

氏名(本国籍)	樋田 淳平 (三重県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	農博甲第477号
学位授与年月日	平成20年3月13日
学位授与の要件	学位規則第3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	居住空間における空気質に関する研究
審査委員会	主査 静岡大学 教授 滝 欽 二 副査 静岡大学 准教授 渡 邊 拓 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、室内空気質に関する基礎データを収集することを目的として、新築住宅の室内空気質の実態調査、実住宅における3年間のVOC放散挙動の測定、小形チャンバー法による微量トルエン含有接着剤からのトルエン放散試験、カップ法による拡散係数の測定を行った。

(1) 新築住宅の室内空気質の実態調査

2001～2002年に新築された木質系住宅52棟、及び改正建築基準法施行以降の2004年に新築された木質系住宅19棟の室内空気質を調査した結果、ホルムアルデヒド気中濃度は2004年で約20%となり、年々減少傾向を示しているが、アセトアルデヒド気中濃度は2004年の測定で約89%の部屋で指針値を超過し、低減化が進んでいないことがわかった。また、アセトアルデヒドは、ムク材を使用することで気中濃度が低くなることが示唆された。トルエン、スチレンは両者とも一般仕様住宅の方が天然仕様住宅より高濃度であり、スチレンはワックス等の表面仕上げ材が放散源の可能性はある。天然材料を多用している住宅ではテルペン類が放散の多くを占め、テルペン類以外の物質については加工材料を多用している住宅で放散が多く、天然材料からは放散が少ないことが示唆された。

(2) 実住宅における3年間のVOC放散挙動の測定

内装仕様の異なる実住宅の室内空気質の実態調査を約3年間に渡って行なった結果、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度は、全ての住宅において温度依存性及び湿度依存性が示唆され、竣工から1年以内の夏場に最も気中濃度が高くなった。天然材料からのアセトアルデヒド放散は少ないと考えられる。木材由来成分であるテルペン類は、天然材料を多用している住宅で $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高い値を示したが、3年経過後には $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。天然材料を使用していない住宅ではテルペン類の放散はほとんど見

られなかった。TVOC 気中濃度は、天然材料を多用している住宅の方が天然材料を使用していない住宅よりも気中濃度が高い傾向を示した。これは、天然材料由来成分の影響と考えられる。また、換気によって TVOC 濃度が高い外気を室内に取り入れ、室内の気中濃度が高くなる場合があることが示唆された。

(3) 微量トルエンを含有した各種接着剤からのトルエン放散試験

MSDS に記載されない微量のトルエンを含む接着剤からのトルエン放散を小形チャンパー法により測定し、放散への影響を検討した結果、微量トルエン含有エポキシ樹脂系接着剤では、気中濃度が高くなるのは施工から 7 日程度であることが示唆された。したがって、トルエン含有量が 1%未満であっても、7 日程度は顕著にトルエンが放散し、気中濃度に影響を与えることが明らかとなった。そのため、新築住宅では引渡しまでに養生期間をとり、トルエンの放散量を十分に低下させる必要がある。

また、接着剤及び被着材を変え、放散にどのように影響するかを調べるためトルエン放散試験を行った結果、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤は溶剤形スチレン・ブタジエンゴム系接着剤の 1/3 程度の値であった。貼り合わせる被着材にカラマツ合板+ナラ材を使用した床試験体 B では、カラマツのみの床試験体 A よりも長期に渡って放散する可能性が示唆された。ケイ酸カルシウム板試験体では、7 日目には全ての接着剤でほぼ 0 になり、放散の持続性は認められなかった。したがって、接着剤や被着材の性質によって放散量および放散挙動が異なることが明らかとなった。よって接着剤からの VOC 放散を評価する際には、被着材の差異を考慮する必要がある。

(4) カップ法による拡散係数の測定

基材の化学物質放散傾向を把握することを目的とし、カップ法を用いて各種木質材料及びケイ酸カルシウム板の拡散係数測定を行った。

拡散係数は、有機物質のトルエン、n-ヘプタン、メタノールではケイ酸カルシウム板が最も大きく、次いでベイツガ材、ナラ材、カラマツ合板の順であった。蒸留水ではベイツガ材が最も大きく、次いでケイ酸カルシウム板、ナラ材、カラマツ合板の順であった。拡散係数の差異の最も大きな原因としては、材料の内孔などの内部構造や成分によると思われるが、拡散する物質及び材料の化学的性質も影響する可能性が示唆された。

