

みたむら てるあき

氏 名 三田村 輝章
授 与 学 位 博士 (工学)
学位授与年月日 平成13年9月12日
学位授与の根拠法規 学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称 東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 都市・建築学専攻
学 位 論 文 題 目 建材の吸放湿効果による湿度環境の調整手法に関する研究
指 導 教 官 東北大学教授 吉野 博
論 文 審 査 員 主査 東北大学教授 吉野 博 東北大学教授 三橋 博三
東北大学教授 伊藤 邦明 東北大学助教授 持田 灯

論 文 内 容 要 旨

室内環境においては、温熱環境や室内空気質の問題が注目される一方で、室内湿度は、人体の温冷感、カビ・ダニなどに起因するアレルギー、結露、冬期における空気の過乾燥など、居住者への健康被害や建物の劣化に及ぼす影響は大きく、室内環境を考える上で最も重要な因子である。そのため、室内湿度を適切なレベルに維持することが重要となるが、現代の住宅では、断熱気密化が進み、また、ビニルクロスなどの吸放湿性に乏しい材料が用いられるようになったことから、夏期の高湿度や冬期の過乾燥、結露などの問題が生じることが多い。しかし、これまで住宅の設計においては、室内湿度の調整に関する環境設計が行われることは少なく、また、実住宅における室内湿度レベルの実態については研究例が少なく、明らかにされていない。

そこで、本研究は、実住宅における湿度環境と居住者への健康影響などの実態について、アンケート調査及び実測調査により明らかにした上で、湿度環境の調整手法として建材の吸放湿効果に着目し、各種建材の吸放湿性能や吸放湿建材の住宅への適用効果について、実験及び数値シミュレーションにより検討し、それらを基にして、吸放湿建材の実住宅への適用方法に関する設計資料として整備することを目的としている。

本論文は、全6章から構成される。

1章では、上に述べた背景、研究の意義と目的について述べている。また、本研究と関連する既往の研究について概説し、本研究の位置づけを示している。更に、本論文の構成と研究の方法について述べ、章を締めくくっている。

2章では、東北6県の主要都市及び札幌市に建設された戸建て住宅を対象として、アンケート調査並びに実測調査を行い、室内の湿度環境の実態や居住者の住まい方、健康性などとの関係について検討している。また、冬期における居住者の乾燥感や居住者の実施する室内湿度の調節方法について、アンケート調査及び実測調査により検討している。

まず、夏期における室内の湿度環境に関するアンケート調査では、住宅の特性や住まい方と居住者の室内環境に対する評価の関係について分析を行い、湿度感と関連の深い因子として、延べ床面積、換気

方式と運転状況，室の内装と内容物，観葉植物の水遣りの頻度などがあげられるが，その差異はいずれも湿度感の申告値で0.5～1程度と小さいなどの知見を得ている。

実測調査の結果からは，実住宅における室内湿度の実態として，夏期における対象住宅の相対湿度は，概ね50～70%RHの範囲で変動し，全体の平均相対湿度は約64.4%RHであったが，80%RH付近で変動している高湿度な住宅も数件見られたことを示している。また，アンケート調査と実測調査の結果の比較分析から，湿度感の申告値と実測値の間には殆ど相関は見られず，室内空気質などが湿度感に影響を及ぼしていることが考えられるため，実測値では高湿度であり，湿度環境に問題があっても，居住者は問題を感じない可能性があることを指摘している。その他，実測結果から特に湿度が高い住宅について，居住者の健康性について分析した結果，「鼻の通り」，「仕事の進み具合」，「集中力」，「疲れやすさ」，「気分の調子」，「考えのまとまり」などの項目で，全体の平均よりも高く申告されていることがわかり，シックビルシンドロームの兆候があることを示している。

冬期における高断熱高気密住宅の室内空気の乾燥と居住者が実施する湿度の調節方法に関する調査では，①居住者が実施する室内空気の乾燥への対策は，「観葉植物の設置」や「洗濯物を室内で干す」などの住まい方による工夫に依存する場合が多く，「加湿器の使用」による積極的な加湿は全体の18%程度であり，この理由として，現在市販されている加湿器の性能が十分ではないことを指摘する意見が得られた。②実測調査の結果から，室内空気の乾燥への対策として加湿器を使用したり，洗濯物を室内で干している住宅では，それによる湿度の上昇は相対湿度で5～10%RH程度見られるものの，それでも室内の相対湿度は30～40%RH程度であり，根本的な改善には至っていないという知見を得ている。

