOOR AIR.
- Health Canada (2013a) Residential Indoor Air Quality Guideline: Naphthalene.
- Health Canada (2013b) Guidance for Benzene in Residential Indoor Air.
- IARC Monograph Working Group (2009) A review of human carcinogens—Part F: Chemical agents and related occupations. *The Lancet Oncology* 10(12):1143–1144.
- IRK (1996) Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. *Bundesgesundheitsblatt* 39:422–426.
- IRK (2012) Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. *Bundesgesundheitsbl* 55:279–290.
- IRK (2015) Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte. available at <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte>, accessed at 27 January 2015.
- National Toxicology Program (2010) Report on Carcinogens Background Document for Formaldehyde, Research Triangle Park, NC.
- Office of the Deputy Prime Minister (2006) Housing Health and Safety Rating System: Operating Guidance, ODPM Publications, Wetherby, UK.
- Retsinformation.dk (2012) Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af varer til indendørs brug, som indeholder ftalaterne DEHP, DBP, BBP og DIBP, og varer hvor dele med disse stoffer kan komme i kontakt med hud eller slimhinder. BEK nr 1113 , 26 November, 2012.
- WHO Europe (2000) Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition., WHO Regional Publication, Europeans Series, No. 91, Copenhagen.
- WHO Europe (2006a) Air Quality Guidelines – global update 2005, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO Europe (2006b) Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Report on a Working Group Meeting. Bonn, Germany, 23-24 October 2006.
- WHO Headquarters (2006) WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment, WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, Geneva.
- WHO Europe (2009) WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO Europe (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO (2013) WHO Housing and health guidelines. Public Health and Environment e-News, WHO Geneva, July 2013.

WHO (2014) WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. World Health Organization, Geneva.

東 賢一（2010）第4章医学からみた住環境. 住居医学(IV), 米田出版:14-18

東 賢一（2014）ダスト中の汚染物質による公衆衛生上の問題. 空気清浄 52(3):164-169.

厚生省（2000）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, 平成12年6月26日.

厚生労働省（2012）シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の開催について. 第11回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会配付資料, 平成24年9月28日.

厚生労働省（2013）室内空気中化学物質の指針値の見直しの仕方等について（案）. 第17回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会配付資料, 平成25年8月1日.

VOC、MVOC、SVOC 分析法、代謝物を用いた生物学的モニタリング 方法の評価に関する研究

研究分担者 河合俊夫 中央労働災害防止協会 上席専門役

研究要旨

市町村の学校、集合住宅の新築ではホルムアルデヒド、トルエンなど 7 種類のシックハウス関連物質が測定されている。最近の動向を住宅リフォーム紛争処理センターのシックハウス関連相談件数で見ると 2012 年度は 104 件であり、新築よりも家のリフォーム時に多く見られている。我々が実施した住宅環境調査（2005、2006 年）ではトルエン、ホルムアルデヒドなど 7 種類以外にヘキシルアルデヒド、 α ピネン、リモネンなども検出された。測定値の管理には指針値が示されているがこれらの無い物質については管理する値として平均値と標準偏差を用いて各分布の 95% 上限値を計算する方法を提案した。その結果はホルムアルデヒド $92.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒド $47.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アゼトン $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ヘキシルアルデヒド $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が得られ、トルエンは $28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 α ピネンは $93.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、リモネンは $48.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と計算された。MVOC は 8 種類を測定し平均値の高い物質は 1-ペンタノール ($0.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。個人曝露サンプラーとして大きさ 2.2cm^3 、重さ 1.5g を作成した。サンプラーの性能は定量下限値、24 時間の捕集で 1ppb~47ppb まで測定可能であり、測定種類はアルデヒド類 3 種類、VOC12 種類である。個人曝露サンプラーで測定された 22 名の曝露濃度は住宅環境で測定した値よりも VOC は高い濃度の傾向を示し、ベンゼンは約 3 倍あった。アルデヒド類は室内濃度と変わらない。シックハウスに関連する生物学的モニタリングの種類には血液、尿中のフタル酸エステル類、リン酸トリエステル類の報告が見られる。尿中のフタル酸エステル類は分析によりすべてが無水フタル酸となることが明らかになり、この値はすべてのフタル酸エステル類の合計と関連する。最も低い DEHP の NOAEL を用いて無水フタル酸の生物学的曝露指標を計算すると $130 \mu\text{g}/\text{gCr}$ となる。尿中 2-フル-1-ヘキサールは生物学的許容値として $0.08 \mu\text{g}/\text{mL}$ となる。ベンゼンの曝露の最大値は $13.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.1ppb) でありこの濃度に対応する t, t-ムコン酸濃度は $60 \mu\text{g}/\text{L}$ となった。

A. 研究目的

保健所の市民相談者、職場、学校でシックハウスあるいはシックビルディング問題に対応される方および、一般医、住宅関係産業の方々の参考になるマニュアルの作成。26 年度の報告は蓄積されている研

