

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題		区画内での可燃物の燃焼性状のモデル化に関する研究	実施年度 平成22年度
研究代表者	所属	京都大学 工学研究科 建築学専攻	
	氏名	原田 和典	
<p>研究の目的・意義：</p> <p>建築物の性能的な避難安全設計法においては、室内の可燃物の燃焼を想定した上で、感知・通報、煙制御および避難行動のシナリオをたてて安全性を検討することが行われている。例えば、国土交通省告示においては、室の収納可燃物密度から火災拡大の速さ（火災成長率）を簡易に求める算定式が規定されている。しかし、本来ならば室の使い方に応じて火源となる可燃物を設定し、その燃焼性状を工学的論拠に従って求める方式が望ましい。そのため先進国では、可燃物の燃焼性状に関する研究が活発化し、酸素消費法熱量計を用いた測定が盛んに行われている。我が国では、告示に「守られ」ているため、閉じた技術環境を形成している。そのため、可燃物の燃焼性状の特性化に関しては、努力が不十分な状況であり、このまま放置すれば国内の技術は世界的潮流から取り残されてガラパゴス化する危険性が大きい。</p> <p>本研究は、この状況を打開すべく、工学的論拠に基づいて室内の可燃物の燃焼を想定する方法を構築することを目標としている。その中でも特に、酸素消費熱量計における燃焼性状の測定結果から室内での燃焼性状を予測する方法を見いだすことを最終的な目的とする。酸素消費熱量計で測定されるのは、自由空間（酸素が十分に有り、周囲からの放射熱のフィードバックがない条件）での燃焼なので、測定値を各種寸法の実在の室内での燃焼性状としてそのまま設計に用いて良いかどうかは大きな疑問がある。そのため、本研究では、自由空間での燃焼性状と室内での燃焼性状の関係を見いだすため、ウレタンブロックを可燃物として用いて燃焼実験を行なう。</p> <p>実験結果に基づいて、放射熱のフィードバックによる燃焼性状の変化を推定するモデルが完成すれば、各種可燃物の燃焼性状データを建築物の設計に使うための枠組みが構築され、燃焼実験のニーズを掘り起こし、燃焼データの蓄積に向けた研究・開発が進むであろう。その結果、安全を工学の論拠に基づいて合理的に確保するという世界標準の火災安全工学の導入と普及に寄与することができる。</p> <p>本計画は、平成18～20年度に文部科学省科学研究費の補助を受けて京都大学と東京理科大学の共同で行った「建築物の性能的火災安全設計のための設計火災性状の把握」（以下、先行研究と呼ぶ）の成果を発展させて実用に近づけることに主眼を置いている。先行研究では、自由空間と ISO ルームコーナー試験装置内で同一の可燃物を燃焼させたときの発熱速度等を測定したが、燃焼面の拡大性状、室への流入気流による炎の吹き倒れ等の燃</p>			

焼性状に影響を及ぼす要素過程の測定には至っておらず，従って両者の燃焼性状を統一的に関連づける理論を構築できなかった。そのため，今年度は，先行研究と同じウレタンブロックを試験体として，燃焼性状に影響を及ぼす要素過程の測定を目標とした。

2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

自由空間およびルームコーナー試験装置内で 500mm 角のウレタンブロックを燃焼させた実験より、下記の結果が得られた。

1) 自由空間におけるウレタンブロック単体の燃焼性状

ウレタンブロック単体の燃焼性状については、上面中央部、上面外縁部、上面隅角部、下面外周部の4つの着火位置について、燃え拡がりの経過と発熱速度の時刻歴、周辺への放射熱の測定を行った。上面中央部への着火は、最初に燃え始めた物品の燃焼性状を模擬している。上面外縁部は放射熱により、上面隅角部は接炎により、下面外周部は床面上を流れてくる火のついた溶融物の接触による延焼をそれぞれ模擬している。

燃え拡がりの経過については、4面からの VTR 撮影を行って、燃え拡がり面の拡大を延焼等時線として整理を行っている。その結果から、水平、鉛直（下向き）、横向きの火炎伝播速度を求め、燃焼が拡大する方向との関係を考察した。

発熱速度に関しては、上面に着火すると中央、外縁、隅角とも上面を燃え拡がった後に鉛直面を下方にゆっくりと拡大し、発熱速度は最大 200kW であった。一方で、下部着火の場合は鉛直面を急速に上方へ燃え拡がり、その後側方への拡大が起こった。そのため、最大発熱速度は 300kW 程度まで増加した。