3章では，宮城県内に建設された戸建て住宅3件を対象とした長期実測を通じて，夏期，中間期，冬期における室内湿度のレベルや年間を通じた変動特性について明らかにしている。また，2章で得られた実測結果との比較から，実住宅における室内湿度のレベルを評価している。

まず，戸建て住宅3件を対象とした長期実測では，①年間を通じた湿度変動は，夏期及び梅雨期では，室内の絶対湿度は，外気と同程度か2～3g/kg'程度低く，冬期では2～5g/kg'程度高くなり，室内湿度の変動幅は外気より小さく保たれている。②夏期及び冬期の5日間における変動では，窓の開閉条件やエアコンによる除湿，生活行為による室内での発湿によると考えられる変動の様子が明確に把握し，これらによる室内湿度への影響は，絶対湿度で2～5g/kg'程度と大きい。③調査住宅B邸の居間及びC邸の子供室では，冬期において周壁や室内内容物からの放湿による影響と推察される実測結果が確認された，などの知見を得ている。

4章では，各種建材の吸放湿性能と室内湿度の関係について，実大チャンバーを用いた実験により検討している。また，室内湿度の予測に必要な建材内の湿気移動のモデリングを行い，実験結果との照合から予測モデルの検証を行っている。

まず，実験チャンバーを用いた実験では，室内で24時間サイクルの加湿及び除湿を行い，建材を設置しない場合，石膏ボード13.5m²，パーティクルボード8.93m²，軽量コンクリート2.98m²，合板6.10m²，木板9.27m²，表面にペイントを施した石膏ボード13.34m²，ゼオライトパネル3.05m²をそれぞれ設置した場合について実験を行った。その結果，建材を設置した場合では，設置しない場合と比較して，室内湿度の変動幅が，相対湿度で5～14%程度，絶対湿度で0.5～1.8g/kg'程度小さくなることを示し，建材の吸放湿効果と室内湿度変動の関係について明らかにしている。

また，加湿量及び除湿量とサンプル建材の重量変化の関係から，単位面積あたりの各建材の吸放湿性

能を比較した結果、ゼオライトパネルが最も大きく、次いで、軽量コンクリート、木板の順となり、表面にペイントを施した石膏ボードが最も小さいことを示している。

次に、建材内の湿気移動の予測モデルを作成し、実験結果との照合から、計算モデルの妥当性について示している。

5章では、吸放湿建材として高い性能を持つゼオライトパネルを対象として、3棟の家屋模型を用いた比較実験及び実大試験家屋を用いた実験により、ゼオライトパネルの持つ調湿効果やパネルの貼付条件の違いが調湿効果に及ぼす影響について検討している。また、ここで得られた実験データを基に数値シミュレーションを行い、実住宅における適用効果について検討している。

まず、家屋模型を用いた実験では、1年間における長期実測の結果から、①夏期及び中間期においては、ゼオライトパネルを貼付した場合には、貼付しない場合と比較して、相対湿度は5~10%RH程度低く抑えられ、変動幅も小さくなり、安定した湿度変動を形成できること、②冬期においては、壁面パネルからの放湿による、空気の乾燥防止に対する効果を予測していたが、その効果は相対湿度で2~3%RH程度と小さいことを示している。

次に、実大試験家屋を用いた実験では、ゼオライトパネルの貼付条件として、①全壁面及び天井面、②西側壁面のみ、③天井面のみ3通りについて検討し、同面積で貼付する場合には、壁面に貼付する方が天井面に貼付するよりも調湿効果は大きいことを明らかにしている。

