

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		実 施 年 度
		2021 年度
研究代表者	所属	株式会社イルカカレッジ
	氏名	朝山規子
	問合せ先メールアドレス	noriko@iluka.co.jp
共同研究者	氏名・所属・職	石倉知男 株式会社イルカカレッジ 技術営業課長 太田垣二郎 株式会社カシワテック 技術顧問 鈴木陽介 株式会社カシワテック 筑波工場開発部副部長 土居顕吾 ジェット商事株式会社 東京支店支店長
受入担当責任者	氏名	松原美之 教授

1. 研究の背景および目的

近年世界中で森林火災が大規模化している。林野火災の消火には主に航空消火が行われるが、高度が高いと消火水は霧散し地上に届きにくく、地上からの放水を行っても水は地表に留まらないことから大量の水が必要となり、また再燃し易い。そこでイルカカレッジでは、消火水を即座にゲル化する粉末状のゲル化消火剤を開発した。このゲル化消火剤を消火水に溶かしたゲル状消火剤は保水力や付着力が高く、放水した箇所で留まる性質があるため、消火水を有効に活用し、延焼を最小限に囲い込むことができる。急斜面の立木や建造物等を保湿し延焼防止効果が既に確認されている。本研究ではこのゲル化消火剤の消火効果を屋内実験施設によって定量的に明確化するために必要とされる基礎的データを獲得、吸熱温度や量をはじめ、放水収率・保湿効果などを検証し、既存の背負い式水囊やポンプに適合させ、早期消火と延焼防止に役立てることを目的とする。

2. 利用施設及び利用日

- ・ 排煙フード装置 （2022 年-4 月 8 日）
- ・ 重量計 （2022 年-4 月 8 日）

3. 実験方法・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。

試験 1 ゲル消火剤の消火能力を水と比較するために注水ノズルによる木材クリブの消火

実験を実施した。

(1) 実験装置の説明：

実験装置は高橋哲先生の博士論文（固体火災の消火機構に関する研究、昭和 63 年 10 月）を参考にし、基本的にはこれを再現した（図 1）。木材クリブの仕様は 30mm×30mm×450mm×4～5 列×8 段であり、この木材クリブを電子秤上の架台に設置し、木材クリブの上には注水ノズル、下には点火用のヘプタントレイを配置した。注水ノズルとヘプタントレイは木材クリブとは別の架台で配置し、電子秤には載らないようにした。注水ノズルの列数は、木材クリブが 4 列と 5 列が交互に積み重ねられていたことより 9 列とし、全ての木材クリブに消火剤が滴下するようにした。また、ゲル化剤の成分は多糖類であり、注水量が少ない条件においては注水ノズルの内部で多糖類が熱分解し孔を閉塞する恐れがあることから、孔は上向きとした。これは、低流量条件における滴下分布の均質化にも寄与した。



図 1

(2) 実験方法の説明：

クリブを燃焼し、着火前と比べて20%重量減少したところで消火剤の注水を開始した。注水速度を変化させて消火時間（炎がなくなることを確認するまでの時間）との関係を比較した。

