

(続紙 1)

京都大学	博士（工学）	氏名	李 成 璨
論文題目	区画火災におけるフラッシュオーバー発生限界と可燃物の燃焼拡大に関する研究		
（論文内容の要旨） 本論文は、様々な条件の火災室を対象とした数値計算結果と、既往の実験データを用い、区画火災でのフラッシュオーバー発生に影響を与える重要な要因である室寸法、開口寸法、壁材の熱慣性をパラメータとしたフラッシュオーバー発生条件の予測式を提案したものである。また、初期火災からフラッシュオーバー発生に至るまでの間における区画内の火炎からの内部放射その他の外部放射などを考慮して可燃物の燃え広がり速度と燃焼速度の増加に及ぼす影響を定量化し、区画内の燃焼拡大性状を予測するモデルを提案した。論文は6章からなっている。 第1章では、本研究の背景とフラッシュオーバーおよび室火災の燃え広がりに関連する既往の研究を概説し、論文の構成を述べている。 第2章では、フラッシュオーバーに関する既往の実験データを収集し、フラッシュオーバー発生限界発熱速度を再整理した。周壁材料の熱慣性を無視して既往のデータを整理すると、フラッシュオーバー発生限界は実大実験と模型実験で分離してしまうが、周壁材料の熱慣性を考慮して整理すると、模型実験および実大実験のデータを統一的に表すことに成功した。 さらに、既往の研究から提案されたフラッシュオーバー発生限界発熱速度の予測式と実験データの比較を通じて、各々の予測式の適用範囲と有効性を検討した。既往の研究者がそれぞれの予測式を作成する際に参照された実験以外のデータとの一致が必ずしも良くないこと、既往の予測式は、火災室の規模や壁体材料が限定された実験範囲にのみ適用できることを示した。 第3章では、既往のフラッシュオーバー発生限界発熱速度の予測式よりも適用範囲が広く、精度を向上した予測式を作成するため、様々な条件の火災室を対象として数値計算を実施した。計算には二層ゾーンモデルを用い、煙層温度が600℃になる時の火源の発熱速度を求めた。数値計算で求められたフラッシュオーバー発生時の発熱速度の結果から、火災室の面積、開口寸法、周壁材料、可燃物密度などの条件がフラッシュオーバー発生に及ぼす影響を検討し、区画火災におけるフラッシュオーバー発生の有無を予測する簡易な予測式を導出した。 また、第2章で収集された既往の様々な実験データとの整合性を考慮し、数値計算から導出された予測式の補正を行い、模型規模及び実大規模の様々な壁材で構成された区画室に適用可能なフラッシュオーバー発生限界発熱速度の予測式を提案した。作成した予測式は、既往の模型実験および実大実			

京都大学	博士（工学）	氏名	李 成 璨
験の両者と良好な対応が見られた。さらに、実験データのばらつきを考慮して、フラッシュオーバー発生限界発熱速度の下限を予測するための設計用予測式を提案した。 第4章では、天井下の展炎により可燃物にフィードバックされる熱流束の影響を考慮し、天井高さに応じた火炎長さと燃焼性状を調べるため、自由空間と天井下空間で油燃焼実験を実施した。また、天井下の展炎を考慮して火源の発熱速度を予測するモデルを構築して実験と比較した。 その結果、火炎が天井に届かない場合は、自由空間での火炎長さとほぼ一致し、天井が火炎長さに与える影響はほとんどないことを確認した。火炎が天井に接炎する場合は、天井高さが低いほど火炎長さは測定値では大きくなった。しかし、既往の予測式では逆に小さくなることを示した。発熱速度については、天井高さが低くなるほど、天井の展炎部および高温化した天井から燃料面への熱流束が増加して、燃料の蒸発速度が増加し、結果的に発熱速度が増加した。予測モデルでは天井に展炎する場合の発熱速度の増加傾向を示すことができたが、展炎時の火炎長さについては良い一致が見られなかった。ただし、火炎長さに測定値を用いると、発熱速度などが実験値に近くなったので、火炎長さ予測式の精度向上が望まれることを示唆した。 第5章では、区画火災において火炎と上部層などから外部放射を受ける可燃物の燃え広がり速度と単位面積あたりの燃焼速度の増加を考慮した燃焼拡大予測モデルを構築した。また、自由空間と模型区画内でウレタンマットの燃焼実験を実施して予測モデルとの比較を行った。区画火災と自由空間の燃焼性状を比較することで区画火災の熱フィードバックの影響を検討した結果、自由空間に比べて燃え広がり速度は僅かに増加したのに対して、燃焼速度は2倍ほどに増加した。 予測モデルにおいては、天井に展炎した火炎および高温化した天井下面からの放射熱、煙層からの放射熱、火炎から周壁へ放射されて反射する熱流束を考慮して、燃焼面先端の燃え広がり速度および単位面積あたりの燃焼速度の増加を考慮した。予測モデルの計算に必要な可燃物の熱物性値は、自由空間での燃焼実験結果から抽出し、これを模型区画での条件に適用した。燃焼速度および発熱速度の計算値は、測定値よりも成長が僅かに早く、最大値が少し小さいが全般的な傾向は一致した。また、区画室内の燃焼速度は、自由空間に比べて約2倍に増加することを再現した。 第6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。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、建築火災におけるフラッシュオーバー発生限界とそれに至るまでの室内での可燃物の燃焼性状を予測するものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. フラッシュオーバー発生限界発熱速度の実験データを収集し、室寸法、開口寸法、周壁材料の影響を網羅的に調べた。特に、周壁材料の熱慣性を考慮して既往のデータを再整理すると、模型実験と実大実験にかかわらず同じ関係で表すことができることを示している。これは、従来の研究では不可能と思われてきたことであり、フラッシュオーバー原理の理解を深める効果が大い。
2. 既往のフラッシュオーバー発生限界発熱速度の予測式は、その適用範囲が狭く、複数の予測式が限定的に用いられてきたが、これを単一の式で予測できるようにした。これは、前項1の理解に基づき、実用的な形で成果をまとめたものであり、手計算可能な式でフラッシュオーバー発生限界発熱速度の予測精度を向上させたことの意義は大い。
3. 天井下での展炎を考慮した発熱速度の予測モデルに関しては、これを簡易に予測できる形でまとめたことに実用性が認められる。従来は、いわゆるエキスパートジャッジで可燃物の燃焼速度を設定して火災影響評価を行ってきたが、これをモデル化して合理化する方法論を示したことに意義が認められる。また、さらなる予測精度改善のための方針も示している。
4. 室内での可燃物の燃え広がり予測についても、外部放射（火炎内部以外から可燃物にフィードバックされる放射熱流）を簡易に予測し、実務で広く用いられている二層ゾーン火災性状予測プログラムへ組み込んでいる。その予測精度もある程度まで検証した。このことにより、室の初期火災が拡大し、フラッシュオーバーに至る過程が予測可能となる。実務的側面においても燃え広がり計算が普及することが予想され、実用的意義が大い。

以上のように、本論文は、建築火災におけるフラッシュオーバー発生限界とそれに至るまでの室内での可燃物の燃焼性状を予測するものであり、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。また、平成29年1月30日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

要旨公開可能日：2017年3月23日以降