

令和元年6月20日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02379

研究課題名(和文)大規模居室における内装の燃焼拡大性状の予測と火災規模の局域化に関する研究

研究課題名(英文) Prediction of the fire growth on interior linings and localization of fire damage in large-scale building enclosure

研究代表者

長谷見 雄二 (Hasemi, Yuji)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：40298138

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,300,000円

研究成果の概要(和文)：学校教室程度以上の規模の大規模居室の天井を不燃化し、壁内装を可燃材料で仕上げた場合のフラッシュオーバーの発生の有無を予測する方法を開発した。その主な内容は以下の通りである。大規模居室の部分火災段階における煙層・壁内装間の表面熱伝達率の計算モデルを実大規模実験により誘導した。区画火災のゾーンモデルに(1)の表面熱伝達率モデルを活用して、壁表面の熱収支を予測できるようにした。木材等の代表的な内装材料の火災伝播予測に必要な物性を把握した。目視内装の熱収支に重大な影響を与える木材内部の水分移動の測定法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大規模居室の火災時の煙層・壁表面間の表面熱伝達率を世界的にも初めて体系的に実測し、普遍性のあるモデルを揺動できた。大規模居室の工学的内装防火設計の基盤となる情報を確立できた。また、単純な形態の木質内装居室については、フラッシュオーバーが発生しない限界となる火源規模、居室規模を安全側の設計となるように決定する方法を誘導できた。

本研究で開発した火災加熱を受ける木材内部の含水率の動的測定法は、従来、測定できていない含水率の動的変化の測定を可能にし他のものであり、今後、さらに改良すれば、内装の燃焼制御研究のみならず、木造の防火性能

研究成果の概要(英文)：A predictive method of the occurrence of flashover for a large scale room with incombustible ceiling is developed. The main results are as follows: (1) calculation model of the surface heat transfer coefficient between the smoke layer and the wall interior has been derived by full-scale experiments. (2) predictability of the heat balance on the wall surface by the zone model with the surface heat transfer model developed through (1) has been verified. (3) Material properties of interior lining materials such as wood necessary for the prediction of the heat balance on the wall surface has been quantified. (4) Dynamic monitoring system for the moisture transfer within wood exposed to strong heating, an important element of heat transfer within wood, has been developed.

研究分野：建築環境

キーワード：可燃内装 大規模居室 煙層 火災伝播 ゾーンモデル フラッシュオーバー 熱収支

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

居室内装の火災拡大危険の評価は、ほとんどが住宅個室規模の実験を基準にして行われ、学校教室程度以上の大規模居室の内装の火災性状に関する実証的研究は国際的にも皆無に近かった。そのため、大規模居室の内装制限の妥当性や、内装の工学的防火設計の可能性については不明な点が多かった。

2. 研究の目的

天井を不燃化した大規模居室では、フラッシュオーバーの発生が壁の水平火災伝播に支配され、加速的な火災伝播の有無は壁表面熱収支と材料物性に支配されると想定して、壁表面熱収支予測に基づく加速的な火災伝播の有無の予測法を開発する。未解決の重要な課題は内装表面の入射熱のモデル化と内装の火災伝播に係る物性の把握、内装内部の熱移動の評価である。

3. 研究の方法

大規模居室規模の実験装置により、火源規模等をパラメータとして、想定する条件の内装火災伝播の経過の測定及び壁内装表面入射熱の計測を行った。測定された入射熱に相当する加熱を小型材料加熱試験(コーンカロリーメータ)で再現し、木材については低放射での引火条件を明確化した。一方、実験では内装材料内部の物質移動が表面温度や火災伝播性状に無視できない影響を与えることが判明したため、加熱を受ける木材内部の含水率測定法を開発し、物質移動モデルの検証のためのデータを得られるようにした。

4. 研究成果

大規模居室の火災拡大段階の煙層・壁表面間の表面熱伝達率の予測式および壁表面の熱収支予測モデルの誘導及び木材等、典型的な内装材料の熱物性の把握を行ない、大規模居室における木質壁内装等の火災伝播の有無の予測を可能とした。煙層・壁表面間の表面熱伝達率については、実験結果を無次元解析し、ヌセルト数 ($Nu = Lh_{con}/\lambda$, L は煙層厚) とレイリー数 ($Ra = 0.72gL^3(T_{\infty} - T_w)/(\nu^2T_{\infty})$, T_{∞} は煙層温度、 T_w は壁表面温度) の関係を整理すると、図1のように、壁を木質内装とした時に水平火災伝播が生じる前後の条件では火源強度 (Q (kW)) に関わらず、 Nu と Ra の関係は大差なく、火源に近い部分(天井高の2倍余まで)では天井に衝突する火災の影響により Nu (従って、表面熱伝達率 h_{con} も) は Ra の増加関数となるが、火源から離れると Nu は Ra に関わらずほぼ一定であることがわかる。

