

氏 名	かかえ 抱	のり 憲	ちか 誓
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2792 号		
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当		
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 生 活 空 間 学 専 攻		
学 位 論 文 題 目	実在可燃物の発熱速度予測手法の構築		

論文調査委員	(主 査) 教 授 鉦 井 修 一	教 授 田 中 哮 義	助教授 原 田 和 典
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、建築空間における各種可燃物の発熱速度を予測するモデルを提案するものであり、2部構成となっている。

第1章の序論では、本論文における研究の背景、目的および論文の構成について記述している。

第一部では、発熱速度予測のための燃焼拡大モデルを提案し、種々の密度と寸法のウレタンマットレスの燃焼実験によりその精度を確かめたものである。

第2章では、実験方法を記述しており、実験に用いた材料の選定方法、実験方法、実験計画について述べている。特に、発熱速度の時刻歴と燃焼物の寸法との関係を導くための実験計画を立案している。

第3章は、発熱速度測定結果を分析しており、材料の密度と3辺の寸法に応じて、火災成長率と最大発熱速度がどのように変化するかを分析している。着火直後の火災成長率は密度の二乗に反比例し、最大発熱速度は厚さが小さいものは上面面積に支配されることを示した。ウレタンマットレスの厚さが大きくなると、12 cm ほど側面を燃え下がった段階で、熔融物が滴下して底部を着火させ、上方および側方に燃焼面積が拡大する。そのため、厚さが大きいものでは、最大発熱速度が上面面積に滴下発生時の側面面積を加えた面積に支配されることを示した。

第4章では、発熱速度の時刻歴予測に必要な特性値の抽出を行った。熔融面（燃焼領域の先端）および熔融コア（熔融終了部分）の水平、下方、側方の拡大速度を測定し、下方火炎伝播速度は水平火炎伝播速度の1/2、側方火炎伝播速度は3倍、熔融コアの拡大速度は1/3となることを見いだした。また、燃え尽き面の発生時刻については、底面に熔融コアが到達した後、熔融堆積物が燃焼する時間を加えれば予測できることを示した。単位面積あたりの発熱速度については、実験における燃焼面積と発熱速度の測定結果から、着火直後よりも盛期燃焼時の方が少し大きくなるが、187~280kW/m²程度となり、コーンカロリーメータ試験における燃焼履歴において材料の9割が燃焼するまでの期間での平均値とほぼ等しいことを見いだした。

第5章では、第4章の結果に基づいて、燃焼面積の時刻歴から発熱速度を求める方法を定式化した。すなわち、ウレタンマットレスの密度から火炎伝播速度と熔融コアの拡大速度を設定し、三辺の寸法から特定の時刻における燃焼面積を幾何学的関係として求めた。同時に、着火点の真下が燃え尽きるまでの時間を求め、熔融面からこの時間だけ遅れて燃え尽き面が拡大すると近似した。この方法で求めた燃焼面積に、単位面積あたりの発熱速度を乗じることにより発熱速度を得ることができる。この方法によれば、原理的には任意の寸法のウレタンマットレスの発熱速度の時刻歴を予測することが可能となる。

第6章では、第5章で作成したモデルを第3章の実験で設定した条件に適用し、実験を行った範囲での発熱速度を予測可能であることを示した。その結果、実験を行った範囲の密度と寸法のウレタンマットレスでは、実用的簡便さを保ったまま、従来よりも精度の良い予測が可能となった。

第二部では、ウレタンマットレスのような均質材料ではなく、実在の可燃物に第一部のモデルを適用し、その予測精度を論じている。まず第7章では、燃焼に関する特性値を抽出するため、約2000件の物品を分解して構成材料（セルロース系材

料、硬質プラスチック、軟質プラスチック、金属、その他）毎に重量を測定し、密度、単位体積あたりの発熱速度、単位表面積あたりの発熱速度を推定した。この結果を、「衣類」、「寝具」といった日常的な通称毎に分類し、燃焼に関する特性値の推定式を作成した。その結果、日常的な通称を用いて物品を特定して可燃物の燃焼に関する特性値を推定することを考えると、総発熱量で2倍程度、単位面積あたりの発熱速度で5倍程度のばらつきがあることを示した。

第8章では、第7章で推定した燃焼に関する特性値を第一部で作成したモデルに適用し、既往文献で示されている燃焼実験との比較を行ない、モデルの適用範囲について分析を行っている。枕、ベッド、段ボール入りポリスチレントレイ（いわゆるプラスチックごみ）の各々について、これに外接する直方体で形状を近似し、嵩密度は物品重量を直方体の体積で割って求めた。燃焼に関する特性値を第7章の相関式を手がかりとして推定して予測計算を行ったところ、枕とベッドのようにウレタンマットレスと類似の物品では2割程度の誤差で予測が可能であった。一方、段ボール入りポリスチレントレイでは、最大発熱速度は十分な精度で予測できたが、内部の隙間を経由した燃焼拡大のため、予測モデルでは実験よりも発熱速度の増加を少し遅く予測することとなった。

第9章は結論であり、本論文の成果が要約されている。

論文審査の結果の要旨

建物の火災時には、空間内に存在する可燃物の燃焼により大量の熱と煙が発生して、在館者の避難や消防隊員による救助・消火活動を妨げる要因となる。そのため、建築空間で生ずる燃焼性状を火災が起こる前に予測し、必要な対策を事前に計画しておくが必要になる。しかし、建築空間内には多種多様な可燃物があり、燃焼性状を満足のいく精度で予測することは難しい。

本研究は、建築空間に存在する多様な可燃物の発熱速度を予測する方法を提案するもので、建築物内で最も火災危険度が大きいと考えられるウレタンマットレスについて、密度と寸法（典型的には、幅、奥行き、高さ）が与えられた時に、着火部分から燃焼領域が広がり、燃え尽きるまでの過程を記述する簡易なモデルを作成し、検証のための実験を行っている。さらに、建築空間に実在する多様な可燃物のうちウレタンマットレスに近い材質のものに作成したモデルを適用して予測精度を検討している。

1. 種々の大きさのウレタンマットレスの燃焼実験を行って発熱速度を測定し、火災成長率は密度に、最大発熱速度は寸法に依存することを見いだした。
2. 燃焼実験の結果から、水平火炎伝播速度と下方ならびに側方の火炎伝播速度との関連づけを行った。下方火炎伝播速度は水平火炎伝播速度の $1/2$ 、側方火炎伝播速度は3倍、熔融コアの拡大速度は $1/3$ である。
3. 燃焼面積拡大の時刻歴を上記2の速度を用いて予測し、これに単位表面積あたりの発熱速度を乗ずれば発熱速度の時刻歴が妥当な精度で予測できることを示した。
4. 実在可燃物の燃焼に関する特性値を推定するため、日常物品の材料構成重量比の調査を広くに行ない、例えば「衣類」といった日常的呼び名で可燃物を想定した場合に燃焼に関する特性値を結びつけることができるようにした。
5. 実在可燃物のうち、ウレタンマットレスに近いと考えられる物品に発熱速度予測モデルを適用したところ、実験値の2～3割程度の誤差で予測が可能であった。

以上、本論文は、建築空間で起こる火災による燃焼性状を工学的に予測する方法を開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。