最後に、数値シミュレーションによる検討では、実大試験家屋を用いた実験結果を基に、ゼオライトパネルを戸建住宅へ適用した場合について、貼付条件の違いと建物の断熱気密性能の違いが調湿効果へ及ぼす影響について検討している。まず、ゼオライトパネルの貼付条件の違いによる調湿効果への影響については、①冬期では、全壁面及び天井面に貼付した場合の相対湿度は、貼付しない場合と比較して、水蒸気の発生が少ない日中及び夜間で、5%RH程度高くなるが、乾燥防止に対する効果としては小さい、②夏期では、貼付しない場合の相対湿度は、冷房停止中には80%RHまで上昇するのに対し、全壁面及び天井面に貼付した場合には、70%RH程度で抑えられることを示している。次に、断熱気密性能の違いが調湿効果に及ぼす影響については、①冬期では、乾燥防止の観点から、ゼオライトパネルを全壁面及び天井面に貼付する条件と貼付なしの条件について、相対湿度の最低値を比較すると、一般住宅想定の場合には、全壁面及び天井面に貼付する条件は、貼付なしの条件より約3%RH高くなるが、断熱気密性能の高いカナダR-2000基準相当の場合では、約7%RH高くなり、断熱気密性能が高いほど効果が大きいといえるが、乾燥防止に対する効果としてはいずれも小さい、②夏期では、高湿度の抑制の観点から、相対湿度の最高値を比較すると、一般住宅想定の場合には、全壁面及び天井面に貼付する条件は、貼付なしの条件より約3%RH低くなるが、カナダR-2000基準相当の場合では、約10%RH低くなり、断熱気密性能が高いほど、その効果は大きいことを示している。

6章は、結論であり、本研究の総括を行い、今後の課題と展望について言及している。

論文審査結果の要旨

居住空間における室内湿度は、高過ぎても、低過ぎても、健康に影響を及ぼし、また、建物の劣化へとつながる。近年、建物が気密化されることによって、自然換気量が少なくなっているため、過度な高湿度、低湿度な環境が問題とされてきている。よって、室内湿度を適切なレベルに維持することが重要である。本研究は、実住宅における湿度環境と居住者への健康影響などの実態について明らかにした上で、湿度環境の調整手法として建材の吸放湿効果に着目し、各種建材の吸放湿性能や吸放湿建材の住宅への適用効果について検討し、それらを基にして、吸放湿建材の実住宅への適用方法に関する設計資料をまとめたものである。本論文は、全6章から構成される。

1章は、序論であり、本研究の背景と目的について述べている。

2章では、戸建て住宅を対象としたアンケート調査並びに実測調査により、室内の湿度環境の実態や居住者の健康性などについて検討している。その結果、夏期では高湿度な住宅が数件見られ、これらの住宅では、SBSの兆候が見られること、冬期では全体の約60%の住宅で乾燥を訴えていることを指摘しており、これまで明らかでなかった室内湿度の実態を知る上で貴重な成果を得ている。

3章では、戸建て住宅3件を対象とした長期実測を通じて、室内湿度のレベルや年間を通じた変動特性について明らかにしている。その結果、窓の開閉など生活行為が湿度変動に与える影響が大きいことを明らかにしている。また、周壁などの吸放湿効果と推察される測定結果を示している。

4章では、各種建材の吸放湿性能と室内湿度の関係について、実大チャンバーを用いた実験に基づいて明らかにした上で、建材内の湿気移動に関する数値計算予測モデルを作成し、実験結果と照合し、妥当な結果を得ている。本章で得られた結果は、建材の吸放湿性能と室内湿度の関係を示す貴重な資料であり、室内湿度の数値シミュレーションのための検証用データとして高い価値を持つものと考えられる。

5章では、吸放湿建材として高い性能を持つゼオライトパネルの調湿効果やパネルの貼付条件の違いが調湿効果に及ぼす影響について、実験及び数値シミュレーションにより検討した。その結果、夏期及び中間期での高湿度の抑制効果は大きいことが、冬期での乾燥防止に対する効果は小さいことが、吸放湿建材の貼付方法については、壁面と天井面では、壁面に貼付した方が効果は大きいことを明らかにした。また、断熱気密性能の高い住宅ほど、吸放湿建材の適用効果も大きくなることを示しており、吸放湿建材を設置する場合の設計資料を提供している。

6章は、結論である。

以上要するに本論文は、実住宅における室内湿度の実態について明らかにし、また、室内湿度の調整手法としての建材の吸放湿性能や吸放湿建材の適用方法に関する基礎資料を示したものであり、住宅における室内環境の改善や今後の室内環境設計に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。