究データを用い VOC (Volatile Organic Compounds : 揮発性有機化合物) 、MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds: 微生物由来揮発性有機化合物)、SVOC (Semi Volatile Organic Compounds: 半揮発性有機化合物) について

捕集・分析法の確認とこれらを用いた調査結果から新たに得られた内容を解析し、マニュアルに必要な記載事項を見つける。またシックハウス（シックスクール）等や軽度の自覚症状の原因調査としての個人曝露測定用のサンプラーの有用性を確認した。生物学的モニタリングではシックハウスなどの低濃度曝露での応用が可能であるかを事例から検討した。

B. 研究方法

研究資料としては1) シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の報告書。2) 厚生労働科学研究として「シックハウス症候群ならびに室内空気質と健康問題に関わる全国規模の疫学」研究報告書からは2005、2006年度に札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州地区で調査測定された寝室と居間の室内濃度データを再解析した。またこの調査では、開発された超計量、小型の個人用サンプラーの測定事例を検討した。3) 「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」の中の可塑剤・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の報告書を用いた。

（倫理面への配慮）

データは個人や、場所を特定できる表記を使用せずデータのグループでの統計処理である。すでに報告されたデータを用いる。

C. 研究結果

1. 室内空気中化学物質分析方法

環境中のVOC、MVOC、SVOCの分析方法の確認は厚生労働科学研究として2) シック

ハウス症候群ならびに「室内空気質と健康問題に関わる全国規模の疫学研究の調査」報告書に示されている方法と1) シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の報告書に示されている方法および3)

「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」の中の可塑剤・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の」報告書を記載する。これらの報告には分析バリデーションとして1) 真度（Accuracy/Trueness）2) 精度（Precision）3) 特異性（Specificity）4) 検出限界（Detection limit）5) 定量限界（Quantitation limit）6) 直線性（Linearity）7) 範囲（Range）などがまとめられている。

2. 室内空気濃度と評価

2005年と2006年に実施した札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の居間と寝室のアルデヒド類15種類の535室濃度の平均値と標準偏差および検出数と最大値を表1に示した。15種類で室内検出された主なアルデヒド類はホルムアルデヒド、アセトン、アセトアルデヒドの3種類でその濃度も他の濃度に比べて高い値である。また検出率も高い。ヘキシルアルデヒド（建材の防腐剤：目、呼吸器、皮膚への刺激性）も検出されているが平均濃度、最大値（ $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）は上記3種類に比べて低い。測定されたホルムアルデヒドのヒストグラフを示す（図1）分布は $20\sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に最大ピークを示す。

15種類のアルデヒドの間で関連が認められたのはホルムアルデヒドとアセトア

デヒド（相関係数 0.445）の間であった。アセトンはいずれのアルデヒドとも関連を認めていない。

次に平均値と標準偏差を用いて各分布の 95% 上限値を計算した。ホルムアルデヒドは $92.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒドは $47.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトンは $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった（表 1）。ヘキシルアルデヒドは $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

VOC の測定は 32 種類の物質について測定した。測定された居間寝室の合計は 533 室である。表 2 に 32 物質の平均値、標準偏差、最大値、検出数を示した。32 物質で平均濃度が高い順から並べると、 α ピネン > パラジクロルベンゼン > リモネン > トルエン > n-デカン > エチルアセテート > n-ウンデカンであり、平均値が $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている。 α ピネン、リモネンは、木に含まれる物質であるが芳香剤・消臭剤としても使用されている。パラジクロルベンゼンは服の防虫剤として使用されている。これらは人が住居に持ち込む場合が少なくない。パラジクロルベンゼンのヒストグラムを示す（図 2）。高濃度域にもピークが見られる。平均濃度は低いが一部の住居で高濃度検出された物質として n-ヘプタン ($339 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、ブチルアセテート ($242 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、n-オクタン ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) がある（表 2）。工業用キシレンにはエチルベンゼンが含有されている。住居の測定でも関連が見られる（図 3）。エチルベンゼンは 2012 年に有機溶剤から特定化学物質になっている。生殖毒性と IARC 区分（国際がん研究機関）でグループ 2B（人に対する発がん性が疑われるに分類される物質）である。その他、キシレンと 1, 2, 4-トリメ

チルベンゼン（刺激臭のする無色の可燃性液体）に関連が見られる（図 4）。ノナン（皮膚刺激性）1, 2, 4-トリメチルベンゼン（図 5）は高い関連を示す。

次に平均値と標準偏差を用いて各分布の 95% 上限値を計算した。トルエンは $28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 α ピネンは $93.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、リモネンは $48.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。

