

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：31103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24651191

研究課題名(和文) 震災時の都市火災拡大防止のためのマイクログリッド消火システム用消火法の開発

研究課題名(英文) Development of micro grid fire extinguishing system for preventing the city fire spread

研究代表者

工藤 祐嗣 (KUDO, Yuji)

八戸工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80333714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災の際に同時多発的に発生した津波に起因する火災および瓦礫等による活動障害により、いくつかの市街地火災が発生した。このような火災を防ぐためのマイクログリッド消火設備を著者らは提案している。本研究では小型パッケージ型消火設備としての利用を想定して提案している植物性バイオマスを使用した泡消火法の消火性能を実験的に調査することを目的とする。特に燃料種および消火ガス種を変えたことによる消火性能変化に着目した。消火ガスとしては窒素ガスが最も適当であり、燃料はn-ヘプタンおよび灯油では消火できたが、その消火挙動は異なった。この原因を明らかにするため燃料液面での熱的検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In the Great East Japan Earthquake that occurred in March 2011, many fires were occurred. If fires occur in multiple and simultaneous due to the tsunami, there are cases where firefighting cannot keep up. As a countermeasure, we have proposed placing the small package type fire extinguishing equipment to each household. We have proposed plant biomass foam extinguishing method. This extinguishing method is assumed to be used for small packaged extinguishing systems for installation in general residential.

When using a vegetable oil or kerosene as fuel, extinguishing time is decreased as compared with the case of using as a fuel n-heptane. In a high boiling point fuel case, much foam was collapsed. Because the radiation intensity from high boiling fuel flame to foam is higher than n-heptane flame. Then, the heat balance in the condensed phase was examined. This result shows that the cooling of condensed phase is more important for extinguishing a high boiling point fuel fire.

研究分野：燃焼工学 / 火災安全工学

キーワード：消火設備 泡消火 環境にやさしい消火法 震災対策

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北太平洋沿岸に大きな被害を与えた。その被害のほとんどは大津波によるものであったが、地震と津波に伴う火災被害も発生し、阪神淡路大震災時の神戸市と比較しても約7倍の出火率であったことが報告されている¹⁾。東北地方では暖房用に小規模の危険物保管施設(ホームタンク)が設置され、これが地震によって転倒し火災に発展、さらに津波によって流され延焼する危険性も報告されている²⁾。市街地の戸建住宅や小規模店舗などで発生した火災は、通常時であれば消防が駆けつけ消火を行うが、大震災時には火災の頻発、倒壊家屋等による消防隊進入路の封鎖、ライフライン被害による消防水利、消火栓の使用不能などが発生し、通常の消防力が期待できない。消防力が期待できない状況下では、建築物が自動消火設備を有していれば火災拡大を食い止める可能性があるが、現状では自動消火設備には多額の設備投資が必要であり、特に停電時でも稼動するよう自家発電設備が求められるなど、個人住宅や小規模建築物に適用可能な自動消火設備は少ない。そこでライフラインが絶たれた状況下でも作動する安価で小型のパッケージ型消火設備を開発し、これを多数の建築物に設置することで市街地全体の防火性能を上げる「マイクログリッド型消火システム」の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、戸建住宅や小規模な商店、飲食店等に設置できる小型パッケージ型消火設備の構築に欠かせない、無電源かつ自動の消火法の開発である。東日本大震災では、地震や津波によって消防機能が完全に麻痺した状態で市街地火災が発生し、大規模な市街地火災へと発展した。建物自体の耐火性能が低い既存の戸建住宅等では、消防隊の機能が完全に失われた状態で火災拡大を食い止める方法はほとんどない。そこで建物に初期火災程度は消火可能な安価な消火設備を設置し、これを多数普及させることで消防隊の消火活動に期待できない状況下でも市街地火災の拡大を食い止める「マイクログリッド型消火システム」を提案し、この提案に不可欠な無電源小型パッケージ型消火設備に適用可能な消火法の開発を本研究の範囲とする。