2) 室内での燃焼性状

室内では、上部に蓄積する煙層や周壁が高温化する結果、これらから可燃物表面への放射熱のフィードバックがある。そのため、区画内での燃焼速度は自由空間よりも増加する。この効果を定量的に考慮するため、自由空間での燃焼実験と同一のウレタンブロックをルームコーナー試験装置の中で燃焼させて、火炎伝播速度と発熱速度の増加を測定した。

ウレタンブロックを1個だけ用いた実験では、室中央、隅角（手前）、壁際、隅角（奥）の4カ所に設置し、燃焼性状の変化を調べた。最大発熱速度は、室中央で 317kW、壁際で 351kW、隅角（手前）で 415kW、隅角（奥）で 407kW となり、室の隅角部での燃焼では、発熱速度が大きくなる効果が顕著であった。これは、自ら生じた火炎が室隅角に沿って伸びることにより、ウレタンブロック表面にフィードバックされる熱量が増えること、ウレタンブロックと壁の間に生じた隙間に熱が籠もって熱分解を加速することなどの要因によると考えられる。VTR の画像を分析し、これらの要因を定量化するための検討を行っている。

ウレタンブロック2個を室内に設置して同時に着火した実験では、最大発熱速度は可燃物間の離隔距離が大きい場合で 814kW、小さい場合で 958kW となり、単体で燃やした時の 2.5~3 倍となった。この条件では、室内の煙層、壁表面に加え、2つの可燃物から生じる火炎により可燃物がお互いに加熱し合って燃焼を加速する効果が見られた。

3) 室内の複数ブロック間の延焼拡大

室火災においては、最初に燃焼した可燃物から周辺の可燃物への延焼拡大が起こると、急速に危険な状態となる。可燃物間の延焼拡大に至る機構を理解し、モデル化することは室火災の成長課程の予測に寄与するところが大きい。そこで、2つのウレタンブロックを離隔距離 500mm で4つのパターンに配置して、延焼時間を調べた。

中央に2つのウレタンブロックを置いてその1つに点火した場合には260秒、隅角（奥）と壁際に置いて隅角部のウレタンブロックに点火した場合にも260秒でありあまり差はなかったが、壁際のウレタンブロックに点火した場合には240秒で延焼した。これは区画への流入空気による火炎の吹き倒しにより接炎が起こりやすくなったためと考えられる。一方で、隅角部（手前）と壁際に2個のブロックを設置し、隅角部（手前）に添加した場合は、点火したウレタンブロックが燃え尽きても延焼が起こらなかった。

以上の知見から、区画内での燃焼性状については、煙層および壁面からの放射熱のフィードバックを考慮する必要があること、可燃物間の延焼時間を予測するためには流入気流による火炎の吹き倒しを考慮する必要があることを示した。

3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)
実験材料	82	交通費	142	該当なし	0
ルームコー ナー補修工 事費	298	(京都－野 田, 4名分)			
計	380	計	142	計	0

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

本研究の結果では、区画内での燃焼性状は自由空間と比べると発熱速度が数割増加する傾向が見られる。発熱速度の増加は、燃え広がり面の拡大速度（火炎伝播速度）の増加と、単位面積あたりの燃焼速度の増加に分けて考えることができると予想される。従って、両者についての物理的なモデル化を行って、区画内での発熱速度の予測式の構築を試みるのが次のステップとなる。

研究成果の実用化を考えると、ウレタンブロックのような単一素材でシンプルな形状のものだけではなく、多種の材料から構成され複雑な形状を有する実在可燃物への適用を考える必要がある。そのためには、自由空間での発熱速度を適切なパラメータによりモデル化し、室内環境からの放射熱のフィードバックによる加速効果を記述する方法を考える必要がある。たとえば、実在可燃物を、総発熱量、単位面積あたりの発熱速度、火炎伝播速度が等価となるウレタンブロックに置き換えて発熱速度を記述しておき、室内からの放射熱のフィードバックに応じてパラメータを変化させて発熱速度を見積る方法が提案できれば実用化が可能であると考えられる。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

現時点ではデータ分析を続行中であり，整理と考察が完了した段階で各種学会の研究発表会および論文集への投稿を計画している。

投稿を計画している学会誌等は下記である。

- ・ 日本火災学会 研究発表会
- ・ 日本建築学会 大会学術講演
- ・ Fire Science and Technology

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部を研究事務課まで提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は，本拠点の成果報告として Web 等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）