3. MVOC 評価

MVOC としてケトン類（3 種類）、2-ヘキサン、3-オクタン、2-ヘプタン、アルコール類（5 種類）3-メチル-1-ブタノール、2-ペンタノール、1-オクテン-3-オール、3-オクタノール、1-ペンタノールの捕集と分析方法を報告している（荒木論文）。8 種類の MVOC と VOC32 物質を同時に分析できる分析条件を開発した。この方法の開発に伴い捕集剤からの抽出条件を二硫化炭素とイソプロピルアルコール、を用いると、すべての捕集物質の脱着率は良好であった（94%以上）。札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の居間と寝室の MVOC 8 種類の 208 室濃度の平均値と標準偏差および検出数と最大値を表 3 に示した。平均値はいずれも $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満である。3-メチル-1-ブタノールは最大値 $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1-ペンタノールは $12.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり検出数も他の MVOC に比べて多い。3-オクタノールは検出されなかった。MVOC は室内の細菌などによって化学物質が変化（酸化、還元、加水分解等）することにより、新たに作られた化学物質であるので元の物質（前駆体）の存在を確認する必要がある。2-ヘキサンはヘキサン、3-オクタンはオクタン、2-ヘプタンはヘプタン、3-メチル-1-ブタノールは 3-メチルブタン、2-ペンタノールはペンタン、1-オクテン-3-オールはオクテン、3-

オクタールはオクタン、1-ペンタールはペンタンなどが考えられる。前駆体オクタンと3-オクタンとの関係を示す高い関連が見られる（図6）。

4. 個人曝露測定サンプラー

捕集は拡散方式で、捕集剤は活性炭とDNPH（2,4-ジニトロフェニルヒドラジン）含浸シリカゲルが数ミリグラム含有されている。形、大きさはどちらも同じタイプで、長さ2cm×直径1.1cm、重さは1.5gである。活性炭で捕集される有機化合物で検討された物質は、

メチルトルエン(1.2, 1.4, 5.7)、
1-ブタール(0.7, 0.7, 2.7)、
ベンゼン(4.5, 2.6, 13.1)、
トルエン(31.6, 41.3, 163.9)、
エチルベンゼン(54.5, 207.4, 981.9)、
m/p-キシレン(38.1, 84.2, 390.6)、
o-キシレン(13.2, 21.1, 88.7)、
スチレン(0.6, 0.7, 2.8)、
ピネン(26.4, 46.3, 174.8)、
パラジクロロベンゼン(88.6, 330.7, 1541.2)、
2-エチル-1-ヘキサンール(2.6, 1.3, 5.7)、
リモネン(26.3, 40.1, 129.2)

で、曝露濃度の測定が可能である。DNPH含浸シリカゲルで捕集される有機化学物の捕集速度は、ホルムアルデヒド(26.8, 16.0, 63.6)、アセトアルデヒド(24.5, 18.8, 97.0)、アセトン(30.6, 34.3, 176.9)の曝露評価が出来る。()内は22例中の平均値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、標準偏差、最大値を示している。サンプラーを一日(24時間)捕集した場合のこれらの有機化合物の曝露定量下限濃度は1ppb～47ppbとなり低濃度まで測定が可能である(写真1)。

5. 生物学的モニタリング

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る。評価方法は生体試料の分析濃度から曝露濃度を予測することが主である。症状との関連で決められた生物学的評価値は少ない。シックハウス等の曝露は労働現場に比べて低濃度である。たとえばトルエンについて管理濃度は20ppmが示され、その曝露指標としては尿中トルエンが良いとされているが評価できるのは数ppmまでとされている。シック等の指針値は0.07ppm($260\mu\text{g}/\text{m}^3$)である。

最近、生物学的モニタリング検査として、血液、尿中のフタル酸エステル類、リン酸トリエステル類が測定され、症状との関連が報告されている。3)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の中の可塑剤・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ではフタル酸エステル類5種類の代謝物質8種類(フタル酸酸モノエステル)とリン酸トリエステル3種類の代謝物質(リン酸ジエステル)を同時にできる分析方法を報告している。また尿中無水フタル酸や尿中2-エチル-1-ヘキサンールの分析方法も開発した。図7に尿中無水フタル酸のヒストグラフを示す。すべての種類のモノフタル酸エステルはGC/MS分析時に注入口温度(280℃)で尿中無水フタル酸になることを明らかにした。その結果、無水フタル酸はモノフタル酸類の合計と高い相関があることを明らかにした(図8)。この結果は、無水フタル酸がフタル酸エステル類の混合曝露の曝露指標になり得ることを示している。そ