3. 研究の方法

本研究では、燃料種の違いによる消火性能の確認実験、小型区画を用いた消火システムの消火実験について行う。本研究で提案する複数の消火原理を組み合わせた消火法のため、燃料種による消火性能の違いがどのように現れるのか、確認するための実験的研究を実施する。図1に実験装置の概要図を示す。発泡ノズルはしんちゅう製であり、深さ60mm、直径40mmのキャビティ内に泡基剤

および発泡用ガスを供給し、両者を混合させることで発泡させる。ノズル内部には泡基剤と発泡ガスを混合させ、ガス流速および圧力の急速な変化を避けるためにスポンジを充填した。泡基剤と発泡用ガスは流量計にて流量を調整し発泡ノズルに供給した。植物性バイオマス泡基剤としては市販の発泡酒(キリン淡麗W)を使用し、添加剤には食品用天然界面活性剤であるキラヤニン s-100 を0.5wt%加えた。泡基剤の供給速度は0.3L/min一定とした。消火ガスには過去の実験でもっとも消火時間の短かったN₂を使用した³⁾。消火ガスの供給速度は6L/minとした。泡基剤および消火ガス流量は、既報³⁾で報告した本実験で用いるノズルの最適値として得られたものである。使用する燃料はn-ヘプタン、灯油、てんぷら油である。燃料容器下面に燃料ホースを接続し、外部に設置した燃料タンクと接続し、ラボジャッキで高さを調整することで燃料液面を一定とした。外部に設置した燃料タンクの重量を電子天秤で測定し、燃料消費速度を算出した。消火実験は以下の要領で行った。内寸210mm×210mm×100mmで上部解放の実験区画中央に火源として直径85mmのプール火災を置き、上向きに設置した発泡ノズルより発泡した泡が、泡供給用の通路を通り区画の一隅に落下し、区画全体へと広がる。区画床面に広がる泡により消火する様子を区画真上および側方よりデジタルビデオカメラで撮影し、消火時間は消火泡が火源容器縁に到達してから消火を達成するまでの時間とした。なお、泡放出後5分以上消火できなかった場合は消火失敗とした。実験は同じ条件で10回行った。

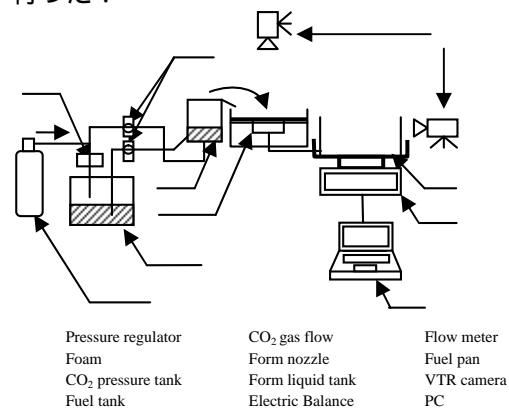


図1 実験装置

4. 研究成果

(1) 消火時間および消火挙動

図2に燃料種を変化させた場合の消火時間の変化を示す。横軸を燃料の沸点とし、縦軸を消火時間とした。燃料にn-ヘプタン(沸点100)および灯油(沸点約250)を使用した場合には、概ね20秒程度で消火することができ、比較的安定した消火ができた。しかし、燃料にてんぷら油(沸点約360)を用いた場合には、消火時間は短いものの、泡が一瞬にして崩壊し、火源を被覆することはできなかった。また、高温の燃料に触れた泡が一気に体積膨張することで可燃性ガスおよ

び高温の燃料を周囲に弾き飛ばし、消火挙動として極めて危険であった。よって本実験の発泡条件ではてんぷら油火災の消火には不適であると判断され、さらに発泡倍率の高い“乾いた”泡にするなどの改善が必要であることがわかった。よって燃料にてんぷら油を用いた実験では、消火時間の測定以外は行わなかった。