(3) 結果：

A) 下図に示すようにゲル消火薬剤を使用した場合、水を使用した場合に比較し有意に消火時間は短くなった。注水量0.6 L/min では半分以下の時間で消火できた。

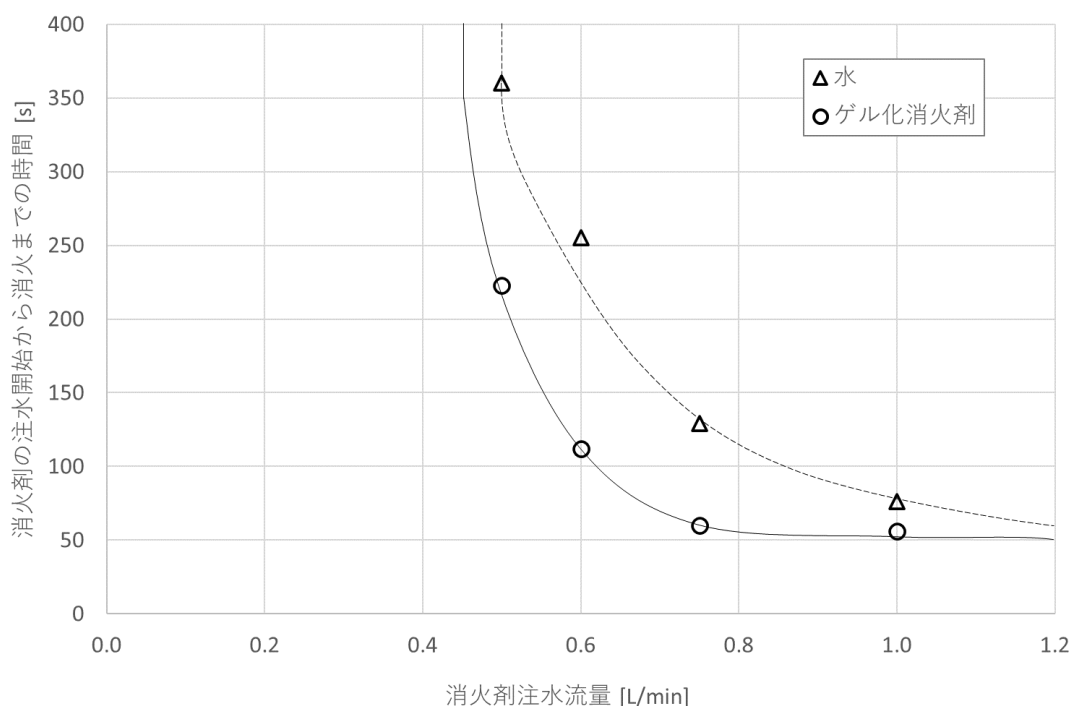


図 2

B) 消火薬剤の供給速度と消火時間の間には図3の関係がなりたつことが知られており、消火能力は、消火時間の他、限界供給速度（有限時間内に消火することが可能な最低供給速度）によっても評価できる。

消火実験の結果から、注水速度が0.5 L/min のとき、水では消火不能であったのに対して、ゲル消火薬剤の場合は223秒で消火できており、限界供給速度が小さく、消火能力が水より高いと判断できた。

C) 最後の炎がなくなるまでの消火時間に大差が見られない場合でも、目視観測によ

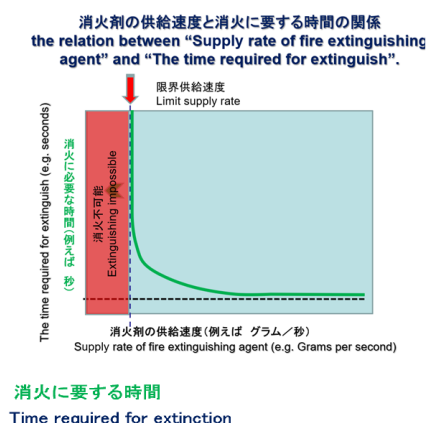


図 3

ると、あきらかに火勢が弱まる速度はゲル消火剤の方が早いと感じられた。消火の速さを示す尺度として「ノックダウン時間」「90%制御時間」が用いられていることに鑑み、熱画像から200℃以上の領域（放射が卓越している領域）の面積が20%になるまでの時間を測定してみた。毎分1Lの結果は、ゲル消火剤の場合30秒となり、水より消火速度が早い事が分かった。

