

氏 名 (本 圃 籍)	八 木 繁 和 (京都府)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 325 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 15 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	静岡大学
学 位 論 文 題 目	住宅におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド による室内空気汚染の実態と放散挙動に関する研究
審 査 委 員 会	主査 静岡大学 教授 吉 田 彌 明 副査 静岡大学 教授 滝 欽 二 副査 岐阜大学 教授 篠 田 善 彦 副査 信州大学 教授 徳 本 守 彦

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究では、揮発性有機化合物による室内空気質の汚染、特に木質建材との関係が強いホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの気中濃度に関して、新築および既存住宅の実態と放散挙動の解明ならびに実験住宅による検討を行った。

### (1) 新築住宅の室内空気汚染の実態

1998 年から 2003 年にわたり木質系住宅 247 棟 (新築住宅 172 棟、既存住宅 75 棟) の実住宅を対象に実態調査を行った。対象住宅は関東を中心に東北から九州に分布し、工法別には在来軸組工法住宅が新築住宅で 64%、既存住宅で 77%であった。換気回数は 0.5 回/時間以下のものが圧倒的に多かった。

ホルムアルデヒド気中濃度を年次別に見てみると、生活空間、密閉空間ともに気中濃度は 2000 年以降、減少傾向を示し、2003 年時でみると、指針値を下回るものは 79%であった。アセトアルデヒド気中濃度は、厚生労働省の指針値 0.03ppm を上回る住宅が多く、2001 年以降でも顕著な減少傾向は見られなかった。

温度、湿度との関係では、それぞれ仕様、性能、立地条件などが異なった実際の住宅においてもホルムアルデヒドについては井上の式が適用でき、温度・湿度依存性が確認された。アセトアルデヒドについても温度・湿度依存性が認められた。

換気量との関係については、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに換気回数の増加とともに気中濃度の低減傾向がみられ、密閉空間でも換気による影響を強く受けた。

築後経過月数との関係については、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに経過月数とともに気中濃度は減少するが、特にアセトアルデヒドの減少は顕著であった。

## (2) 室内空気汚染に及ぼす影響因子の検討

1日に8時間程度の断続的な窓換気は、機械換気0.33回/時間とほぼ同等のホルムアルデヒドの気中濃度低減効果があった。機械換気では換気量の増大に伴い気中濃度の低減も大きくなるが、換気量に対応した低減効果は認められなかった。

床材にスギ無垢材とFc0複合フローリングを使用したときの材料の違いについては、必ずしもスギ無垢材の方が気中濃度低減に効果があるとは言えなかった。アセトアルデヒドについてはスギ無垢材の方が高い気中濃度を示した。気中濃度の経時変化は、気中濃度が室温のみならず外気温の影響を受けることを示唆した。

ホルムアルデヒド気中濃度は給排気口の配置によって大きく影響され、同一の部屋でも高さや場所によって差が出ることが明らかになった。特に換気経路は重要で、流入空気が部屋全体をくまなく横断する給気口が下部、排気口が上部に配置された方が、給排気口がともに上部に位置するよどみの生じやすい換気経路に比べて、結果としてホルムアルデヒド気中濃度の減少に効果があることが示された。

## (3) タイプの異なった実際の新築住宅の事例研究

ホルムアルデヒドの放散量の異なる床材（旧JASのF1およびF2製品）を使用した住宅では、放散量の高いF2フローリング仕様の住宅が放散量の低いF1仕様住宅の約1.5倍の気中濃度を示したが、材料の放散量から推定される気中濃度の違いは2分の1に満たなかった。

高アセトアルデヒド気中濃度を示した住宅では、レゾルシノール系接着剤を用いた集成材からの高い放散が観測され、その放散源としての可能性が疑われた。

工法、仕様、気密性能、換気性能の異なるいずれの住宅でもホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに竣工直近の夏期（8月）に測定した値が最も高い気中濃度を示し、低温期には低くなった。なお、夏期の最高濃度期のホルムアルデヒド気中濃度は2×6工法の住宅が最も高く、次いで集合住宅、スギ材仕様の在来軸組工法住宅、高断熱高気密住宅となった。高断熱高気密住宅以外の住宅では機械換気設備が設置されていなかったことから換気的重要性が示唆された。

スギ材を使用した在来軸組工法住宅は空気質を配慮した仕様にも関わらず、夏期にはホルムアルデヒド、アセトアルデヒド共に指針値を超えた。ホルムアルデヒドについては持ち込んだ家具がその発生原因と推察された。アセトアルデヒドについては無垢材からの放散も寄与していることが示唆された。

以上の結果より本研究で得られた知見をまとめると以下ようになる。

- ・ホルムアルデヒド気中濃度は年々低減傾向を示し、ほぼ指針値以下の住宅が多くなってきている。
- ・アセトアルデヒド気中濃度は指針値を大きく超える住宅が多く、いまだに減少傾向は認められない。
- ・材料に関して広く使われている井上の補正式が一般住宅のホルムアルデヒド気中濃度の温度・湿度補正にも概ね適用できることがわかった。
- ・アセトアルデヒド気中濃度についても温度・湿度依存性が確認された。