ここで、フタル酸モノエステルの、NOAEL 値から、試行的に算出して求めた値を生物学的曝露指標値として提案した。計算方法は次の如くである。DEHP の NOAEL 値は環境省、厚生労働省、経済産業省とも同じでラットで 3.7 mg/Kg/Day（精巣毒性で最も低い値）としている。基準マージンはラットとヒトの感受性の種間差を説明する 3 と個人差を説明する 10 の積 30 が妥当としている。環境省の報告では侵入経路は経口が 98.80%、経口：5.60 μ g/Kg/Day、吸入：0.07 μ g/Kg/Day、経皮吸収はなしとしている。経口投与による吸収率は Schmid と Schlatter (1985)ら¹⁾によれば 20 から 25%としている。高い吸収率を採用して 25%とする。子ども体重は 25Kg、マージンは 30 として DEHP の体内への吸収量を計算すると、 $3.7 \text{ mg/Kg/Day} \times 1/30 \times 25\text{Kg} = 3.083 \text{ mg/Day}$ が得られる。また子ども 1 日の尿量は成人の半分量 0.75 L/Day とすると、 $(3.08 \text{ mg/Day}) / (0.75 \text{ L/Day}) = 4.11 \text{ mg/L}$ となる。DEHP モル濃度：10.54 μ mol/L、吸収率 25%から $10.54 \times 0.25 = 2.635 \mu$ mol/L が得られる。尿への代謝率 65%とすると $2.635 \times 0.65 = 1.71 \mu$ mol/L となる。

モノ代謝物から GC/MS、.Inj での平均 PHA 変換率 55%として求めると PHA は $1.71 \mu\text{mol/L} \times 0.55 = 0.94 \mu\text{mol/L}$ となる。PHA 0.94 μ mol/L は生物学的曝露指標値となる。これを μ g/L で表すと 139.12 μ g/L となり子どものクレアチニン平均：1.1g/L で補正すると $126.5 = 130 \mu\text{g/gCr}$ が得られる。これは今回の無水フタル酸の分布から見ると 247 名中約 16 名がこの生物学的曝露指標値を超えることが示された。

尿中 2-エチル-1-ヘキサノールも同じ方法で計

算すると、DEHP の NOAEL から求められた曝露の生物学的許容値は 0.08 μ g/mL が得られた。

ベンゼンの曝露指標として尿中 t, t-ムコン酸量の測定がなされている。男子成人 100 名の幾何平均値は 87.7 μ g/L が得られた（表 4）。一方ベンゼンの許容濃度は過剰発がん性生涯リスクとして 0.1ppm が示されている。この ppm に対する t, t-ムコン酸濃度は井上らの回帰式より計算（ $Y = 35.9 + 5.79X$ 、 X :ppb、日本職業・災害医学 JJOMT Vol. 53.No1 6-8.2005）すると 615 μ g/L となる。この値を超える者は 100 名中 6 名であった。また個人曝露量の最大値 13.1 μ g/m³（4.1ppb）を回帰式に代入すると t, t-ムコン酸濃度は 60 μ g/L となる。

D. 考察

1. 室内空気中化学物質分析方法

マニュアルでは分析方法の記載は主ではなく、市民相談者等が分析方法を理解することが重要である。マニュアル作成では付属か添付資料として入れる（記載する）ことで良いと考える。必要なのは実際に測定する場合の室内等空気をいかに適切な条件で採取するかを示す事が重要である。新規住宅では「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」の報告書の採集条件をわかりやすく説明する。次に、症状のある場合やシックハウスの測定等に関心がある人の場合にはどのような条件で採取するかを分けて書く必要がある。分析機関にとっては分析条件等が参考になるためである。

2. 室内空気濃度と評価

室内測定結果では現在学校などで測定が義務となっている物質ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、スチレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン以外に高濃度で、住居で検出率の高い物質があきらかになった。その物質は α ピネン、リモネン、*n*-デカン、エチルアセテート、*n*-ウンデカンであり、これらの物質の測定を追加することが必要である。また有害性や曝露の症状を記載することが必要であろう。さらに、アルデヒド類はアセトン、ヘキシルアルデヒドについての測定と有害症状の記載が必要であると考える。

室内環境評価は指針値が有るものについてはその値について説明することが必要であるが、評価値の無い物質については何かの値を示す必要がある。その例として表1には測定した値の95%上限値を示しこの値を丸めて参考値を作成した。アルデヒドは指針値とよく一致するがVOCは一致していない。むしろ厳しい値になっている。この値を用いるかどうかについては研究会での議論が必要である。

3. MVOC 評価

MVOCの有害性は注目されており、現在検討が行われている。このMVOC物質の前駆体の濃度の測定とその関連を調べることが重要と考える。また前駆体の有害性とMVOC物質の有害性の比較をし、結果の記載も必要と考える。室内で測定されているオクタンと3オクタノン(MVOC)を見ると強い関連が見られる(図6)。またこれら

が検出される条件として、温度、湿度、細菌の種類や量が重要である。

4. 個人曝露測定サンプラー

個人の曝露測定はリスクアセスメントの健康影響評価に重要であるとされている。一般生活環境で曝露を測定するには捕集器(サンプラー)の精度、感度はもちろんオシャレで、目立たず、小型で軽い物が良い。我々の製作したサンプラーはこれに該当する。曝露測定結果(N=24)を見ると、曝露濃度は住宅環境で測定した値よりも高い濃度の傾向がある。ベンゼンは約3倍であった。アルデヒド類は室内濃度と変わらない。

