

1) - 5 大規模物流倉庫および高木質化建築物等の長期・大規模火災の火勢抑制対策に関する研究【持続可能】

A Study on Fire Suppression Measures for Long-Duration, Large-Scale Fires in Large-Scale Logistics Warehouses and Buildings with High Wood Content

(研究開発期間 令和5～7年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

野秋 政希
NOAKI Masaki

This study aimed to develop a system that controls fire intensity by using water in order to minimize the excessive burden on fire fighters and economic losses. We examined the watering methods optimal for suppressing fire intensity, evaluated their effectiveness, and identified challenges associated with implementing such a system in buildings. In particular, the focus of this study was the water cooling for ceiling surfaces and the upper parts of rooms, which tend to reach high temperatures during a fire.

【研究開発の目的】

大規模倉庫や木材を多用した建築物（高木質化建物と呼ぶ）では、開口部の少なさや火勢の激しさにより消火活動が困難となり、火災が長期化・大規模化する。

本研究では、消防隊の過度な負担および経済的損失を極小化するために、散水により火災の激しさ（火勢）を制御するシステムの構築を目指し、火勢抑制に最適な散水方式や有用性の評価、当該システムを建築物に導入する上での課題について検討した。大規模物流倉庫および高木質化建物での防火上の課題と本研究の研究対象を図1に示す。特に、火災時に高温となりやすい天井面や室上部を冷却することで火災室温度を効果的に低減させ、建物の倒壊防止や消防活動の円滑化を図れるよう、これまでの防火システムの散水設備として主流であった下向きの散水だけではなく、天井面等への散水に主眼をおいた。

【研究開発の内容】

- ①上向き型散水設備等による天井面の冷却性状把握
- ②天井面冷却が火災室温度性状に与える影響の実態把握

- ③上向き型散水設備等による天井面等冷却を考慮した火災性状予測手法の構築および当該手法を用いた考察

【研究開発の結果】

- ①上向き型散水設備等による天井面等の冷却性状把握

火災加熱を受ける天井面に対し、上向き型に散水を行い、天井面の冷却・受熱低減性状を確認する火災実験を実施した（図2）。上向き型の散水装置には、既存の水噴霧ヘッドの流通品を活用し、予め複数種ヘッドの水噴霧特性を確認したうえで、本実験系統の天井の全面が安定的に供給される条件とした。天井面を木材とすることで、その燃焼発熱や炭化深さの違いを計測することにより受熱性状を推定した。実験の結果、単位面積当たりの散水量＝散水密度 $36.2\text{g}/(\text{s m}^2)$ では全く炭化せず、散水密度 $26.2\text{g}/(\text{s m}^2)$ および $19.2\text{g}/(\text{s m}^2)$ における炭化速度はそれぞれ散水無しの約 $1/3$ 、約 $1/4$ 程度となっており、散水密度に応じた受熱低減効果の定量データを得た。受熱低減量は供給された水が全て蒸発した場合の潜熱吸収と同程度である。なお、燃焼発熱の低減率は炭化速度より大きく、散水による燃焼効率を低減効果が示唆される。

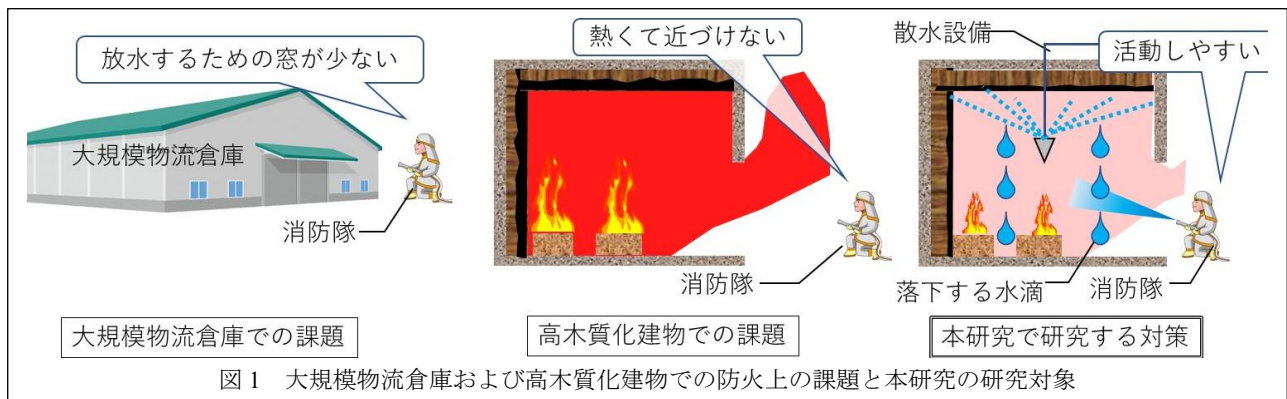


図1 大規模物流倉庫および高木質化建物での防火上の課題と本研究の研究対象

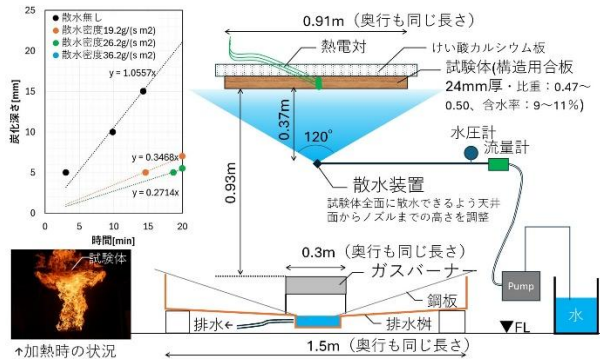


図2 上向き型散水による天井面の冷却性状確認実験

②天井面冷却が火災室温度性状に与える影響の実態把握

火災時に高温となりやすい天井面や室上部を冷却することで火災室温度を効果的に低減可能と考えられることから、本実験では、上向き型散水や火災室外からの放水により天井面が十分に冷却された状況における火災室温度性状の把握を目的とした区画模型火災実験を行った。

