

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		自由空間および区画内での立体的可燃物の燃焼性状に関する実験的研究	実施年度 平成24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	
1. 研究の背景および目的 研究の目的・意義： 建築物内で発生した火災の進展を予測する上で、火災初期の可燃物の燃焼性状、特にその発熱量と火炎形状、および火炎から放射される熱量を定量的に把握することは肝要である。これまでも可燃物の燃焼性状の予測を目的とした研究は実施されている。しかし、それら既往研究の多くは、発熱速度をコントロールしやすい液体燃料やガスバーナー、すなわち二次元的な平面火源の実験に基づく知見である。実際に建物内に収納される可燃物には立体的可燃物は多く、従来の平面的火源の知見が適用できるか十分な検証は行われていない。そこで本研究では、立体寸法と周壁との離隔距離をパラメータとして可燃物（ウレタン）の燃焼実験を実施し、基本的燃焼物性値の実験値を考慮しながら、燃焼性状の解析および考察を実施する。 年次計画（達成の目標）（※「継続課題」の場合、平成23年度の達成状況も記述のこと） 平成23年度には、壁際および隅角部に設置したウレタンブロックの燃焼実験を行い、周壁との相互作用により燃焼が加速する効果を観察し、発熱速度を定量的に測定した。その結果、周壁との間に空気流入を阻害しない程度の適度な隙間があると、隙間部分での燃え拡がり速度が増加し、最大発熱速度が極めて大きくなることを見いだした。壁との離隔距離と最大発熱速度の関係には極大値があり、程良い離隔距離の時に最も激しく燃焼した。平成24年には、この知見をさらに一般化し、自由空間における燃焼速度と壁際もしくは隅角部での発熱速度の時刻歴の間に成り立つ一般的関係を調べるために系統的に実験を行う。実験では、5m角フードの下に壁もしくは隅角（直交する鉛直壁）を設置し、ウレタンブロックとの離隔距離を系統的に変化させて発熱速度を測定する。また、燃え拡がりに関わる性状として壁際への火炎の傾斜、火炎プルーム温度分布、放射熱量等を測定し、燃焼モデルを提案するための基礎データを収集する。 本実験施設利用の必要性 本研究では、立体的可燃物の燃焼性状を定量的に把握するために、火炎形状の計測と同時に可燃物の発熱速度を測定する必要がある、燃焼生成ガスの分析は不可欠である。また、可燃物の基本的物性値を測定するためにはコーンカロリメータを使用する必要がある。そのような要件を満たす実験施設の利用が不可欠である。			

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）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

可燃物の燃焼性状は、ファニチャーカロリメータ等により自由空間（周壁等の障害物が無い条件）での発熱速度を測定し、その結果から火災成長率等の特性値として整理されることが多い。しかし、現実の建築空間では壁から離れた場所に可燃物が設置されることは少なく、むしろ壁際や隅角部（壁の入隅部）に設置されることが多い。建築物の火災安全設計では、設置位置を踏まえて可燃物の燃焼性状を予測すべきであるが、実状においては自由空間での発熱速度をもとに壁際での発熱速度を推定することが困難である。

（1）平成23年度の成果と残された課題

上記の状況を踏まえて平成23年度には壁際および隅角部に設置したウレタンブロック（500×500×500mm）の燃焼性状を測定し、離隔距離の影響を調べた。その結果、壁際では離隔距離の影響は比較的小さいが、壁際では影響が大きいことを示した。離隔距離の影響も顕著であり、離隔距離が0mmでは高温化した壁面からの放射熱のフィードバックにより燃え拡がり速度が増加するが、壁に密着している表面への空気の流入が妨げられる。そのため、発熱速度の増加と減少が相殺し、結果として発熱速度の増加は小さくなる。離隔距離が大きくなると、壁面からの放射熱のフィードバックは減少するが、空気流入が増えるので発熱速度が増加する。平成23年度の実験では、隅角部設置では離隔距離が100mmまで増やすと最大発熱速度は単調に増加した。

離隔距離がさらに増加すると、壁からの放射熱のフィードバックが減少すると同時に可燃物への空気流入が自由になるので、燃焼性状は自由空間に近づくはずである。しかし、平成23年度の実験では、離隔距離が100mm以上でのデータを取得することができず、定性的な考察に留まっていた。

（2）平成24年度の成果

平成24年度の実験計画では、離隔距離が100mm以上の条件を追加して燃焼性状を測定した。また、可燃物に対向する壁面からの放射熱の影響が大きいため、これを定量化するため、壁表面温度分布を赤外線カメラで測定し、陰になる部分は熱電対を用いて分布を測定した。また、壁に対向する面の燃え拡がりをCCDカメラで記録した。可燃物と壁の離隔距離は、壁際設置では75～200mm、隅角部設置では150～500mmとした。

実験結果より、壁際設置と隅角設置のいずれにおいても、壁に対向する面の燃え下がり速度が大きく、発熱速度増加の主因であることがわかった。特に隅角部設置では、隅角に近い部分の燃え下がり速度が最も早くなった。