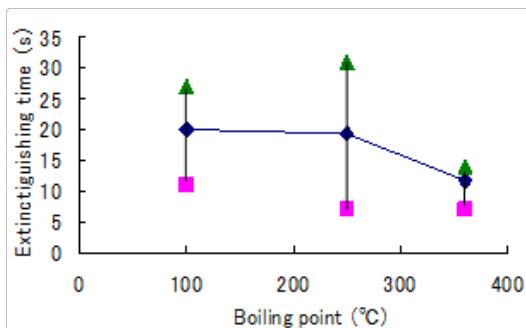
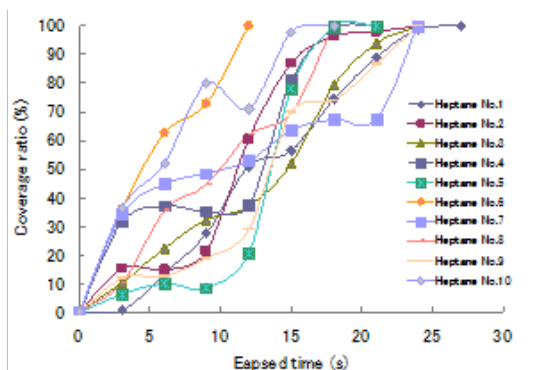
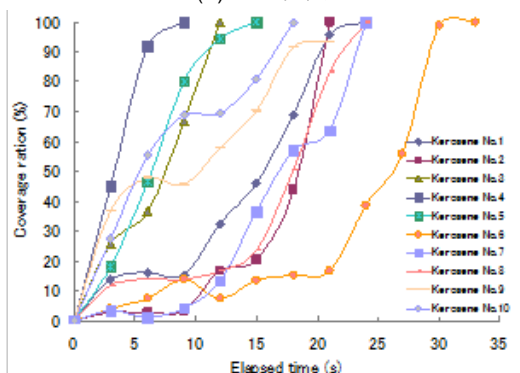


図2 消火時間

図3に消火中に火源表面積に対して消火泡が被覆できた面積の割合を示す被覆率の時間変化を示す。グラフには、10回実施した全ての実験データを記載した。図3(a)に示した燃料にn-ヘプタンを用いた場合、半分程度火源を被覆したところで、一旦被覆率の増加速度が低下する現象が見られる。これは区画のある一点から投入された消火泡が火源表面へ向けて展開する場合、その幾何的關係から被覆率50%程度で火源を横切る泡先端の長さが最大となり、泡流量一定の条件では泡先端速度の移動速度が最小となるためである。一方、図3(b)に示す灯油の場合には、燃料表面温度がn-ヘプタンと比較して高いため、火源へ投入された消火泡が蒸発してしまい、特



(a) n-ヘプタン



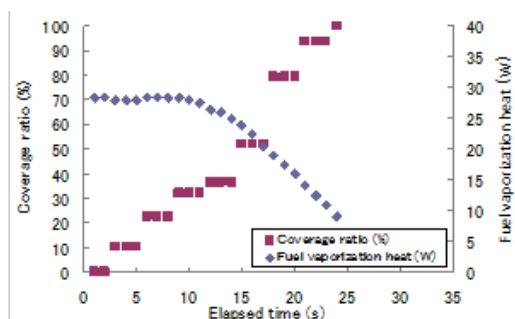
(b) 灯油

図3 被覆率の時間変化

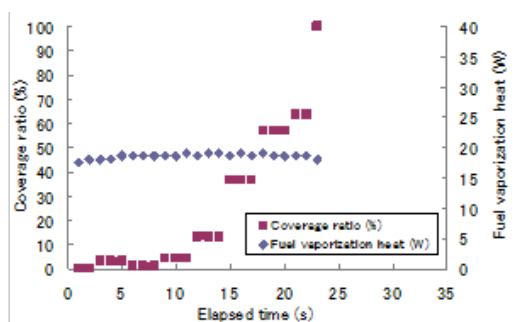
に消火初期において被覆率の増加速度が低くなるケースがあることがわかった。このような消火挙動の違いは、本消火法において、消火泡が含む不活性ガスを放出した後、つぶれた泡が蒸発する際に火源の熱を奪う熱的効果も消火効果として期待できると考え、以下の検討を行った。

