

氏名	わた なべ ゆう いち 渡 部 勇 市
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3921 号
学位授与の日付	平 成 19 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	加圧煙制御時の発熱速度から求める臨界給気量の簡易予測法に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 田 中 哮 義 教 授 吉 田 治 典 助 教 授 原 田 和 典

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、建物火災時における消防隊による建物内残留避難者の検索・救助や消火・延焼防止などの消防活動にとって大きな支障となる煙の拡大を制御し消防活動の支援をする手法として、給気加圧煙制御方式を用いたときの必要給気量の算定手法について研究した成果についてまとめたものであって、7章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の目的、加圧煙制御研究の背景と意義、従来の研究および本論文の構成の概要を記述したものである。ここでは、先ず火災建物内での消防隊の活動上、加圧方式の煙制御が建築基準法などに規定される排煙方式に比較して安全性で優れていること、しかし加圧煙制御システムを有効に機能させる上で必要な加圧給気量の算定は従来コンピューターモデルに依らねばならなかったことが説明され、従って本論文ではその消防活動上の実務的利便を提供するために簡易予測式を開発することを目的としたことが述べられる。次いで、建築物に煙制御対策が導入されて以後の推移と加圧煙制御の出現の経緯が述べられ、加圧煙制御の基になる遮煙の概念が説明されている。

第2章は、本研究の理論的基盤を構成する部分であり、先ず既往の研究からの①開口での遮煙のための臨界静圧差分布と空気流量の関係式、②火災室内の火源の発熱速度と高温層温度の関係式、③発熱速度と火災領域における火災プルーム流量の関係式、および④火災室の上部高温層(煙層)に関する質量保存式の4式を取り上げ、臨界遮煙条件下での火災性状解析のための基礎式とする。本論文では、これらの基礎式から火災プルーム流量、高温層の温度上昇および下端高さを消去して先ず遮煙臨界開口流量に関する3次式を導くが、この厳密解は実用式としてはなお複雑なので、解の特性の考察に基づいて簡易化し、火災性状を支配する数個の物理量の組み合わせからなるパラメタの関数として実務的な簡易予測式を提案した。この式は厳密解と比較しても実用上殆ど問題無い僅かな誤差しかないことが確かめられている。また、この臨界給気量の式の導出に付随して高温層の温度および下端高さの簡易予測式も導かれた。

第3章では、第2章で導かれた簡易予測式を用いて、遮煙臨界給気量、煙層温度および高さが、火源の発熱速度、扉開口幅および高さ、火災区画面積、排煙効率および時間の諸因子に対してどのような依存特性を示すかを定量的に分析している。扉開口高さの増加や排煙効率の低下が必要給気量を増加するという常識的な結果と同時に、発熱速度の増加、扉開口幅の増加など一般には必要給気量の増加を齎すと考えられる因子も一定値以上の増加では殆ど必要給気量の増加につながらないことなど、実務上有用な知見も幾つか得られている。

第4章は、第2章で導かれた簡易予測式の実験的検証について記述したものである。使用された実験装置は、天井高さ1.18 m、幅2.7 m、奥行き3.6 mの中規模火災室模型の扉開口部側に給気チャンバーを設けて、ここに送風ファンで給気して開口部に圧力差を生ずるようにしている。臨界給気量および臨界遮煙条件は、予め実験条件に既定の送風量をセットした下で火源に点火し、火災室の温度上昇と共に圧力差分布の勾配が増加することで最終的に遮煙が破られる時点(臨界時間)における測定値を用いて求めた。実験は給気量、扉開口、排煙口、火源に関する36ケースの条件について綿密に行われている。実験結果と簡易予測式による計算結果とは全ての条件に亘って非常に良い一致を示し、簡易予測式の妥当性が検証されている。

