

論文の内容の要旨

論文題目 住宅内ホルムアルデヒド濃度およびその低減対策技術に関する研究
—家庭用空気清浄機とパッシブ型対策品を中心として—

氏 名 長谷川 麻子

室内におけるホルムアルデヒド(以下、HCHO)や揮発性有機化合物(以下、VOCs)による空気汚染が社会的問題となるにともない、この数年で、ガイドライン値が設定され、さまざまな測定機器や方法が用いられるようになり、数多くの実態調査がなされてきた。特に HCHO は、発がん性などの健康影響が明らかで、早急に対策を施すべき物質である。

建築業界においては、材料、施工、設備といった各分野で、メーカーとともに有害な物質を低減する努力が続けられている。一方、居住者側は、住宅内の化学物質汚染に対する意識が高まって、自ら選択できる対策手法として空気清浄機やパッシブ型対策品の活用を求めている。

しかしながら、さまざまな対策技術について、除去性能を示す統一された試験方法や指標がなく、適用に際して比較・検討が困難な状況にある。

本研究は、住宅内 HCHO 濃度を低減するために、住宅供給側と居住者側が実施可能な対策技術について、性能試験方法を確立することを目的としたものであり、全7章よりなる。

<第1章 序論>

本研究の背景および本論文で用いる用語の解説をした後、関連する既往研究の文献調査結果を述べている。

<第2章 目的>

第1章の結果から、HCHOを対象物質として、本研究の目的を設定し、明らかにすべき項目を整理している。

<第3章 住宅内化学物質汚染に関する実態調査>

室内 HCHO 濃度について、1997 年 6 月厚生省(現 厚生労働省)は、WHO(世界保健機構)が提唱する勧告値「30 分平均濃度 0.08ppm(0.1mg/m³)」を推奨し、その測定方法と手順については、2000 年 5 月「室内空気汚染にかかるガイドライン(案)」として提示した。

2001 年 8 月、国土交通省は住宅性能表示制度の基準を改正し、室内 HCHO 濃度の測定は必須となった。この基準では、HCHO 濃度の測定方法および手順は厚生労働省の提案に準じて、室内空気を DNPH(2,4-ジニトロフェニルヒドラジン) サンプラーに捕集、溶媒抽出、高速液クロマトグラフによる定量分析(以下、DNPH-HPLC 法)を標準測定法とし、その捕集は、30 分換気後開口部を閉鎖して 5 時間後に開始することになっている。しかしながら、測定方法については、DNPH-HPLC 法と同等の信頼性を有するか過小評価にならない方法であれば代替採用できることになっているものの、具体的にどのような測定方法が適用可能であるかは記述がなく、捕集に関する手順は、その根拠が明らかではない。

一方、住宅内の HCHO 濃度を低減するために、住宅供給側が実施可能な対策手法の基本は、低発生建材の採用と常時換気システムの設置である。

本章では、まず、HCHO 濃度の現場測定方法について、実際の住宅における室内濃度の経時変化を複数の方法を同時に用いて計測し、ポンプを用いて捕集する DNPH-HPLC 法(以下、DNPH-Active 法)を基準に比較・検討を行い、測定方法および手順の基準化に資する知見を得た。次に、この手順および方法により居住環境下の化学物質濃度を測定し、さらに居住者に対する化学物質過敏症の専門医による検査および問診を実施した。実測対象は築後 1 年前後の新築住宅 20 件で、10 件は東京都内にある常時空調換気システムを設置した高気密・高断熱の戸建住宅で化学物質発生量の少ない建材を採用しており、10 件は福島県内の集合住宅で特に建築的対策を施していない。これらの実態調査によって、建築的対策の有効性を検証した。

本章における成果をまとめると以下のようなになる。

(1) HCHO 濃度の測定は、検知管法により概略値を得て捕集量を決定し、DNPH-Active 法を用いて正確な値を得るべきである。また、長時間平均濃度を測定する場合は、ポンプが不要なパッシブ捕集による DNPH-HPLC 法を採用できる。

- (2) 捕集は、換気および開口部閉鎖後、既築住宅では換気回数に応じて 2 時間以上、新築住宅では 20～24 時間経ってから実施すべきである。
- (3) 低発生建材の採用と常時換気は、新築住宅における HCHO 濃度の低減対策として有効である。
- (4) 化学物質濃度と健康影響との明確な相関関係は認められない。
- (5) 家具や生活行為といった 2 次的発生源に対しては、空気清浄機やパッシブ型対策品を適用する必要がある。
- (6) 住宅内 HCHO 濃度の現場測定方法と手順を確立し、建築分野における実用的な提案として初めての研究成果となった。
- (7) 居住状態における化学物質濃度の実測を自ら行って、居住者に対する専門医による健康影響調査を実施したのは、国内では本研究のみである。