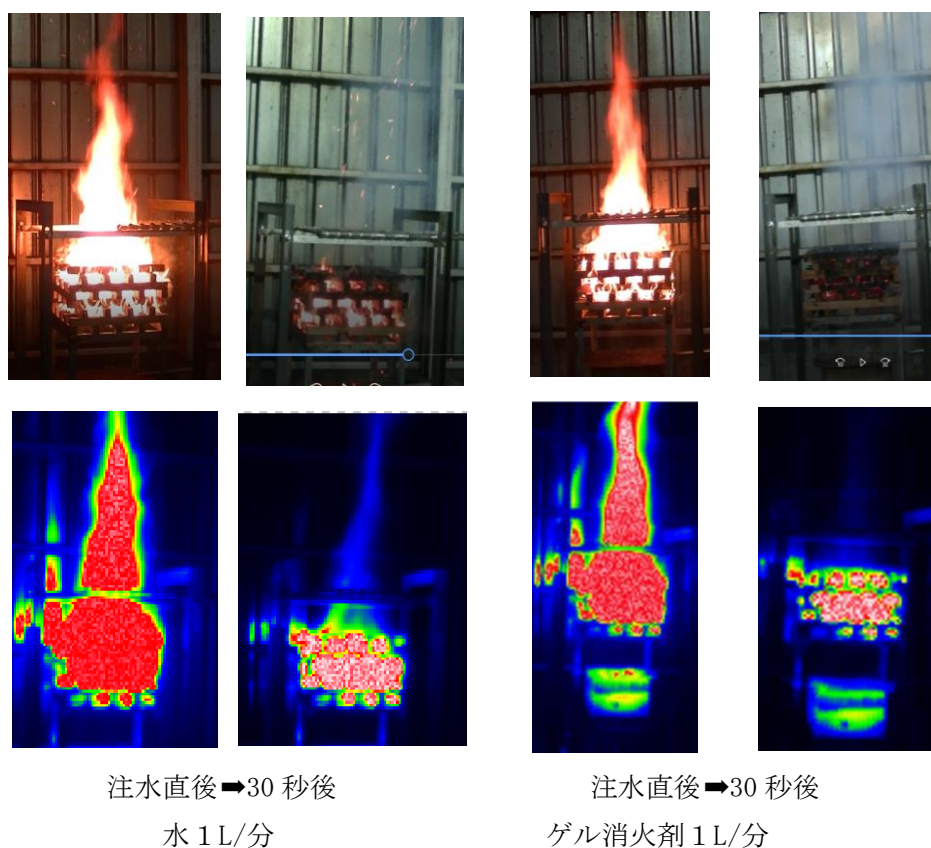


図 4

実験 2 延焼抑止能力を比較する実験を実施した

(1) 実験装置・方法の説明

図*のように、おなじクリブ（30mm×30mm×450mm×4～5列×8段）を燃烧床（1000×2000寸法の SUS パンチングメタル（φ2×3 1t））の上に3つ並べ、中央のクリブは点火用とし、両側のクリブは延焼クリブとした。中央のクリブにヘプタン火皿で点火し、火勢が安定したところで左右に異なる消火剤を散布した木材クリブを置いて延焼の進み方の違いを観察した。クリブへの消火剤の散布は、ハイガー産業社の噴霧器（HG-KBS16L）を用いた。



図5 木材クリブを用いた延焼試験
 ゲル消火剤を散布したクリブ 水を散布したクリブ

- (2) 結果：クリブの1本目、2本目、3本目が発火するまでの時間はゲル：水で
 4 2秒：水7秒、8 6秒：1 4 3秒、1 7 0秒：2 6 8秒とゲル消火剤を散布した側
 が、明らかに着火時間が遅くなった。

実験3：ジェットシューターに入れたゲル消火剤を用いた消火実験

- (1) 実験の説明：着火後クリブが40%重量減少した時点（これまでの経験で消火が困難となる条件）で消火開始。
- (2) 結果：30回の噴射で消火出来、所要時間49秒で再燃しなかった。これまでの水、ジェットシューターでは消火が困難な条件下で容易に消火が可能であることが示された。