第5章は、第2章で導かれた簡易予測式の基礎式として用いた各式の妥当性を検証したものである。①開口での遮煙が成立するための臨界静圧差分布と臨界空気流量の関係式については、扉開口幅と高さ、排煙口高さ、火源位置を変えた条件での臨界遮煙条件下での給気量と温度分布の測定値から妥当性を検証した。②火災室内の火源の発熱速度と高温層温度の関係式については、同様な条件下での高温層温度の経時変化の測定値から検証した。③発熱速度と火炎領域における火災プルーム流量の関係式については、同様な条件下での給気量と排煙効率、および高温層の温度と下端高さの測定値を用いて、既往のプルーム流量予測式として提案されている諸式を評価し、その結果から Heskestad のものを最適として選定している。最後に排煙効率の式については仁井・原田の式を基に簡易式を導き、高温層温度と平均排煙温度の実験値から得られる排煙効率との比較で検証している。

第6章は、遮煙実験時の火災室内温度分布が、第2章で簡易予測式を導くときに前提としたような、上下部2層への成層化状態にあるかどうかを実験測定値から確認したものである。この結果、扉開口その他の条件により高温層の厚さは変化するものの、上・下部層はそれぞれにほぼ一様な層へ成層化していることが明らかになった。また、火源の位置が開口からの流入空気に曝される位置であっても、そのような条件でない室隅の位置であっても温度分布に大差がない結果も見出されている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。また、簡易予測式を用いた必要遮煙給気量の計算手順を纏めている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、建物火災時における消防隊による建物内残留避難者の検索救助や消火・延焼防止などの消防活動にとって大きな支障となる煙の拡大を、給気加圧により制御するときの必要給気量の算定手法について研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 給気加圧方式による煙制御は、火災室の扉開口など煙を建物内諸空間に流出させる開口部において圧力差を作り出すことによって遮煙する方法である。この遮煙状態を達成するために必要な給気量は、火災室等煙に汚染された空間内煙層の温度と厚さが与えられれば既に確立した方法で計算できる。しかし、この煙層の温度と厚さは、火源の発熱、火災に惹起される気流、熱伝達など種々の物理的過程、および建物空間に関する多くの条件に依存するため、従来はコンピューターモデルによる数値計算で求めるしかなかった。一方本論文では、①開口部で遮煙するための臨界空気量、②発熱速度と煙層の温度、③火災プルーム流量、および④煙層の質量保存に関する基礎式から臨界遮煙条件下における火災性状を支配するパラメタを導き、また適切な近似を用いることにより、火源の発熱速度から直接必要給気量を予測する簡易な解析式を導いた。
2. 加圧給気チャンバーを扉開口側に設置した半実大火災室模型室を用いて、発熱速度、開口条件、排煙口条件、給気量を様々に変化させた多様な条件下で遮煙臨界時間を測定する実験を行い、導かれた臨界給気量の簡易予測式、並びに付随して導かれる煙層の温度および下端高さの予測式が、実験結果と常に高い精度で合致することを検証した。
3. 導かれた簡易予測式を用いて、火災空間の寸法や壁面の熱特性、発熱速度、扉開口の幅や高さ、および排煙効率が臨界給気量や煙層性状に及ぼす影響の仕方を定量的に分析し、それらの特性を明らかにした。
4. これら簡易計算式の基盤として用いた遮煙条件、高温層の経時変化、火炎領域での火災プルーム流量、排煙効率などに関する式については、逐一実験的に候補となる式の精度を再確認・検証し、最適なものを選択すると同時に、必要な場合には改善を行った。
5. 以上の研究結果をもとに、加圧煙制御によって消防隊の煙からの危険緩和を図る上で求められる必要加圧給気量を、消防活動に要する時間と火源の発熱速度とを条件として与える簡易計算手順を提案した。

以上、本論文は、給気加圧煙制御によって消防隊の煙からの危険緩和を図る場合の必要加圧給気量の予測計算手法を理論的・実験的研究に基づいて開発したもので、学術上、實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。