< 第 4 章 家庭用空気清浄機の性能試験方法 >

居住者が実施可能な HCHO 濃度の低減対策として、HCHO 除去をうたった空気清浄機の利用が有効であると考えられるが、現行規格の性能試験では HCHO が除去対象になっていない。また、実際に室内で空気清浄機を運転すると、一度処理された清浄空気が汚染空気と混合して再度処理される状態になる。このような再循環状態における HCHO 濃度の低減効果を予測するためには、除去性能を適確にあらわすことができる指標と、それを求める試験方法が必要である。

本章では、HCHO 除去をうたう空気清浄機 5 機種を対象に、大型チャンバーを用いて、HCHO を濃度減衰法および定常発生法によって供給し、ワンパス試験および再循環試験の計 4 種の実験を行った。これらの結果から、除去原理にかかわらず空気清浄機の HCHO 除去性能を明らかにすることができる試験方法と指標を提案する。

本章における成果をまとめると以下ようになる。

- (1) 除去原理にかかわらず、空気清浄機の HCHO 除去性能を明らかにすることができるのは定常発生法・ワンパス試験であり、本試験によって得られる除去率 η は、基本性能をあらわす指標として有用である。
- (2) 除去率 \times 処理風量 = 相当換気量 [m^3/h] は、実空間における低減効果をあらわすことができる。
- (3) 除去原理によっては、温度や湿度を変化させた性能試験を行い、除去率との関係を把握すべきである。
- (4) 本試験方法は、清浄空気を供給する空調機と、排気設備を備えた恒温実験室があれば実施できるという、汎用性がある。
- (5) 空気清浄機の除去原理にかかわらず性能評価や比較が可能な性能試験方法および指標を提案し、さらに、除去率は、除去原理が活性炭系の場合は温度、光触媒の場合は湿度に依存することを明らかにした、唯一の研究である。

<第5章 パッシブ型対策品の簡易性能試験方法>

第3章における実態調査の結果から、使用建材を吟味して室内化学物質濃度を抑制しても、居住者が持ち込む家具などの2次的な発生源が存在すると、居住状態での個人曝露量は低減できないことがわかった。このような2次的発生源に対するHCHO濃度の低減対策としては、家具の引出しや棚に敷くシート状、あるいは家具内部に設置する粒状などのパッシブ型対策品を利用することが考えられる。しかしながら、パッシブ型対策品のHCHO除去性能については標準的な試験方法がなく、学術的に評価している研究は非常に少ない。

一方、前章では、大型チャンバーを用いた空気清浄機のHCHO除去性能試験について検討した。この大型チャンバーを用いれば、パッシブ型対策品についても、空気清浄機と同様に除去性能の評価指標を得ることが可能であると考えられるが、多種多様な対策品について試験を行うには多くの時間と労力を費やすことになり、実用的とはいいがたい。したがって、詳細な性能試験に供すべき製品を取捨選択するための、スクリーニング試験を行う必要がある。

本章では、パッシブ型対策品のHCHO除去性能について、小型チャンバーを用いた試験装置を設計・製作し、簡易的な試験方法を考案したので、そのスクリーニング試験としての実用性を検討した。

本章における成果をまとめると以下ようになる。

- (1) 本試験装置は、安価で入手が簡単な材料で製作できる。
- (2) 本試験方法は、HCHO対策品の形状にかかわらず、その有無による低減効果の対比較が可能であり、スクリーニング試験として有用である。
- (3) 光音響法でモニタリングすることによって、複数(最大11種類)の対策品について、同時に試験ができる。
- (4) チャンバー内に設置するHCHO発生源としては、短期間でチャンバー内が安定し、加工が容易なMDF(中密度繊維板)が適している。
- (5) このスクリーニング試験で除去性能を有すると判断された対策品について、より詳細な性能試験を行うことにより、単位量あたりの除去速度[mg/h]が得られる。

<第6章 実住戸における対策技術の実施例>

本章では、現用の対策技術の実施例として、入居後の新築集合住宅において対策前後の室内HCHO濃度を実測し、住戸レベルにおける総合的なHCHO対策について考察した。対策技術としては、この集合住宅に設置されている常時換気システム、第4章および第5章においてHCHO低減効果が明らかであった空気清浄機とパッシブ型対策品を適用した。

本章における成果をまとめると以下ようになる。

- (1) 常時換気システムと空気清浄機の運転は、居室内の化学物質濃度を低減する対策技術として有効である。

- (2) パッシブ型対策品の設置は、収納部内の HCHO 濃度低減対策として有効であるが、その持続性についてはさらに検討する必要がある。
- (3) 従来よりも高気密化した住宅の住まい方について、居住者に対する啓蒙が必要である。

<第7章 本研究の成果と今後の課題>

第3章～第6章で得られた成果をまとめるとともに、VOCs 低減対策の必要性など今後の課題を明らかにしている。