- ・窓換気の効果は適正に行えば機械換気と同等の効果が得られることが示唆された。
- ・気中濃度は室内温度だけでなく場合によっては外気温の影響も受けることが示唆された。
- ・空気質に配慮し自然材を使った住宅でも必ずしも指針値を満たすとは限らなかった。持ち込み家具の影響も大きかった。

## 審 査 結 果 の 要 旨

本研究は、現在大きな社会問題となっている住宅における室内空気の汚染による健康の不具合を、住宅を供給する側の視点に立って取り扱ったものである。近年、建材等から放散される微量な化学物質、いわゆる ppm、ppb オーダーの揮発性有機化合物(VOCs)が室内空気を汚染し、その結果居住者の健康に不具合が生じる、例えばシックハウス症候群や化学物質過敏症の発症例が数多く報告されている。最近の住宅は、施工の合理化やコストダウン、耐久性の向上、加えてメンテナンスフリーが追求され、これに対応すべく合成化学製品を用いた新しい建材が次々と開発され使用される一方、省エネルギーの観点から住宅の高気密化が進み、室内の換気が極端に少ない住宅が建てられている。住宅の内装には合板やMDF、パーティクルボードに代表される建材やフローリングなどの木質系接着製品が必須の材料として使用されている。これらの製品にはホルムアルデヒド系の接着剤が用いられており、先の健康不具合の原因物質とされているホルムアルデヒドの特定放散材料となっている。

本研究では、揮発性有機化合物(VOCs)による室内空気質の汚染、特に木質建材との関係が強いホルムアルデヒド、及び実態調査で高い気中濃度が観測されているアセトアルデヒドを対象物質に取り上げ、住宅室内における気中濃度汚染の実態と放散挙動、及び影響因子を明らかにしており、得られた知見は空気質改善のための貴重な技術的示唆を与えるものである。

先ず、1998年から2003年にわたり全国の木質系住宅247棟（新築住宅172棟、既存住宅75棟）の住宅を対象に実態調査を行い、換気回数に関しては0.5回/時間以下の住宅が圧倒的に多く、ホルムアルデヒド気中濃度は、生活空間、密閉空間ともに2000年以降、減少傾向を示し、2003年時では指針値を下回るものは79%であったこと、アセトアルデヒド気中濃度は、厚生労働省の指針値0.03ppmを上回る住宅が多く、2001年以降でも顕著な減少傾向は見られないことを明らかにしている。温度、湿度との関係では、それぞれ仕様、性能、立地条件などが異なった実住宅においてもホルムアルデヒドについて井上の実験式が適用できることを明確に示し、アセトアルデヒドについても温度・湿度依存性があることを初めて明らかにしている。換気量については、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに換気回数の増加とともに気中濃度が低減し、密閉空間でも換気の影響を強く受けることを、気中濃度の経時変化については、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドともに低減傾向を示すが、特にアセトアルデヒドの低減が顕著なことを明らかにしている。

次いで、気中濃度への影響因子について検討し、窓の開閉による自然換気でも相当

の換気効果えられ、必ずしも機械換気の常時使用の必要のないことを指摘していることは注目すべき結果である。材料の影響では合成化学物質を使用しない天然材の使用が必ずしもこれらの物質の気中濃度を低く抑える結果とならないことを明らかにしている。また、換気については、換気計画の重要性を指摘し、吸排気口の配置が気中濃度に大きな影響を与えることを指摘している。

最後に、実際の住宅によって事例研究を行い、放散量の異なる材料を用いても材料の放散性能から予想されるほど室内濃度には差が生じないこと、温度依存性については竣工後初めて経験する夏期にホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドともに最大の気中濃度に達しその後順次低減していくことから、この夏の期間の対応が肝要であることを示唆している、住宅工法については、在来軸組住宅が低く枠組壁工法住宅の気中濃度が最も高いことから、住宅全体の気密性が関与していることを指摘している。また、未だに放散源の特定されていないアセトアルデヒドについてレゾルシノール樹脂で接着された集成材の可能性を指摘したことは、レゾルシノール樹脂及び集成材のラミナ自体からの放散が極めて僅少であることから新たな発生のメカニズムが存在することを示すものである。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

#### 学位論文の基礎となる学術論文

- (1) 新築木造住宅のホルムアルデヒド気中濃度の現状：八木繁和、松田俊一、吉田彌明、木材工業誌、Vol. 57. No. 7. 292～296 (2002)
- (2) スギ木造住宅の室内環境に関する 1 年間の変化：八木繁和、松田俊一、辻恭子、田村靖夫、木材工業誌、Vol. 58. No. 9. 409～414 (2003)
- (3) 新築木造住宅のアセトアルデヒド気中濃度の現状：八木繁和、松田俊一、寺村明憲、吉田彌明、木材学会誌、Vol. 52, No. 2 (2004) (掲載決定)