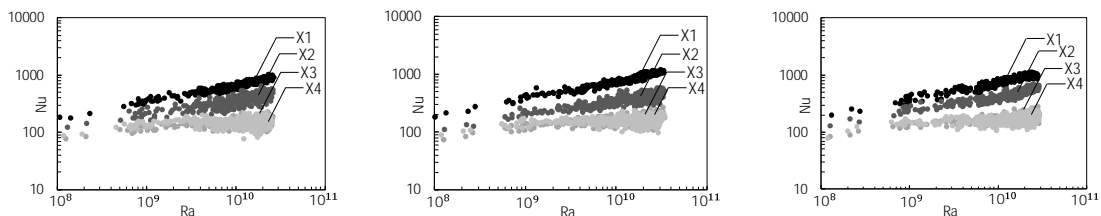


図1(a) $Q=450\text{kW}$

(b) $Q=400\text{kW}$

(c) $Q=300\text{kW}$

X1: 火源から 4.7m, X2: 火源から 7.5m, X3: 火源から 10.3m, X4: 火源から 13.1m

木質内装が加熱される場合の内部の物質移動については、加熱中の木材内部の含水率を、コーンカロリー計レベルの実験で動的に測定できるようにし、加熱による着火時間、燃焼発熱速度の変化と同時に、試験体内部の含水率及び温度の測定を行った。最も本質的な課題である加熱中の含水率測定については、細い電極を試験体に挿入し抵抗から含水率を推定する原理によっている。図2は、スギに関する含水率と抵抗値の関係を常温(20)から沸点に近い90までの範囲で測定した結果を示す。含水率は、電気抵抗の測定値から推定できる。

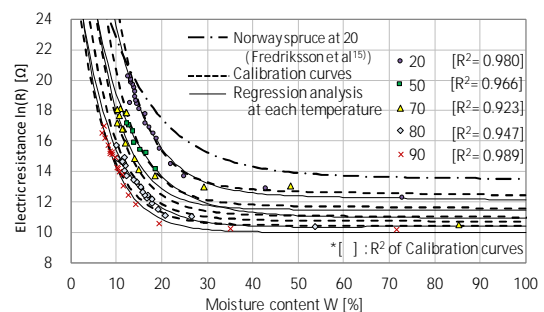


図2 スギの含水率と電気抵抗の関係

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

1) 鈴木達朗, 長谷見雄二, 上川大輔, 安井昇, 加來千紘, 鈴木淳一「火災加熱される木質部材内部の含水率計測手法の開発研究」, 日本建築学会構造系論文集、印刷中

2) 渡辺秀太, 鈴木達朗, 長谷見雄二, 加來千紘, 上川大輔, 安井昇, 宮本康太「多様な樹種の木材の力学的性能に対する温度・含水率の影響の把握と予測可能性構造用主要樹種に関するデータ構築と全乾密度に基づく予測可能性の検討」日本建築学会構造系論文集、印刷中

〔学会発表〕(計 16 件)

