

研究種目：若手研究（B）
研究期間： 2007年度～2010年度
課題番号：19710158
研究課題名（和文） アクティブ制御風洞を用いた大規模広域火災時の空中投下水散布最適化に関する研究
研究課題名（英文） Optimization of air-dropped water for aerial firefighting against urban fire in active controlled wind tunnel
研究代表者
菊川裕規（KIKUGAWA Hironori）
大分工業高等専門学校・機械工学科
研究者番号：70321528

研究分野：複合新領域
科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，自然災害科学
キーワード：自然災害予測・分析・対策，広域火災

1. 研究計画の概要

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災では、地震時の交通混乱や水利不足のため消防効果を発揮できず広域火災に発展した。現在でも、殆どの都市が木造密集地帯を抱えており、かつ地震発生度の高い都市が多いため広域火災の危険性が少なくない。このような状況下において空中からの消火活動、とりわけ滑走路が不要で空中停止できるヘリコプターからの空中散布水は非常に有効な消火手段である。しかしながら気象条件や地形特性などの自然環境、および火災規模や延焼速度などの火災状況に対応した最適な散布方法、投下位置、投下水量などは未だ明確にされていない。

これまで研究代表者は、複数の送風機と振動翼をアクティブに制御し種々の気象条件を再現できる形式のアクティブ制御乱流風洞の開発を行ってきた。そこで、本風洞を用いて種々の気象条件に対する最適な水散布条件の基礎資料を提供できるものと考え本研究に着手した。

平成11年11月に大分市にて行われた自治省消防研究所（当時）主催の実大規模実験「市街地火災時における空中消火の延焼防止効果に関する研究」に共同研究者として応募者も参加した。本実験にて、実規模における消防ヘリコプターからの散布水性状、散布水の地表面における衝撃度、延焼防止効果等についての基礎データが得られたが、更なるデータを得るためには広大な場所や莫大な予算を必要とするため、以後実大規模実験は行われていない。

そこで、実規模実験より容易にしかも同等の結果が得られる小規模な模型装置を提案

し、実規模実験との相似性を検討するための研究を行った。本研究は、平成13年度および14年度の科学研究費補助金（奨励Aおよび若手B，課題番号13780378）より資金援助を受けている。本研究にて模型ヘリコプターを用いたダウンウォッシュ中における投下物の挙動について支配されている物理法則を明らかにし、実規模実験との相似性を明らかにした。また、数値解析ソフトを用いて数値シミュレーションを行い、空中投下物の挙動について実規模実験および模型実験と比較することで相似則の妥当性が検証できた。その後、平成15年度より16年度にかけて文部科学省在外研究員として米国コロラド州立大学にて新型アクティブ制御乱流風洞と従来型境界層乱流風洞の乱流特性に関する研究を行っていたため本研究は中断していた。

しかし近年の大規模地震に対する防災意識の高まりを受け、大規模広域火災時の空中投下水散布性状に関する研究を進展させる計画である。明らかとなった相似法則に基づいた模型を用いて、アクティブ制御乱流風洞中にて種々の気象条件を再現し、変動する気流が空中投下水の挙動に与える影響について調べる。また、気象条件による投下水の粒径の変化と地表面への衝撃度の関係について明らかにし、散布水性状を明らかにする。さらに、火災を模擬した火炎中に空中より水を投下することで消火の効果および延焼防止効果について調べ、最適な空中投下水散布条件を提案する。本研究により実大規模実験における多大な費用、実験場所、時間と人員等の制約を受けることなく、空中消火に関する基礎資料を提供できるものと期待できる。

2. 研究の進捗状況

平成 19 年度は、水の投下状態を再現し実規模実験との相似性を明らかにすることとした。まず、噴霧装置から水を噴射させることで散布性状の再現を行った。水滴の落下速度を基準として、重力の影響を表すパラメータであるフルード数を一致させることに着目した。次に、消火水タンクを模擬した噴射タンクより散布水が拡散する様子の再現を行った。液滴の境界面に働く慣性力と表面張力の比を示すウェーバー数に着目し、高速カメラにより流れの様子を検証した。さらに、風洞から気流を当て、ヘリコプターが飛行している状態を再現する実験を行った。その結果、ウェーバー数に着目して相似則を検討すれば、実機からの水散布性状をよく再現できることが明らかとなった。