5. 生物学的モニタリング

生物学的モニタリング検査は一般住宅環境の人々を評価する方法としてはまだ確立されておらず精力的な研究が行われている。今回報告する方法は有害性情報(NOEL)から基礎マージン係数や吸収率、代謝割合などから求める方法である。この方法は指針値を決めるのに動物のデータから人に外挿している。生活環境ではこの手法が必要になると思われる。事例では無水フタル酸の例を示した。この事例は数多くのフタル酸類の混合曝露を受けた場合のスクリーニングの検査といえる。

特に化学物質の生物学的モニタリング検査をする際には、色々な代謝物があり、半減期が短い事などから目的物質の選定、採尿タイミングなどの記載がマニュアルに必要となる。またその評価が出来る専門家が重要である。日本の法規にある生物学的検査は医師が評価をすることになって

いる。このことから医師との連携についても報告書に記載する必要がある。

E. 結論

1. 室内測定の場合、法規物質以外に検出率が多く比較的高濃度の平均値である α ピネン、リモネン、*n*-デカン、エチルアセテート、*n*-ウンデカン、ヘキシルアルデヒドの測定を進めるマニュアルを作成。
2. またこれらの評価値（例平均値の95%値）を参考値として示す（表1, 2を参照）が、記載には検討が必要。
3. 健康症状との関連を明らかにするには個人曝露量を進める。症状との関連では医師との連携が必要。マニュアルでの記載方法内容の、検討が必要。
4. 生物学的モニタリング検査
実際には、現在検査が可能である生物学的検査を示す。たとえばフタル酸エステル類の代謝物質、リン酸エステル類の代謝物質の例、ベンゼンの代謝物である *t*, *t*-ムコン酸濃度を示す。
実際の実施には医師との連携が必要である。

F. 健康危険情報 特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Ito Y., Kamijima M., Hasegawa C., Tagawa M., Kawai T., Miyake M., Hayashi Y., Naito H., Nakajima T.
Species and inter-individual

differences in metabolic capacity of di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) between human and mouse livers. *Environ Health Prev Med*, 19(2):117-25, 2014.

- 2) Kawai T, Mitsuyoshi H, Ikeda M. Promising biological monitoring for occupational 1,2-dichloropropane exposure by urinalysis for un-metabolized solvent. *Journal of Occupational Health*, 2014 (印刷中).

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

表1. 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 | 分子量 | 平均濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 標準偏差 | 最大値 | 検出数 | 95%上限値 | 参考値 | 指針値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-------|----------------------|--------|-------------------------------|------|-----|---------|--------|-----|------------------------------|
| 1 | formaldehyde | 30.03 | 42.1 | 30.6 | 232 | 534/535 | 92.6 | 93 | 100 |
| 2 | acetaldehyde | 44.05 | 18.9 | 17.4 | 132 | 522/535 | 47.6 | 50 | 48 |
| 3 | acetone | 56.06 | 31.5 | 39.1 | 538 | 525/535 | 96 | 100 | - |
| 4 | acrolein | 58.08 | 0.1 | 1.1 | 23 | 6/535 | 1.9 | 5 | - |
| 5 | propionaldehyde | 58.08 | 0.5 | 0.7 | 7 | 15/535 | 1.7 | 5 | - |
| 6 | crotonaldehyde | 70.09 | 3.1 | 5.8 | 63 | 157/535 | 12.7 | 15 | - |
| 7 | n-butyraldehyde | 72.11 | 0.3 | 1.4 | 22 | 7/535 | 2.6 | 5 | - |
| 8 | benzaldehyde | 106.12 | 0.3 | 0.8 | 6 | 22/535 | 1.6 | 5 | - |
| 9 | iso-valeraldehyde | 86.13 | 0.5 | 1.8 | 14 | 42/535 | 3.5 | 5 | - |
| 10 | valeraldehyde | 86.13 | 0.3 | 1.6 | 21 | 17/535 | 2.9 | 5 | - |
| 11 | o-tolualdehyde | 120.15 | 1.3 | 6.8 | 94 | 39/535 | 12.5 | 15 | - |
| 12:13 | p,m-tolualdehyde | 120.15 | 0.1 | 1.1 | 18 | 12/535 | 1.9 | 5 | - |
| 14 | hexaldehyde | 100.16 | 4.3 | 12.1 | 174 | 200/535 | 24.3 | 25 | - |
| 15 | 2,5-dimethylaldehyde | 134.18 | 0 | 0 | 0 | 0/535 | - | - | - |

定量下限値は $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1440分の捕集で空気を 0.5m^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。