試験4：ジェットシューターを用いた、木材クリブに対するゲル消火剤と水の消火性能比較

- (1) 実験方法の説明：着火後クリブが40%重量減少した時点（実験3に合わせた）で消火開始。ゲル消火剤による消火実験を実施し、その際の必要使用量（ベストエフォート値を測定）。次いでジェットシューターを2個満水に充填。水のベストエフォート値を測定し、消火までの水量と消火後の再燃状態を比較。
- (2) 結果：ゲル消火剤のベストエフォート値は2. 3 6 kg。水は2. 3 1 kgで消火したが、再燃し2個目のジェットシューターで3. 6 7 kg使用し、合計5. 9 8 kgの使用となった。ジェットシューターを用いた消火方法は、至近距離で消火出来る前提になるため、水もゲル消火剤も消火に要する時間は大差がなかったが、ゲル消火剤は再燃しにくいことがわかった。

試験5：乾燥藁の延焼抑制効果の評価試験（単位面積当たりの必要散布量の調査）

- (1) 実験方法の説明：
 パンチングメタル燃焼床の上に乾燥藁5 kgを敷いて水とゲル消火剤を反面ずつに散布し、燃焼床の中央に点火用の小クリブを置いて延焼面積を比較した。消火剤の散布量を

5 kg・1 kg・0.5 kg とかけない場合の計 4 回行い、散布量と延焼抑制効果の関係を調査した。乾燥藁への消火剤の散布は噴霧器（HG-KBS 電動加圧式 16 L）にて行った。

小クリブは 8 cm 径の容器内のヘプタンに着火、その炎上に小クリブを置き、1 分経過後に着火延焼している小クリブを燃焼床の中央に置いた。

(2) 結果：

散布量が 5 kg のときには水の延焼面積が 0.07 m² に対してゲル消火剤は 0.01 m² で、共にそれ以上延焼せずに火種が消火した。散布量は 1 kg では、水は 0.72 m² でほぼ全体に延焼したのに対して、ゲル消火剤は 0.08 m² のみで延焼を抑止した。

散布量が 0 kg の時には全面に延焼したので、100%の面積（1 m²）をプロットし、上記 5 kg と 1 kg の試験は延焼が完全に落ち着くまで試験を継続した。散布量が 0.5 kg の時の試験は、燃焼床のパンチングメタルが途中で変形したことから、変形した時間（燃焼開始後、約 20 分）で終了とした。

補足：より細かく試験を行うと、注水ノズルの場合と同様に、下限にしきい値が存在するのかと思えた。上記の理由で 0.5 kg の時の水側の値（延焼面積）はグラフ上にプロットしたが、曲線の作成には寄与せず、ゲル化消火剤は延焼を停止していたので曲線作成に含めた。