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。

- 1) 新築住宅のホルムアルデヒド気中濃度は年々減少傾向を示しているが、アセトアルデヒド気中濃度は低減化が進んでいない。
- 2) 住宅におけるホルムアルデヒド、アセトアルデヒド気中濃度はともに温度依存性及び湿度依存性が認められ、竣工から 1 年以内の夏場に最も高い気中濃度となった。
- 3) 天然材料を多用した住宅では、テルペン類など天然材料由来物質の放散が多くを占め、一般仕様の住宅ではテルペン類以外の物質が放散の多くを占めていた。
- 4) 接着剤中に含有するトルエンは、MSDS に記載義務のない 1wt%未満の含有量であっても放散に影響し、その放散量及び放散挙動は接着剤及び被着材の性質に大きく影響されることが示唆された。そのため、接着剤からの VOC 放散を評価する際には、これらの差異を考慮する必要がある。
- 5) 材料の化学物質拡散係数は、材料の内部構造などの他に、拡散する物質及び材料の化学的性質が影響する可能性が示唆された。

審 査 結 果 の 要 旨

本研究では、室内空気質に関する基礎データを収集することを目的として、新築住宅の室内空気質の実態調査、実住宅における3年間のVOC放散挙動の測定、小形チャンバー法による微量トルエン含有接着剤からのトルエン放散試験、カップ法による拡散係数の測定を行った。

まず、2001～2002年に新築された木質系住宅52棟、及び改正建築基準法施行以降の2004年に新築された木質系住宅19棟の室内空気質を調査した結果、ホルムアルデヒド気中濃度は2004年で約20%となり、年々減少傾向を示しているが、アセトアルデヒド気中濃度は2004年の測定で約89%の部屋で指針値を超過し、低減化が進んでいないことがわかった。また、アセトアルデヒドは、ムク材を使用することで気中濃度が低くなることが示唆された。トルエン、スチレンは両者とも一般仕様住宅の方が天然仕様住宅より高濃度であり、スチレンはワックス等の表面仕上げ材が放散源の可能性はある。天然材料を多用している住宅ではテルペン類が放散の多くを占め、テルペン類以外の物質については加工材料を多用している住宅で放散が多く、天然材料からは少ないことを示唆した。

次に、内装仕様の異なる実住宅の室内空気質の実態調査を約3年間に渡って行なった結果、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度は、全ての住宅において温度依存性及び湿度依存性が示唆され、竣工から1年以内の夏場に最も気中濃度が高くなった。天然材料からのアセトアルデヒド放散は少ないと考えられる。木材由来成分であるテルペン類は、天然材料を多用している住宅で $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高い値を示したが、3年経過後には $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。TVOC気中濃度は、天然材料を多用している住宅の方が天然材料を使用していない住宅よりも気中濃度が高い傾向を示した。また、換気によってTVOC濃度が高い外気を室内に取り入れ、室内の気中濃度が高くなる場合があることが示唆された。

さらに、MSDSに記載されない微量のトルエンを含む接着剤からのトルエン放散を小形チャンバー法により測定し、放散への影響を検討した結果、微量トルエン含有エポキシ樹脂系接着剤では、気中濃度が高くなるのは施工から7日程度であることが示唆された。したがって、トルエン含有量が1%未満であっても、7日程度は顕著にトルエンが放散し、気中濃度に影響を与えることが明らかとなった。そのため、新築住宅では引渡しまでに養生期間をとり、トルエンの放散量を十分に低下させる必要がある。

また、接着剤及び被着材を変え、放散にどのように影響するかを調べるためトルエン放散試験を行った結果、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤は溶剤形スチレン・ブタジエンゴム系接着剤の1/3程度の値であった。貼り合わせる被着材にカラマツ合板+ナラ材を使用した床試験体Bでは、カラマツのみの床試験体Aよりも長期に渡って放散する可能性が示唆された。ケイ酸カルシウム板試験体では、7日目には全ての接着剤でほぼ0になり、放散の持続性は認められなかった。

基材の化学物質放散傾向を把握するために、カップ法を用いて各種木質材料及びケイ酸カルシウム板の拡散係数測定を行った。拡散係数は、有機物質のトルエン、n-ヘプタン、メタノールではケイ酸カルシウム板が最も大きく、次いでベイツガ材、ナ

ラ材、カラマツ合板の順であった。拡散係数の差異の最も大きな原因としては、材料の内孔などの内部構造や成分によると思われるが、拡散する物質及び材料の化学的性質も影響する可能性が示唆された。

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) 樋田淳平,田中裕也,山田雅章,滝欽二,吉田弥明(2006). 2001~2002年に新築された木質系住宅のカルボニル化合物気中濃度の実態調査. 木材学会誌 52(4),215~220
- 2) 樋田淳平,高塚早紀,山田雅章,滝欽二,吉田弥明,山田誠(2007). 改正建築基準法に対応した新築住宅における室内空気質の実態調査(第1報)カルボニル化合物気中濃度の実態.木材学会誌 53(1),34~39
- 3) 樋田淳平,高塚早紀,山田雅章,滝欽二,吉田弥明,山田誠(2007). 改正建築基準法に対応した新築住宅における室内空気質の実態調査(第2報)VOC気中濃度の実態.木材学会誌 53(1),40~45