表2. 札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の住宅（居間、寝室）533室の濃度

| 番号 | 名前 | 分子量 | 平均濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 標準偏差 | 最大値 | 検出数 | 95%上限値 | 参考値 | 指針値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-----|-----------------------|--------|-------------------------------|------|------|---------|--------|-----|------------------------------|
| 1 | Methylethylketone | 72.11 | 3.0 | 3.4 | 39 | 236/533 | 8.6 | 10 | |
| 2 | Ethylacetate | 88.11 | 10.0 | 15.9 | 200 | 399/533 | 36.2 | 40 | |
| 3 | n-Hexane | 86.18 | 1.7 | 4.0 | 78 | 102/533 | 8.3 | 10 | |
| 4 | Chloroform | 119.38 | 1.0 | 1.0 | 5 | 47/533 | 2.7 | 5 | |
| *5 | 1,2-Dichloroethane | 98.96 | 0.1 | 0.5 | 10 | 4/533 | 0.9 | - | |
| *6 | 2,4-Dimethylpentane | 100.20 | 0.1 | 0.4 | 9 | 1/533 | 0.8 | - | |
| *7 | 1,1,1-Trichloroethane | 133.40 | 0.2 | 0.7 | 10 | 7/533 | 1.4 | - | |
| 8 | l-Butanol | 74.12 | 1.0 | 1.7 | 13 | 77/533 | 3.8 | 5 | |
| 9 | Benzene | 78.11 | 1.8 | 1.9 | 37 | 94/533 | 4.9 | 5 | |
| *10 | Carbon Tetrachloride | 153.82 | 0.2 | 0.4 | 3 | 1/533 | 0.9 | - | |
| *11 | 1,2-Dichloropropane | 112.99 | 0.0 | 0.0 | 1 | 0/533 | 0 | - | |
| *12 | Trichloroethylene | 131.39 | 0.1 | 0.3 | 3 | 2/533 | 0.6 | - | |
| 13 | n-Heptane | 100.20 | 3.9 | 20.1 | 339 | 44/533 | 37.1 | 50 | |
| 14 | Methylisobutylketone | 72.11 | 1.3 | 2.9 | 41 | 56/533 | 6.1 | 10 | |
| 15 | Toluene | 92.14 | 13.1 | 9.2 | 71 | 513/533 | 28.3 | 30 | 160 |
| *16 | Chlorodibromomethane | 208.28 | 1.4 | 9.7 | 133 | 10/533 | 17.4 | - | |
| 17 | Buthylacetate | 116.16 | 5.2 | 13.4 | 242 | 302/533 | 27.3 | 30 | |
| 18 | n-Octane | 114.23 | 3.5 | 10.4 | 200 | 158/533 | 20.7 | 25 | |
| 19 | Tetrachloroethylene | 165.83 | 0.7 | 3.8 | 61 | 158/533 | 7 | 10 | |
| 20 | EB | 106.16 | 4.1 | 3.2 | 27 | 334/533 | 9.4 | 10 | 3800 |
| 21 | p/m-Xy | 106.16 | 5.3 | 4.4 | 28 | 378/533 | 12.6 | 15 | 870 |
| 22 | Styrene | 104.15 | 2.2 | 4.8 | 28 | 151/533 | 10.1 | 15 | 220 |
| 23 | o-Xy | 106.16 | 2.2 | 2.0 | 13 | 162/533 | 5.5 | 10 | |
| 24 | n-Nonane | 128.26 | 5.2 | 9.1 | 71 | 222/533 | 20.2 | 20 | |
| 25 | α -Pinene | 136.23 | 22.9 | 42.7 | 445 | 404/533 | 93.4 | 100 | |
| 26 | 1,3,5-TMB | 120.19 | 1.2 | 2.7 | 54 | 62/533 | 5.7 | 10 | |
| 27 | 1,2,4-TMB | 120.19 | 3.6 | 4.4 | 34 | 246/533 | 10.9 | 15 | |
| 28 | n-Decane | 142.28 | 10.4 | 18.1 | 315 | 375/533 | 40.3 | 40 | |
| 29 | p-DCB** | 147.00 | 18.2 | 40.7 | 3718 | 218/533 | 85.4 | 90 | 240 |
| 30 | 1,2,3-TMB | 120.19 | 1.4 | 3.1 | 55 | 70/533 | 6.5 | 10 | |
| 31 | Limonene | 136.23 | 13.9 | 21.1 | 261 | 418/533 | 48.7 | 50 | |
| 32 | n-Undecane | 156.31 | 10.0 | 16.7 | 139 | 353/533 | 37.6 | 40 | 330 |

定量下限値は $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1440分の捕集で空気を 0.5m^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。

