

外 22-35

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

住宅における建材からの
ホルムアルデヒド放散に関する研究

Formaldehyde Emission from
Building Materials in Dwellings

申 請 者

山田 裕巳

Hiromi Yamada

2002 年 12 月



研究の目的

1970年代のオイルショック以降から現在に至るまで、民生部門の省エネルギー化の一環として住宅の断熱化及び気密化が推進されてきた。これにより、省エネルギーと冬期快適性の向上がもたらされたが、1995年以降は建材や家具などの材料に用いられた化学物質による室内空気汚染が顕在化し、いわゆる「シックハウス」として注目されるに至っている。

この問題の解決を目指し、厚生労働省は健康に影響を及ぼすと考えられる原因物質について、1997年にホルムアルデヒドに関する室内濃度指針値を示したことを始めとして、現在では合計13物質の室内濃度指針値を定めている。

これら指針対象物質は健康リスクの大きなものから順次定められているが、この中でも特にホルムアルデヒドは発ガン性の恐れがあり、かつ木質建材に広く一般的に用いられるため、最も早急な対策が求められる化学物質の一つである。このホルムアルデヒド汚染対策を講じるためには、現状の気中濃度性状を把握した上で、建材からのホルムアルデヒド放散特性に基づく気中濃度推定手法の研究が不可欠である。

本研究は、実際の住宅におけるホルムアルデヒド気中濃度性状を把握した上で、小型チャンバー法による建材のホルムアルデヒド放散特性の把握を行い、気中濃度の推定法の検証と濃度低減化手法を用いた長期的なホルムアルデヒド濃度低減効果を把握する事を目的とする。

ホルムアルデヒド汚染対策に関する研究の現況と課題

従来、住宅における室内空気汚染物質は、居住者の生活行為に由来するものが主として問題として取り上げられ、その対策が進められてきた。しかし、接着剤や塗料などを用いた新しい建材の普及と気密化による自然換気量の低下により生じた化学物質空気汚染に関しては、実態の把握は充分に行われていなかった。

次に、化学物質気中濃度を指針値以下とするためには、建材からの許容化学物質放散速度の把握が必要となる。これを求めるには、化学物質放散速度と室内濃度との関係性を把握する必要がある。しかし、従来ホルムアルデヒドに関する放散量測定法は、デシケータ法と呼ばれる密封容器中に設置されるシャーレ中の水中濃度を用いていたため、建築室内における気中濃度影響要因と考えられる換気や吸着及び脱離の影響を考慮することが難しく、通気環境下での測定法である小型チャンバー法に基づく放散特性の把握が望まれていた。

また、化学物質による健康影響は低濃度長期間曝露によるものであるため、長期間濃度低下とする低減手法の導入が望まれる。低減化手法には、暖冷房負荷の生じない期間における換気量の増加が有効であると考えられ、この手法による長期濃度低減効果の把握が必要であった。

研究計画と方法

本研究は、住宅におけるホルムアルデヒド気中濃度性状を詳細に把握し、これを考慮した気中濃度推定式の可能性を検討したうえで、建材のホルムアルデヒド放散特性を考慮した室内濃度低減化手法の効果を把握する。

研究の成果と考察

ホルムアルデヒドによる室内汚染状況の把握を目的として、戸建および集合住宅の夏季および冬季竣工建物における長期ホルムアルデヒド気中濃度推移を測定した。その結果、ホルムアルデヒド気中濃度は、温度環境と経過時間、内装仕様によって異なった。最も影響を及ぼす要因は室温であり、夏季竣工建物において初年度夏季に最大濃度を測定した後に減衰し、1年後の夏季に再び濃度は上昇した。経過時間の影響は、夏季竣工建物の結果を、井上らによって提案されている式を用いて25℃に換算して比較した結果、1年間で約50%低下しており、長期間の放散がなされることが分かった。内装仕様の違いでは、フローリングを用いたLDKのホルムアルデヒド濃度は、カーペット仕様の洋室に比較して2倍程度の濃度となっており、フローリングの構成材料である合板からのホルムアルデヒド放散が気中濃度の上昇に寄与していることが分かった。

