様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　４ 年　６ 月　８ 日現在

機関番号：８２１０５
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2021
課題番号：２０Ｋ１４８９０

研究課題名（和文）火災時の延焼遮断に有効なアトリウム内の庇形状および木製ルーバーの研究

研究課題名（英文）Minimization of Atrium Fire by Optimized Eaves and Wooden Louvers

研究代表者
高瀬　椋（Takase, Ryo）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号：４０８０７０７０

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、難燃処理等に頼らずに、木質仕上げを防火的に実現する方法の研究である。建築物において、上方向の延焼防止に有効な「庇」に、側方への燃え拡がり抑制性能を付加することを試みた。
縮尺1/2で壁・庇を再現した模型を用いて、可燃仕上げ（木製ルーバー）を施した状態での燃焼実験などを実施した結果、庇下方での水平方向への延焼速度は、下面に30°上向きの勾配をつけることで、勾配なしの場合と比較して50%程度まで抑えられることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義
建築防災研究において、天井面下にどのような煙層が形成されるか、天井に傾斜がある場合、その空間的分布がどのように変化するかといった観点については、豊富な先行研究があったが、これを可燃性仕上げ材の防火に活かそうという試みは殆どない。本研究により、天井あるいは庇といった部位に傾斜をつけることで、下方の延焼抑制に役立つことが示されたことは、本研究が直接想定するアトリウム空間の木質化のほか、外壁開口部を介した建物内の延焼を遅延させるための技術としても有用な成果と考えられる。

研究成果の概要（英文）：Methods to suppress flame spread along wooden combustible linings are exemplified through analyses on temperature profiles representing wall-eave configuration.
From some reduced scale experiments, inclined eaves were proved to be effective for suppressing horizontal flame spread below; The velocity of horizontal flame spread is reduced by half, and the burnt area is reduced by less than two thirds compared to a flat eave.

研究分野：建築防災

キーワード：木質化　庇　火炎伝播　防火　アトリウム　ルーバー

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　C－１９、F－１９－１、Z－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

近年の木造・木質化ニーズに伴って、半屋外空間での難燃処理木材の活用が増えているが、美観の維持などの点で問題が生じている。他方、無処理木材は外部からの加熱なしには燃え拡がり難いことが知られており、半屋外空間においても、火災初期の燃え拡がりは緩慢と考えられる。これらから、半屋外空間での木材活用に向けては、熱の散逸を妨げない工夫をしつつ、小面積ごとに延焼を遮断するというアプローチにより、無処理木材の活用と火災安全を両立することを想起した。

２．研究の目的

建築物において、上方向の延焼防止に有効な「庇」に、側方への燃え拡がり抑制性能を付加し、下階における防火性の向上や、木質仕上げ等の延焼防止に活用する。

建築防災研究において、天井などの水平面の下方に形成される煙層の性状や、天井に傾斜がある場合の熱気流の分布については、豊富な先行研究があったが、これを可燃性仕上げ材の防火に活かそうという試みは殆どない。

本課題では、天井面下の熱気流予測に関する既往の知見を、庇下面の熱気流予測に拡張できるか検討する。さらに、庇に傾斜をつけることで、直下の可燃仕上げの燃焼を抑制できるか検証する。

３．研究の方法

(1)　庇面の温度計測

図 1(1)に示すように、無機材料（ケイ酸カルシウム板）で壁・庇を再現した縮尺 1/2 の区画模型を製作し、口火からの加熱のみを受ける場合の庇面の温度上昇を計測した。庇下面の傾斜角を 0°、15°、30°の 3 パターンに変化させ、傾斜角と庇面の温度分布の関係を把握した。

(2)　可燃仕上げ（ルーバー）の燃焼実験

図 1(2)に示すように、無機材料の壁・庇に木製ルーバーを取り付けた状態で燃焼実験を実施した。庇下面の傾斜角を 0°、30°の 2 パターンとし、縮尺は(1)と同様に 1/2 スケールとした。