- 1)大橋遼、長谷見雄二、鍵屋浩司、朝吹真夕「天井の燃焼性を制御した大規模居室におけるフラッシュオーバー直前段階での壁面の加熱性状予測に関する研究(その 4)実大蓄煙実験の概要と実験結果」、日本建築学会大会学術講演会、2019
- 2)朝吹真夕、長谷見雄二、鍵屋浩司、大橋遼「天井の燃焼性を制御した大規模居室におけるフラッシュオーバー直前段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 5)煙層に曝露される壁表面の対流熱伝達率の測定」、日本建築学会大会学術講演会、2019
- 3)朝吹真夕、長谷見雄二、鍵屋浩司、関美佳、大橋遼「大規模居室における火災初期段階の煙層の壁面对流熱伝達率の測定」、日本建築学会関東支部研究発表会、2019
- 4)長谷見雄二、鍵屋浩司、関美佳、大橋遼「天井の燃焼性を制御した大規模居室におけるフラッシュオーバー直前段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 1)研究目的と実験計画」、日本建築学会大会学術講演会、2018
- 5)関美佳、大橋遼、長谷見雄二、鍵屋浩司「天井の燃焼性を制御した大規模居室におけるフラッシュオーバー直前段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 2)実験結果と煙層 温度予測に関するゾーンモデルの検証」、日本建築学会大会学術講演会、2018
- 6)大橋遼、関美佳、長谷見雄二、鍵屋浩司「天井の燃焼性を制御した大規模居室におけるフラッシュオーバー直前段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 3)煙層に曝露される壁表面の入射熱予測モデル」、日本建築学会大会学術講演会、2018
- 7)鈴木達朗、長谷見雄二、安井昇、上川大輔「火災加熱される木質部材内部の水分移動計測手法の開発研究 (その 2)小型含水率計及び絶乾法により算出した含水率分布の比較」、日本建築学会大会学術講演会、2018
- 8)山口智世、齊吉大河、長谷見雄二、上川大輔、高瀬涼、安井昇、遠藤智紀、渡部秀太「2 時間耐火性能を有する萌え止まり型木質耐火構造部材に関する研究 (その 1) 適正な燃えしる層厚さの把握」、日本建築学会大会学術講演会、2018
- 9)関美佳、大橋遼、高山哲大、長谷見雄二、鍵屋浩司「天井の燃焼性を制御した大規模居室成長段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 1))実大規模区画実験の概要と結果実験結果」、日本火災学会研究発表会、2018
- 10)大橋遼、関美佳、高山哲大、長谷見雄二、鍵屋浩司「天井の燃焼性を制御した大規模居室成長段階での壁面の加熱性状予測に関する研究 (その 2))大規模居室火災における煙層を考慮した壁面 の入射熱計算モデル」、日本火災学会研究発表会、2018
- 11)大橋遼、長谷見雄二、鍵屋浩司、高山哲大、関美佳、安井昇「天井の燃焼性を制御した大規模居室における内装木質化の可能性 ~-(その 2) 大規模居室火災における煙層を考慮した壁面の入射熱計算モデル~」、日本建築学会関東支部研究発表会 2018
- 12)Kagiya, K., Naruse, T., Hasemi, Y., Yasui, N., Suzuki, J.” Full-scale fire test of a compartment with wooden wall and noncombustible ceiling in the aspect of effect of floor area and opening condition on time to onset of flashover”, 12th International Symposium on Fire Safety Science, 2017
- 13)高山哲大、長谷見雄二、鍵屋浩司、関美佳、安井昇「内装を木質化した大規模居室の避難安全設計と火災規模の局限化に関する研究 (その 1) 研究目標と模型規模実験の概要」、日本建築学会大会学術講演会、2017
- 14)関美佳、長谷見雄二、鍵屋浩司、高山哲大、安井昇「内装を木質化した大規模居室の避難安全設計と火災規模の局限化に関する研究 (その 2)煙層に曝された木質壁内装の引火と火炎伝播性状 に関する実験研究」、日本建築学会大会学術講演会、2017
- 15)鈴木達朗、上川大輔、安井昇、長谷見雄二、加來千紘、遠藤智紀、渡辺秀太、鈴木淳一「火災時の木質部材断面における水分移動状況の把握と力学的性能への影響評価」、日本建築学会大会学術講演会、2017
- 16)関美佳、長谷見雄二、鍵屋浩司、安井昇、高山哲大「天井の燃焼性を制御した大規模居室における内装木質化の可能性 煙層に曝された木質壁 内装の引火と火炎伝播性状に関する実験研究」、日本建築学会関東支部研究発表会 2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者氏名： 長谷見 雄二
ローマ字氏名： (HASEMI, Yuji)
所属研究機関名： 早稲田大学
部局名： 理工学術院
職名： 教授
研究者番号： 40298138

(2)研究分担者氏名： 鍵屋 浩司
ローマ字氏名： (KAGIYA, Koji)
所属研究機関名： 国立研究開発法人建築研究所
部局名： 防火研究グループ
職名： 上席研究員
研究者番号： 90298191

(3)研究分担者氏名： 鈴木 淳一
ローマ字氏名： (SUZUKI, Jun'ichi)
所属研究機関名： 国土技術政策総合研究所
部局名： 建築研究部
職名： 主任研究官
研究者番号： 10453846

(4) 研究分担者氏名： 堀 英祐
ローマ字氏名： (HORI, Eisuke)
所属研究機関名： 近畿大学
部局名： 工学部
職名： 講師
研究者番号： 20547046

(5)連携研究者氏名： 上川 大輔
ローマ字氏名： (KAMIKAWA, Daisuke)
所属研究機関名： 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
部局名： 木材改質研究領域
職名： 主任研究員
研究者番号： 30409651

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、研究者個人に帰属されます。