平成 20 年度は、空中投下水が地表面に落下した際の衝撃度について、模型実験による相似法則の検証を行い、衝撃度の緩和方法について検討した。市街地火災において、空中からの投下水が地表面に落下した際の対象構造物への衝撃度および人的被害が懸念されているため、消火効果を保つと共に衝撃度の緩和が重要課題である。そこで、実規模実験で得られた衝撃度を模型実験にて再現することで相似法則の検証を行い、衝撃度の緩和方法について検討を行った。高速カメラおよび衝撃荷重計を用いて、水塊の崩壊現象の様子を解析し、衝撃度の緩和に寄与する要因を明らかにし、気象条件の違いが空中投下水の挙動に与える影響について調べた。

平成 21 年度は、縮尺模型を用いた燃焼実験と消火実験を行った。まず、木材クリブを用いた模擬家屋を製作し、燃焼させて温度変化と燃焼過程を観測する実験を行った。木材クリブの重量は体積比で一致させ、模擬家屋に設置した熱電対を用いて点火後の温度変化を計測した。火炎が広がった後模擬家屋が自然鎮火するまでの変化の様子を熱電対およびビデオカメラを用いて観測した。次に、相似則を一致させるために固体壁と流体の熱伝達に関する無次元数としてスタントン数に着目し、空中投下水の散布時間および水量を設定して模擬家屋による消火実験を行った。その結果、相似則を考慮した模型実験により実規模実験に近い消火効果を再現することが確認できた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 平成 19 年度は水散布の様子について実大規模実験が再現できるような相似性を明らかにし、相似法則に基づいた模型を用いて、アクティブ制御乱流風洞中にて種々の気象条件における水散布の様子を再現する計画であった。当初の計画どおり、水散布の

様子に関する相似性を明らかにし、風洞を用いて気象条件による違いを確認した。

平成 20 年度は投下水の散布範囲、散布密度、水滴粒径分布、地表面への水滴の衝撃度等の関係を明らかにする計画であった。計画どおり、特に水滴の衝撃度の重要性に着目し、相似則の検証を行い、衝撃度の緩和に寄与する要因について明らかにした。

平成 21 年度は火災を模擬した火災中に空中より水を投下することで消火の効果および延焼防止効果について調べる計画であった。計画どおり、火災を模擬するための相似法則について検討し、空中からの散布水の投下による消火の効果を模型実験によって検証した。

4. 今後の研究の推進方策

平成 22 年度はアクティブ制御乱流風洞中にて気象条件を変化させたときの火災の延焼と空中からの投下水による消火の効果および延焼防止効果を明らかにし、最適な空中投下水の散布条件を提案する。更に大規模市街地火災を想定した火災状況を模型実験にて再現し、最適な空中投下水散布方法を提案する。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 1 件)

① T. Konishi, H. Kikugawa, Y. Iwata, H. Koseki, K. Sagae, A. Ito, K. Kato, Aerial firefighting against urban fire: Mock-up house experiments of fire suppression by helicopters, Fire Safety Journal 43, pp. 363-375, 2008. 査読有り

[学会発表] (計 3 件)

① H. Kikugawa, T. Konishi, K. Hirano, Scale modeling of air-dropped water for aerial firefighting against urban fire, Sixth International Symposium on Scale Modeling (ISSM-6), 2009年9月14日, Kauai, Hawaii, U. S. A. 査読有り

② 菊川裕規, 平野啓太, 漆間広太: 大規模火災時の空中投下水散布最適化に関する実験的研究, 日本火災学会 年次研究発表会, 2008年5月22日, 神戸大学 査読無し

③ 平野啓太, 菊川裕規: 大規模火災時の空中投下水散布最適化の実験的研究, 日本機械学会 九州学生会発表会, 2009年3月9日, 九州工業大学 査読無し