グラフ2 ゲル化消火剤の藁の延焼抑制効果

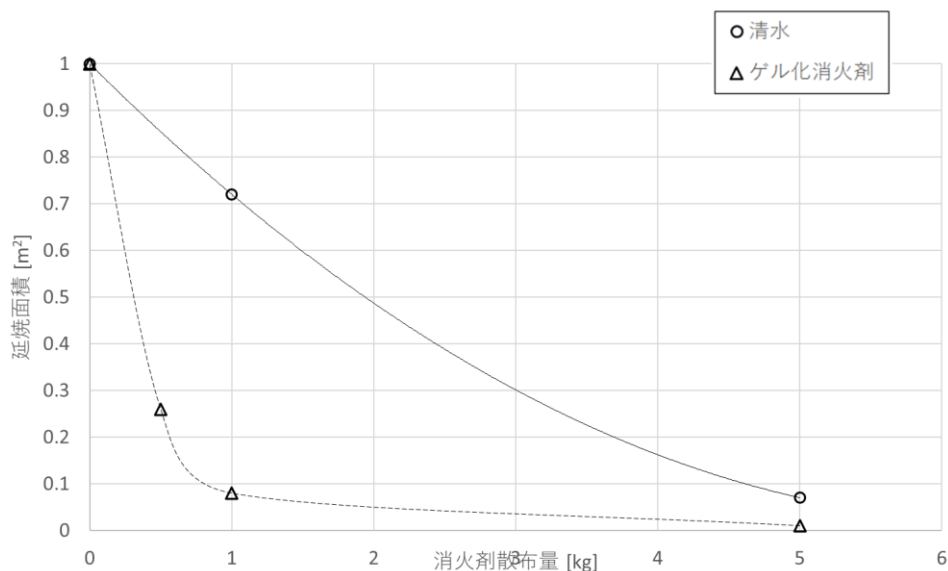


図 6

条件	消火剤散布量 [kg]	水側の 延焼面積[cm ²]	ゲル化水側の 延焼面積[cm ²]	わら重量[kg]
わら延焼実験 (水/ゲル化水散布量：5L)	5	0.07	0.01	5
わら延焼実験 (水/ゲル化水散布量：1L)	1	0.72	0.08	5
わら延焼実験 (水/ゲル化水散布量：0.5L)	0.5	0.71	0.26	5
わら延焼実験 (水/ゲル化水散布量：0L)	0	1	1	5

←※①

図 7

※①散布量が 0.5L の条件では熱ひずみによりゲル化消火水を散布した側のパンチングメタル燃焼床の変形が生じたため、途中で試験を中止した。中止時点の値であり、試験データとしては採用していない。