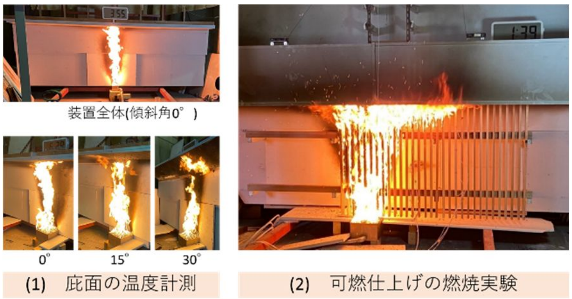

図 1　実験概況

４．研究成果

(1)　熱気流の拡散と庇の傾斜角の関係

庇の下面に 30°上向きの傾斜をとることで、水平な庇と比べて熱気流の幅が 40～50%程度まで抑えられることが明らかになった(図 2)。

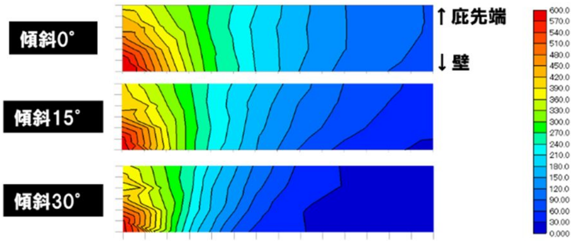

図 2　庇面の温度分布の例

(2)　温度分布の予測可能性

天井面下の熱気流予測に関する既往の知見から、庇面下の温度分布の推定を試みた。文献①により提案されている(1)式をもとに、図 3 に示す数点の変更を加えた(2)式を誘導した。(2)式と、文献②により提案されている(3)式を組み合わせることにより、庇下面の温度分布が概ね予測できることが明らかになった（図 4）。これらの予測式は、傾斜角 15°程度までの精度に優れ、傾斜角 30°についても、精度は低下するものの、安全側の予測を与えることが明らかになった。

(1)　Y(傾斜方向)の温度上昇－文献①

$$\Delta T_Y^* = \frac{\Delta T_Y}{T_\infty} / Q_H^{*\frac{2}{3}} = \left(0.188 + \frac{0.313 r_{up}\cos\theta}{H}\right)^{-\frac{4}{3}} \quad \text{ただし} \quad Q_H^* = \frac{Q}{\rho_\infty c_P T_\infty \sqrt{g} H^{\frac{5}{2}}}$$

(2)　提案式　Y(傾斜方向)の温度上昇

$$\frac{\Delta T}{T_\infty} / 2 Q_D^{*\frac{2}{3}} = 2^{\frac{2}{3}} \left(\frac{D}{H+Z_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left(0.188 + \frac{0.313 r\cos\theta}{H+Z_0}\right)^{-\frac{4}{3}}$$

(3)　X(水平方向)，Y(傾斜方向)の温度上昇の比－文献②

$$\frac{\Delta T_X}{\Delta T_Y} = e^{-\eta^2\beta^2} \quad \text{ただし} \quad \eta = r_{hori} / \left(\frac{H}{sin\theta} + r_{up}\right),\ \beta = 15.6\theta^{-0.55}$$

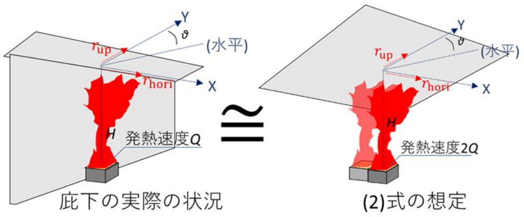

図 3　予測式および概念図

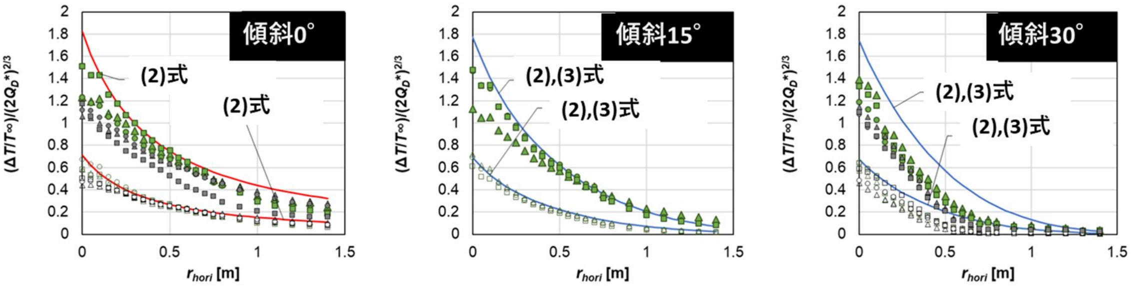

図 4　温度分布の予測値と実験結果の関係

(3)　可燃仕上げ（ルーバー）の燃焼性

庇下方における水平方向への延焼速度は、下面に 30°上向きの傾斜をとることで、傾斜なしの場合と比較して 50%程度まで抑えられることが明らかになった（図 5）。

(a) 傾斜0°　(b) 傾斜30°

図 5　燃焼実験の概況

＜引用文献＞

① G. Heskestadt and M. A. Delichatsios, The initial Convective Flow in Fire, 1978, 17th Symposium (International) on Combustion, 1113-1123

② Y. Oka, O. Imazeki and O. Sugawa, Temperature Profile of Ceiling Jet Flow along an Inclined Unconfined Ceiling, Fire Safety Journal, Vol. 45, 2010, 221-227

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計0件

〔学会発表〕　計1件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

1．発表者名 高瀬椋
2．発表標題 木質ルーバーで仕上げた壁面の燃焼性および火災安全手法 その4　庇の下方における可燃性仕上げ材の側方火炎伝播とその対策
3．学会等名 日本建築学会
4．発表年 2022年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

－

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関