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

表3. 札幌、福島、愛知、大阪、岡山、北九州の住宅（居間、寝室）208室のMVOC濃度

| 番号 | 名前 | MW | 平均値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 標準偏差 | 最大値 | 検出数 |
|----|--------------------|--------|------------------------------|------|------|---------|
| 1 | 2-Hexanone | 100.16 | 0.20 | 0.4 | 2.6 | 52/208 |
| 2 | 2-Pentanol | 88.15 | 0.38 | 0.79 | 4.2 | 64/208 |
| 3 | 2-Heptanone | 114.19 | 0.07 | 0.23 | 1.5 | 19/208 |
| 4 | 3-Methyl-1-butanol | 88.15 | 0.63 | 1.16 | 10.6 | 91/208 |
| 5 | 1-Pentanol | 88.15 | 0.83 | 1.36 | 12.2 | 104/208 |
| 6 | 3-Octanone | 128.21 | 0.04 | 0.23 | 1.9 | 8/208 |
| 7 | 3-Octanol | 130.23 | — | — | 0 | 0/208 |
| 8 | 1-Octene-3-ol | 128.21 | 0.11 | 0.11 | 8.6 | 20/208 |

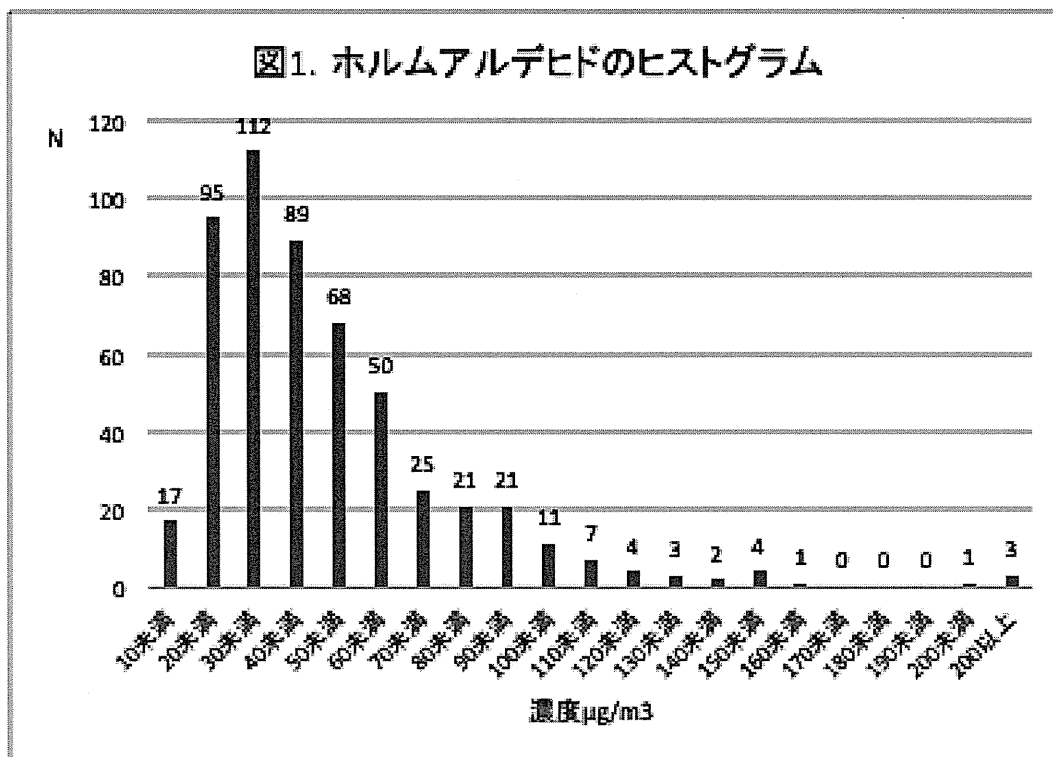
表4 過剰発がん性生涯リスクと尿中t、t-ムコン酸濃度