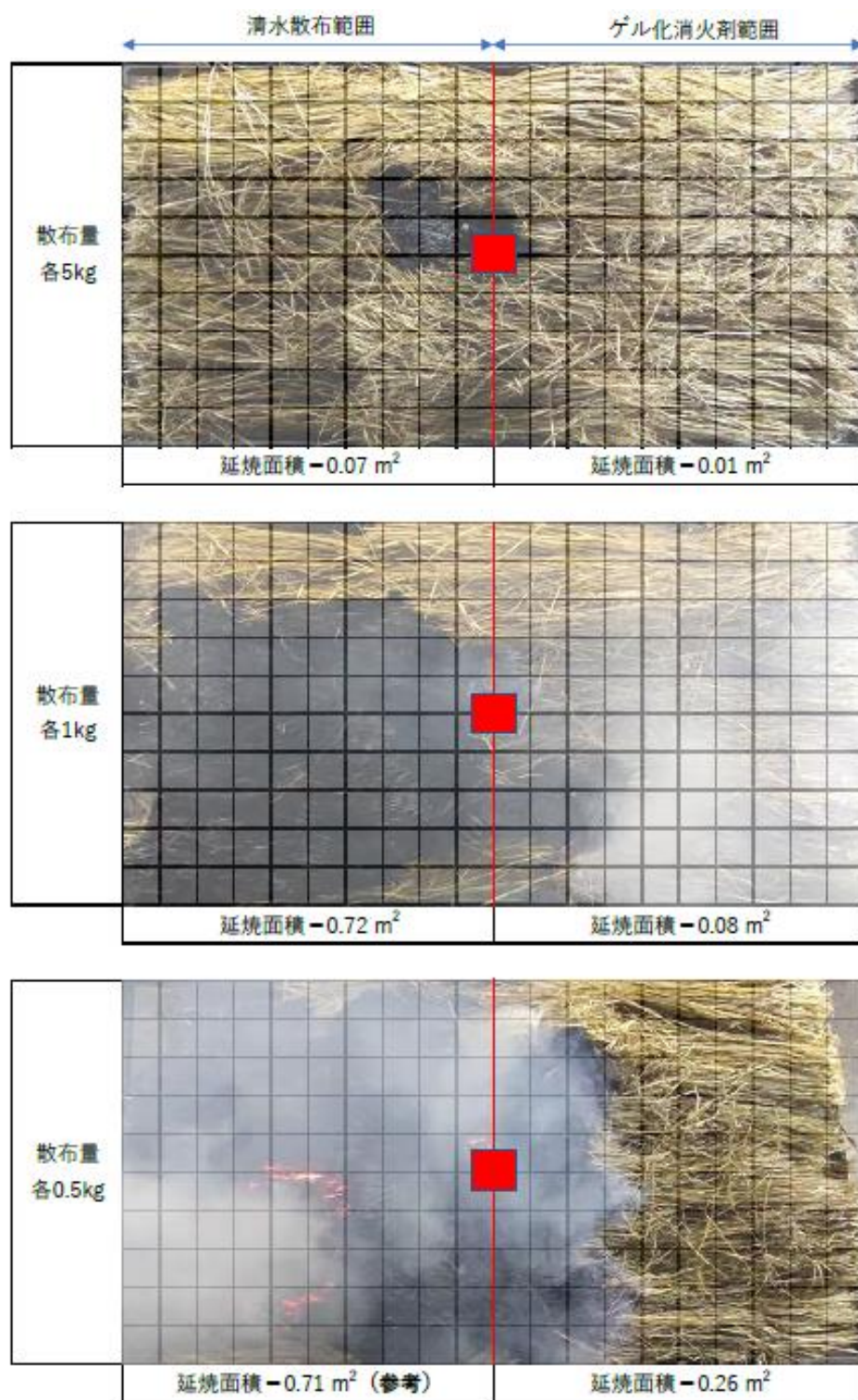


図 8

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

近年乾季の山林火災が大規模化する傾向にあり、消火剤や消火方法の見直しがされており、延焼を最小限に抑える消火剤が求められている。今回の成果を総務省消防庁、各県消防関係

者、林野庁、防衛装備庁などに報告し、森林消火の現場に試用してもらい、多くの現場で実装備してもらえるところを目指す。これまでの研究では消火剤の使用量や効果の範囲が明確に表せていなかったが、今回の基礎データを消防関係者に共有し実運用での有効性を発揮できるよう展開していきたい。

今回の基礎研究で得られたゲル化消火剤の特性を活かした放出器具の改良や推奨器具を一緒に提供できるよう、共同研究者他との連携を取りながら応用製品を開発していく。

日本を含めて伝統的な山焼きの作業に起因する山火事も世界中に多く発生している。今回の基礎実験の成果をもとに広島県の安芸太田町で事前散水に使用し、延焼範囲の囲い込みに成功し高評価を受けた。このような事例を本研究成果と共に公表し山火事を未然に防ぐこと、最小限に抑えることに寄与できるよう展開していく。

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）

林野庁主催の緑と触れ合うフェスティバルに参加し、林野関係者に情報共有を行う予定。今後考察を重ね学術誌への投稿も計画する。

6. 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)
レンタカーガソリン代	3,284 円	朝山規子飛行機	128,280 円	架台製作費	99,000 円 (1人×3日間)
ごみ袋 2ケ	2,710 円	石倉知男飛行機	46,390 円		
乾燥剤 2ケ	2,457 円	交通費	1,950 円		
3/17 レンタカー代	20,680 円	客員宿泊費	6,000 円		
レンタカーガソリン代	7,487 円				
噴霧器 2 個	18,032 円				
ジェットジョー-EV 2 個	44,000 円				
非接触赤外線温度計	6,609 円				
敷き藁 20kg	8,756 円				
鋼材費	17,380 円				
パンチングメタル	44,000 円				
注水ノズル 材料費	16,940 円				
運搬費	77,000 円				
小計	269,335 円	小計	182,620 円	小計	99,000 円
東京理科大学 負担分 総計 550,955 円					

以上

※ページは適宜増やしてください。

※上記 5 に記載された成果公表については、別刷 1 部をご提出願います。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。）

※後日開催予定の成果発表会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。