幅・奥行 0.8m、高さ 0.86m の火災室の壁に設けた開口部の大きさを変化させ、室内に流入する空気を制限し、火災室温度を制御した。火源にはプロパンガスを用い、室内に流入する空気が全て燃焼するために十分な量を供給した。同一開口条件で天井面が水冷された条件とされていない条件を実施し、両条件における火災室温度性状の違いを確認した。天井面が水冷された条件にあっては十分な量の水が供給され続けた状況を想定し、水を張った鋼製パンを天井面に設置した。壁面および床面は無機系の耐火材とした。実験概要を図3に示す。

実験の結果、天井冷却無しの場合、火災室温度が1000℃～1200℃程度まで上昇するのに対し、天井冷却有りの場合 500℃～800℃程度まで低下することが確認でき、天井面冷却が火災性状に与える影響に関する定量データを得た。

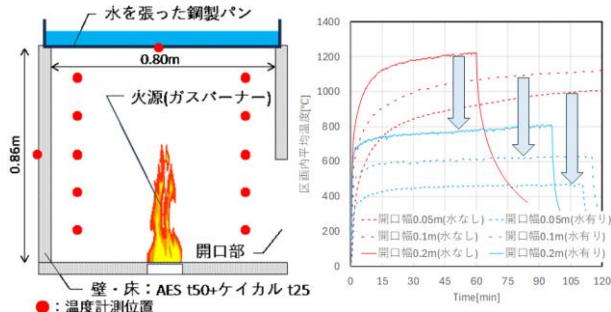


図3 天井面冷却が火災室温度に与える影響の確認実験

③上向き型散水設備等による天井面等冷却を考慮した火災性状予測手法の構築および当該手法を用いた考察

火災室の熱収支に基づき、天井面等の冷却を考慮した

火災性状予測手法を構築した。火災室内では図4左に示すとおり、A 可燃物の燃焼発熱、B 開口部からの排熱、C 天井や壁等への吸熱が釣り合っている。本手法では天井が十分に冷却されている条件にあっては、火災室から天井に与えられる加熱の大半が水の昇温に伴う顕熱や蒸発潜熱に吸収されるとモデル化した。当該モデルにより、②の実験結果を用いて算出した失熱（上記BとCの合計）は火災室内での発熱（上記A）と概ね一致したことから（図4右）、当該モデルの妥当性を検証した。

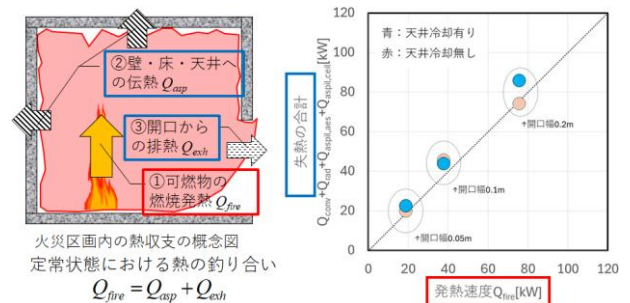


図4 火災室の熱収支の概念図と実験結果の比較考察

また、当該モデルを用いて、天井面や防火シャッターが水冷された場合の火災室温度推定を想定案件に応じてケーススタディを行った(図5は一例)。天井面等を水冷した場合の火災室温度については構造体の崩壊危険性を予見することや、効果的な冷却面および冷却のために必要な散水量などを建物条件ごとに検討可能となった。

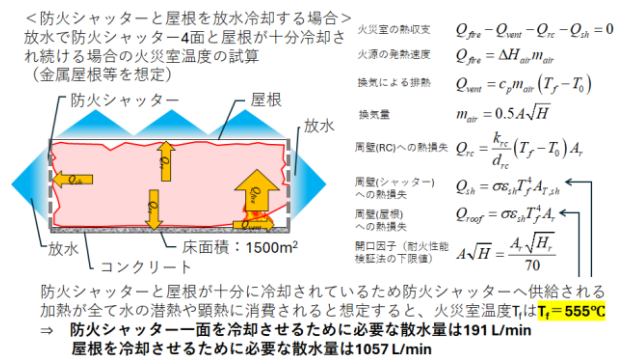


図5 天井面等の冷却を考慮した火災性状予測手法を用いたケーススタディの例

①②③の成果は論文等の学会発表によって、社会的・学術的に広く公表された参考文献1)2)。消防関係者に対して情報提供したことで当該成果が大規模倉庫または高木質化建物の消防活動時の支援の一助となりうる。

【参考文献】

- 1) 野秋政希：上向き散水による天井面の受熱・燃焼抑制、日本火災学会研究発表会概要集、pp. 235-236、2024
- 2) 野秋政希：区画構成面材の散水冷却による区画内温度上昇抑制効果、日本火災学会研究発表会概要集、pp. 169-170、2025