次に、建材からのホルムアルデヒド放散および吸着脱離性状を把握するために、小型チャンバーを製作し、床および壁天井材の放散速度の測定を行った。その結果、温度の増大とともに放散量は累乗の増加傾向を示し、温度が20℃上昇した場合は約8.4倍の増加となった。このことから、冬季測定時に指針値以下であっても夏季測定時に上回る可能性があることを示した。経過時間の放散速度に及ぼす影響に関しては、1ヶ月経過後の放散速度は初期の25%程度の減少となった。気中濃度の影響は、チャンバー内濃度が密封時の平衡気中濃度に近い場合には、見かけ上低くなることを確認した。このことから、小型チャンバー法の実験条件を設定する際は、より居住環境に近い条件となるように、換気量と汚染物質の表面積の比率を設定する必要があることが分かった。壁材料の吸着脱離特性を把握した結果、脱離過程開始後の濃度減衰は、チャンバープランク実測値及び理論減衰曲線に比較して緩やかであることから、壁材は吸着脱離材料であり、吸着平衡後の脱離は100時間以上におよぶことを把握した。

この建材からの放散特性を用いて住宅室内のホルムアルデヒド濃度を推定するために、経過時間と温湿度および気中濃度の影響を考慮した放散特性を用いた推定式を検討した。経過時間に関しては、ある時間を経過した後の放散速度は初期含有量に対して材料内部に残存している化学物質総量の比で示すことができると本論文では仮定した。温湿度の影響は、井上らの式を用いた。また、木質建材からのホルムアルデヒド放散は、気中濃度の高まりとともに見かけの放散速度が低下する傾向を踏まえ、気中濃度の影響係数を用い

て式を構成した。以上から放散特性、吸着脱離特性と換気を考慮した物質収支に基づき、気中濃度推定式を構成した。

次に、実験住宅を用いて換気量、ホルムアルデヒド気中濃度およびマイクロセルチャンバーによる部材表面からのホルムアルデヒド放散速度を測定した。換気量測定結果から、1階からホール、2階という移流を把握した。これにより、2階居室は汚染空気流入室となり濃度は高い傾向を示した。測定時期別では、1月の濃度に比較して8月は濃度が上昇することから気温の上昇に伴い必要換気量を増加させる必要があることが分かった。部材表面からの放散速度は、8月時の放散速度は最大で $83 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と1月測定時のおよそ2.5倍の放散速度であった。このマイクロセルチャンバーで得られた放散速度に表面積を乗じて求めた総放散量と換気量の関係から気中濃度推定を行った結果、外気流入室である1階は実測値と40%程度の違いであり、現場測定での活用の可能性を示した。加えて、小型チャンバー法による放散特性、吸着脱離及び時間減衰特性を用いた気中濃度推定に関しては、相当初期含有量を考慮させることで数ヶ月程度の気中濃度を推定できる可能性があることを把握した。

汚染空気流入に伴う濃度影響に関しては、外気導入室と汚染空気流入室のホルムアルデヒド気中濃度の測定結果から、汚染空気流入室は外気導入室に比較して高い濃度となっており、汚染空気が流入する部屋の濃度上昇を考慮した換気設計の重要性が示された。

化学物質による室内空気汚染対策には、材料対策に加え換気手法を用いた気中濃度低減化が不可欠である。放散速度の温度依存性を考慮した低減化手法として、暖冷房負荷の生じない期間における自然通気を検討した。この結果、自然通気開口を設けた室は $50 \sim 250 \text{m}^3/\text{h}$ の換気量を得ることができ、初期(夏季)におけるホルムアルデヒド気中濃度は $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低濃度となった。これは、機械換気非運転室のおよそ1/10、機械換気運転室のおよそ1/5の濃度となった。また、年間を通じて $10 \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ のホルムアルデヒド気中濃度範囲となっており、室内空気環境の改善効果を得られることが分かった。

まとめ

本研究は建材からのホルムアルデヒド放散及び気中濃度性状に関する検討を行った結果、木質建材からのホルムアルデヒド放散は温度依存性が強く、長期間の放散が行われる事を把握した。このことから、材料からのホルムアルデヒド放散量の低減化が最も重要な取り組み課題であると考えた。また、室内気中濃度推定に関しては、相当初期含有量および温湿度影響係数を用いることで大略気中濃度を推定できることが分かった。放散特性を考慮した低減手法を用いることで、省エネルギーと快適性に加え、室内空気環境を良好に保つことが可能になることを把握した。