(2) 消火に及ぼす熱的効果の検討

燃料種を変えた消火実験の結果より、消火時の燃料の重量減少速度の測定を行い、この結果より消火に及ぼす熱的効果の検討を行うこととした。実験では燃料の重量減少速度を測定しているため、常温の燃料が沸点に達するまでの顕熱と沸点に達した燃料が蒸発するための潜熱を合計した値を燃料の蒸発に要した熱量とし、消火中に燃料の蒸発に要する熱量が変化していくか調べた。図4は火源の被覆率と燃料の蒸発熱を比較した図を示す。図4(a)は燃料にn-ヘプタンを用いた場合であり、火源の被覆率が40%程度に達したあたりで燃料の蒸発熱の減少が始まり、被覆率の増加に伴って蒸発熱の減少が続く。一方、図4(b)に示す灯油の場合には被覆率の増加に対して、燃料の重量減少速度の減少が顕著に見られず、よって蒸発熱も低下しない。



(a) n-ヘプタン



(b) 灯油

図4 被覆率と燃料の蒸発熱量の比較

この原因を明らかにするため、消火泡の崩壊率を算出する手法⁴⁾を用いて消火泡が蒸発する際に持ち去る熱量 Q_{col} を求め、燃料の顕熱 Q_{fs} と比較した結果を図5に示す。灯油の場合には燃料表面温度が高く消火泡の蒸発量が大きいのが、燃料自体が持つ顕熱も大きく、消火泡の蒸発熱が占める割合はn-ヘプタンの場合に比べ小さい。このため、燃料の十分な冷却ができず、重量減少速度の顕著な減少

が見られないものと考えられる。

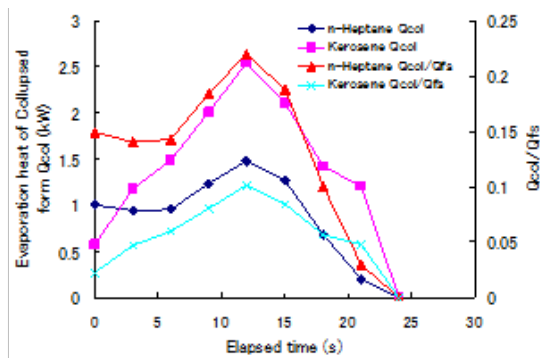


図5 Q_{col} および Q_{col}/Q_{fs} の時間変化

< 参考文献 >

- 1) 関澤, 火災, No.313, pp.12-17.
- 2) 廣井, 山田, 坂本, 火災, No.313, pp.18-22.
- 3) 工藤, 植物性たんぱく泡を用いた泡消火法の消火性能, 平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.98-99, (2012).
- 4) 工藤, 植物性バイオマス泡消火法における消火ガスによる消火性能の変化, 平成 25 年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.138-139, (2013).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 5 件)

工藤祐嗣, 植物性バイオマス泡消火法でのガス種による消火性能の変化, 日本火災学会平成 25 年度研究発表会, 2013 年 6 月 8 日~9 日, 熊本大学工学部(熊本)

林達也, 工藤祐嗣, 植物性バイオマス泡消火法における燃料種による消火性能の変化, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2013, 2013 年 10 月 19 日~20 日, 弘前大学ルイ工学部(弘前)

工藤祐嗣, 植物性バイオマスを用いた泡消火法の開発, 青森県産業技術センター・八戸工業大学研究交流会, 2014 年 3 月 14 日, 八戸工業大学(八戸)

工藤祐嗣, 植物性バイオマス泡消火法での燃料種による消火性能変化, 平成 25 年度美本火災学会研究発表会, 2014 年 5 月 27 日~28 日, 東京理科大学森戸記念館(東京)

Y. Kudo and K. Yamamoto,

Extinguishing Performance of Plant Biomass Foam Extinguishing Method, 35th International Symposium on Combustion, WiPP, 081FR-0069, August 3-8, 2014, San Francisco, California, USA

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤祐嗣 (Yuji KUDO)

八戸工業大学大学院・工学研究科・准教授

研究者番号: 80333714