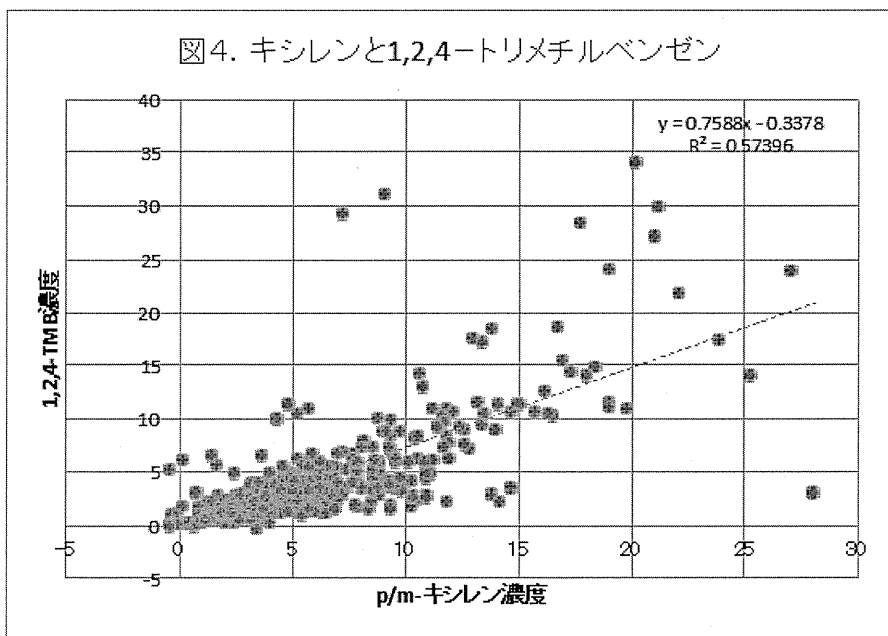
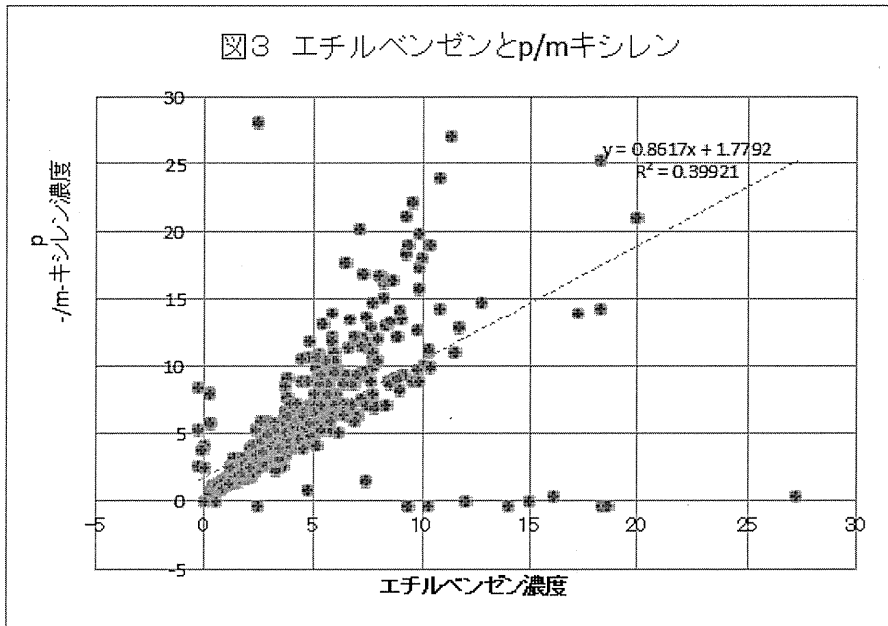
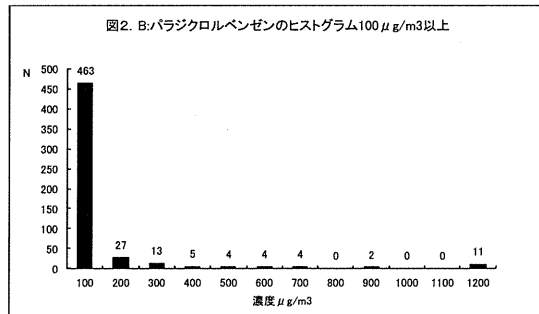
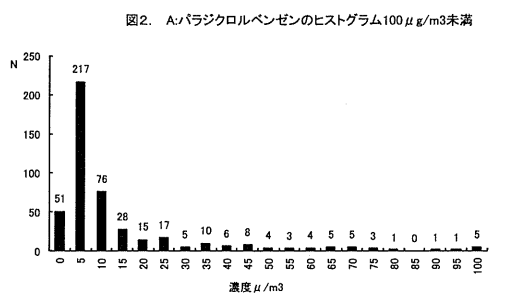
| 項目 | 単位 | 男子100名のt、t-ムコン酸幾何平均 | 日本産業衛生学会 | | 非ベンゼン作業、男子100名中の人数 | |
|--------------|-----------------------------|---------------------|----------|-------|--------------------|-------------|
| | | | 0.1ppm | 1ppm | 0.1ppm未満 | 0.1から1ppm未満 |
| 実測値（非補正） | $\mu\text{g}/\text{L}$ | 87.7 | 615 | 5.826 | 94 | 6 |
| クレアチニン補正 | $\mu\text{g}/\text{g. cre}$ | 67 | 282 | 1.949 | 87 | 13 |
| 尿比重補正（1.016） | $\mu\text{g}/\text{L}$ | 67.8 | 387 | 3.474 | 91 | 9 |

t、t-ムコン酸濃度は井上らの回帰式より計算：日本職業・災害医学 JJOMT Vol. 53. No1 6-8. 2005

非補正： $Y=35.9+5.79X$ 、クレアチニン補正： $Y=49.2+1.90X$ 、非重補正： $Y=43.9+3.43X$

Yはt、t-ムコン酸、Xはベンゼンppb





刺激臭のする無色の可燃性液体で、水にほとんど溶解しない。
 コールタールや原油に含まれており、工業的には、石油蒸留時にC9芳香族炭化水素から分離される。