

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 朱 清宇

本論文は、「シックハウス対策のための化学物質放散量の予測に関する研究 -建材からの化学物質放散量の数値予測モデル-」と題して、建材・施工材から気中に放散される化学物質の物理的メカニズムを解明し、流体シミュレーションを基礎とする計算機シミュレーションによりこの放散と室内拡散性状を予測・解析する技術を開発することを最終目的としている。室内における建材・施工材からの気中放散量計測は、これらのテストピースを換気されるテストチャンバー内に設置し、その換気の給排気濃度差によりテストピースからの放散量を測定して行われる。本論文は、このテストチャンバーによる放散量計測法の問題点を検討している。すなわち、まず建材・施工材から化学物質が気中に放散される物理的メカニズムを理論的に解析し、これを精度良く予測する数学モデルを開発して、建材・施工材からの化学物質の気中放散、拡散の数値シミュレーション手法を開発している。次に、テストチャンバー内の温度や気流性状がテストピースからの化学物質放散性状に与える影響を実験とこの数値シミュレーション手法により解析し、実際の室内における建材・施工材からの気中放散量に対応する放散量計測を行うための条件を明らかにし、室内化学物質空気汚染濃度を管理するために有効となる化学物質放散量予測法を開発している。

本論文は以下のように構成されている。

序章では、日本における微量化学物質による室内空気汚染の現状を概観し、建材からの化学物質放散量計測が室内化学汚染の低減対策に大きな役割を果たすことを示し、実際の室内での放散性状に対応する、テストピースとテストチャンバーを用いた化学物質放散量計測法の重要性を示している。

第1章では、本研究の基礎となる流体の数値シミュレーション手法に関して概説している。

第2章では、建材・施工材等から発生する揮発性化学物質の放散量測定方法に関して既往の方法を概説している。まず、気中に放散された揮発性化学物質のサンプリング方法に関して、吸着剤を用いたガス状化学物質の捕集法を示し、本研究で使用している HPLC と GC/MS を用いた化学物質の定性法・定量法を説明している。続いて、建材からの化学物質放散量測定の為に開発されている建材などのテストピースを使用する各種チャンバー法に関して既往の方法を概説している。実物を用いる放散試験はコストや時間を必要とするため、テストピースとテストチャンバーを用いた放散量計測法の重要性を述べている。

第3章及び第4章では「PART2 数値予測モデル」として、建材・施工材等から放散される揮発性化学物質すなわち汚染ガスの放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測方法に関して述べている。

第3章では、建材からのガス状微量化学物質放散に関する既往の物理モデル、並びに放散量予測式を検討している。これらの問題点を検討した後、多孔質建材内及び室内空気中における吸着・

脱着効果を含む厳密な化学物質の輸送方程式を導出している。さらに吸着効果が支配的な建材に対しては、建材表面のみで吸脱着が生じるとして、吸脱着現象の効果を簡易にモデル化した簡易吸着モデルを導出している。

第4章では、第3章で示した揮発性化学物質の建材からの放散過程、並びに拡散過程のモデリングで用いられる物理パラメータを同定法示している。これらの現象を数値シミュレーションで解析するには、建材・施工材中の化学物質輸送を支配する有効拡散係数等の計測と、各種材料における計測結果のデータベースが必要となる。そのため各種建材・施工材を対象として、カップ法により有効拡散係数を測定し、これをまとめている。また蒸散支配型建材及び複合建材(蒸散+内部拡散支配型)における化学物質放散のシミュレーションモデルを考察している。

第5章から第8章までは「PART3 チャンバー内の物質放散性状」とし、建材からの化学物質放散量を測定するための各種テストチャンバー内に設置された建材テストピースからの化学物質放散性状及び測定法の問題点を検討している。

第5章では、建材表面から気中に至る表面物質伝達率とその気中放散率を支配する蒸散支配型放散の建材に対し、実際の室内放散と同条件の計測を可能とする境界層型小型テストチャンバーについて解説している。これは本研究で新たに開発しているもので、建材表面での気流を精密に制御し、実際の室内に対応した放散量計測を可能とするものである。この境界層型小型テストチャンバーは、室内汚染濃度を低減させるパッシブ吸着建材の性能試験法への利用も可能であり、同チャンバーを用いる吸着性能試験法に関しても報告している。またパッシブ吸着建材の性能を評価するための新たな指標として、換気による汚染質除去効果と直接比較できる吸着速度の換気量換算値を導いている。

第6章では、欧米で開発され用いられている小型テストチャンバーFLECを解析対象として、その内部の流れ場、拡散場をCFD手法により解析している。FLECにより蒸散支配型建材、内部拡散支配型建材、および両者の複合型(蒸散支配+拡散支配)建材を測定する際の化学物質の放散性状を、チャンバー内の温度や気流性状をパラメータとして解析し、FLECの化学物質放散速度計測法の特徴を考察し、その使用上の注意点を新たに示している。

第7章では、日本で開発された小型チャンバーADPACを解析対象として、そのチャンバー内の流れ場、拡散場をCFD手法により解析している。蒸散支配型建材と内部拡散支配型建材に関して、FLECの場合と同様にチャンバー内の温度や気流性状による建材テストピース表面からの化学物質の放散性状を解析し、ADPACを用いる際の計測上の留意点を新たに指摘している。

第8章では、小型チャンバーであるガラスデシケータを解析対象として、そのチャンバー内の流れ場をCFD手法により解析している。内部拡散支配型放散と蒸散支配型放散の両者の特性をもつ複合建材に関してその放散特性を解析し、ガラスデシケータを用いる際の建材テストピース表面からの化学物質の放散性状を明らかにし、計測上の留意点を新たに指摘している。

第9章では、全体のまとめを行っており、本研究の成果と今後の課題を総括している。

以上を要約するに、本論文は、建材・施工材からの揮発性化学物質による室内空気汚染問題で、最も重要となる建材から化学物質放散に関し、理論的、実験的検討を行い、数値シミュレーションによる解析を可能とする化学物質輸送モデルを開発している。また数値シミュレーションを行

上で直ちに必要となる有効拡散係数等の物性値を実験により計測し、これらの基礎データを蓄積している。さらに建材・施工材のテストピースとテストチャンバーを用いる建材・施工材の化学物質放散量測定法を整備している。これらの成果は、建材からの化学物質放散量の計測法ならびに室内濃度の予測法の基礎となるものであり、揮発性化学物質による室内空気汚染問題の解決に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。