最大発熱速度は、壁際設置では自由空間に比べて約2割の増加が離隔距離200mm程度

まで見られた。最大発熱速度が最も大きくなるのは、離隔距離 10mm の場合であり、この時には急速な燃え広がりに伴って溶融したウレタンの滴下により下部からの燃え上がりが見られた。

隅角部設置では、離隔距離が 100mm の場合に最大発熱速度が最も大きくなった。この時、ウレタンの燃焼により生じた火炎が隅角部に付着し、その結果として隙間部への放射熱が増加して燃え下がりが加速したものと考えられる。離隔距離が大きくなると、壁からの放射熱の影響は徐々に減少し、離隔距離 500mm で自由空間の値にほぼ近くなった。

(3) 燃焼性状のモデル化

自由空間におけるウレタンブロックの発熱速度予測は既報で提案されており、壁の効果を組み込んだ予測モデルを提案する予定である。(詳細は 4 項)

※スペースが足りない場合はページを増やしても構いません。

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(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
セラミックファイバーブランケット	397,950	共同研究者宿泊費	26,000		
ウレタン	58,800				
宅急便代	7,380				
計	464,130	計	26,000	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）

（1）成果の実用化

平成 23 年度および 24 年度の実験結果から、可燃物と壁面との位置関係による燃焼性状の変化を表すデータが得られた。その結果、離隔距離（可燃物と壁の距離）に応じた発熱速度の変化、火炎形状の変化、放射熱の変化について基本的なデータを得ることができた。目下のところ、2 年間にわたり行ったデータを分析し、モデル化する作業を行っている。モデルが完成した段階で、壁際や壁のコーナー部といった現実的なレイアウトにおける可燃物の燃焼性状を定量的に予測することができるようになる。

本研究の成果が実用化されれば、ファニチャーカロリメータで自由空間（周囲に壁等の障害物がない条件）における燃焼性状を測定し、そのデータから建築物の室内の実態に応じた条件での燃焼性状に読み替えることが可能となる。その結果、建築物の性能的火災安全設計における設計火源の想定を大幅に合理化できると考えている。

（2）将来の研究開発テーマの提言

本研究では、不燃性の壁近傍にある可燃物の燃焼性状を取り扱った。この近似は、内装制限が適用される建物では有効であるが、可燃性材料のニーズが高い建物（例：飲食店、コンサートホール）には適用できない。

そのため、可燃物の燃焼に伴い、近傍の壁に着火する条件でのモデル化が必要となる。着火した可燃性壁面の燃焼と、近傍の可燃物の燃焼との相互作用を考慮したモデル化を行えば、より一般的な状況での燃焼性状の予測が可能となり、建築物の性能的火災安全設計における設計火源としての利用が期待できる。

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）

平成 24 年度の研究成果は、下記にて発表する予定である。また、データ分析をさらに進めて、論文雑誌への投稿を計画する。

[1] 池正熏、原田和典、大宮喜文、野秋政希、申易澈、壁と可燃物との離隔距離による熱フィードバックの変化が可燃物の燃焼に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会大会、2013 年 8 月（発表予定）

また、本研究課題は平成 23 年度からの継続であり、平成 23 年度実験の成果の一部を下記にて発表した（発表予定を含む）。

[2] 池正熏、井戸和彦、原田和典、大宮喜文、野秋政希、「周壁からの熱フィードバックを考慮した立体可燃物の燃焼性状に関する研究」、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集, pp. 296-297, 2012 年 5 月 22 日

[3] 池正熏、井戸和彦、原田和典、大宮喜文、野秋政希、「周壁からの熱フィードバックを考慮した立体可燃物の燃焼性状に関する研究」日本建築学会近畿支部研究報告集, 第 52 号・環境系, pp. 209-212, 日本建築学会近畿支部, 2012 年 6 月 16 日

[4] 池正熏、井戸和彦、原田和典、大宮喜文、野秋政希、「周壁からの熱フィードバックを考慮した立体可燃物の燃焼性状に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp.161-162, 2012 年 9 月 14 日

[5] Junghoon Ji, Kazuhiko Ido, Kazunori Harada, Yoshifumi Ohmiya, Masaaki Noaki, “An Experimental Study on Fire Spread over Polyurethane Block Receiving Heat Feedback from Adjacent Walls”, The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Oct., 2012

[6] Junghoon JI, Kazuhiko Ido, Kazunori Harada, Yoshifumi Ohmiya, Masaaki Noaki, “A simple model for burning of combustible items close to a wall and corner of wall”, 9th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, Gwang-Ju, Korea, Oct., 2012

[7] 池正熏、井戸和彦、原田和典、大宮喜文、野秋政希、周壁からの熱フィードバックを考慮した立体可燃物の熱流束の予測に関する研究、日本火災学会平成 25 年度研究発表会、2013 年 6 月（発表予定）