

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15269

研究課題名（和文）火災時に生成する有害性ガスを除去する技術に関する基礎的研究

研究課題名（英文）A basic study on the relationship between catalyst and concentration of toxic gases generated during fire

研究代表者

趙 玄素（ZHAO, XUANSU）

国立研究開発法人建築研究所・防火研究グループ・研究員

研究者番号：90839143

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）：本研究では有害性ガスが拡散する前に化学反応させることによって無害な物質にする手法の開発を目指し、過去の文献から有害性ガスを除去できる触媒を選定し、触媒の濃度および散布頻度を変えながら燃焼実験を行い、触媒の有用性について確かめた。また、本研究では火災室とは別の空間に煙およびガスが拡散し、避難に与える影響を留めるために触媒を散布する状況を想定して実験を行い、実大規模火災においても触媒を散布することで有害性ガスの濃度が低下することが確かめられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火災室天井部の煙層に含まれる有害性ガスが降下するまでに化学反応させ、無害な物質にする手法を開発するために、基礎的な調査および実験を行い、一酸化炭素を主とした各種有害性ガスを除去できる可能性について確かめられた。今後散布量や散布方法について更なる検討を進めることで、スプリンクラーの設置が難しい既存住宅、工事現場、消防活動などの環境において、火災初期に生成する有害なガスの濃度を低下させられる技術の開発に繋がることが考えられる。

研究成果の概要（英文）：The toxic gases generated during fire diffuse faster than flame, and is the biggest risk factor for evacuees in the early stages of fire. Smoke exhaust systems and sprinklers are useful to reduce the diffusion of smoke gases, but difficult to use in small buildings and construction sites because they are huge and expensive. This study conducted fire experiments to investigate the effect of catalysts to reduce concentrations of toxic gases, and the relationship between catalyst amount and concentration of gases. FT-IR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) was used for analyzing the gas concentrations.

研究分野：火災安全工学

キーワード：一酸化炭素中毒 触媒 有害性ガス 燃焼実験 ガス成分分析 FT-IR

1．研究開始当初の背景

近年の火災による総死者数は年々減少傾向にあるが、火災による死因は一酸化炭素中毒・窒息による件数の割合が高く、火災種類については出火件数の割合と比較して住宅火災による死者数が非常に高くなっている。また、火災時に発生する有害性ガスの拡散速度は火災よりも速く、火災初期において避難者の命を脅かす一番の原因である。大規模な建築物においては、高温により生成した煙層の拡散を二層ゾーンモデル（図1）に従って考え、在館者の避難可能となる高さに降下するまでの時間を避難限界時間とし、在館者が安全な場所まで移動するのに必要な時間である避難必要時間と比較することにより、建物全体の火災避難安全性能を確かめることが建築基準法によって義務付けられており、防火シャッターおよび排煙設備、不燃材料など、様々な対策が講じられている。しかし、面積の狭い住宅では煙やガスの降下する時間が短く、避難限界時間の確保が難しい。

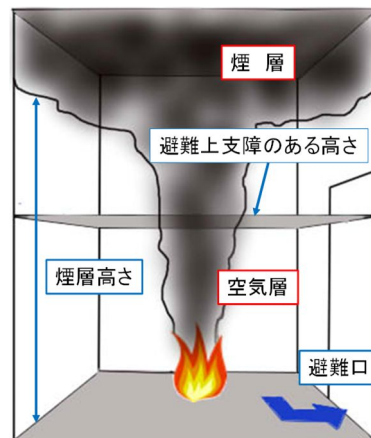


図1 二層ゾーンモデルの概念図

さらに、有害性ガスは住宅火災だけではなく、工事現場火災および消防活動にも大きな影響を及ぼす。工事現場火災については、平成30年7月東京都多摩市唐木田のビル建設現場で発生した火災事例では、地下3階床下の断熱材約5000平方メートルが燃え、作業員43人がけがし、5人が死亡した。火災現場におけるはガスバーナーなどを使用した溶接・溶断作業中の火災が多く、竣工前であるため、火災報知機、スプリンクラーが設置されてない状態であり、被害が拡大しやすいと考えられる。また、消防活動中における消防士は一酸化炭素中毒が職業病と言われるほど、常に有害性ガスの脅威に曝されており、CO中毒による遅発性後遺症に対する対策が求められている。

2．研究の目的

これまでの研究では、建築火災時に発生する有害性ガスについては、不燃処理された内装材料を使用することにより発生量を減少させることや、避難限界時間の考え方をを用いて、危険な状態になる前に在館者の避難が可能な建物設計が対策として講じられてきた。しかし、適応が難しいケースが住宅火災を例として多く、適応が難しい建築物においては命が失われる例が多い。

また、産業利用および環境的観点から、自動車の廃棄ガスや通常室内において、一酸化炭素を二酸化炭素に酸化する技術開発がされてきた。しかし、複数種類のガスを反応させ、実規模の火災空間において反応させる技術はまだ開発されていない。

本研究では、火災室天井部の煙層に含まれる有害性ガスが避難上支障のある高さに降下するまでに、化学反応させ、無害な物質にする手法を開発することが目的である。

3．研究の方法

本研究では有害性ガスが拡散する前に化学反応させることによって無害な物質にする手法の開発を目指し、過去の文献から有害性ガスを除去できる触媒を選定し、触媒の濃度および散布頻度を変えながら燃焼実験を行い、触媒の有用性について確かめた。また、本研究では火災室とは別の空間に煙およびガスが拡散し、避難に与える影響を留めるために触媒を散布する状況を想定して実験を行った。

本研究では、上記の研究目的に対応して、以下の2つの研究項目について検討を行った。

- (1) 材料試験による触媒有用性の確認
- (2) 中規模および実大規模試験における触媒有用性の確認

4．研究成果

(1) 材料試験による触媒有用性の確認

選定した触媒の有用性を材料レベルで確かめるため、図2に示す装置を製作し実験を行った。容積80cm³となる2つのチャンバーを煙道で連結させ、左側のチャンバー内で試験体を燃焼させ、生成した煙やガスが右側のチャンバーに流入するようにし、右側のチャンバーの天井中央部から触媒および水を散布した。図3に示すように、試験体は木クリブを用い、各試験回の質量減少量を記録した。触媒はホブカライト、水素化ホウ素ナトリウム、酸化チタンの3種類を散布した。また、比較を行うために、「散布なし」および「水散布」の条件においても実験を行った。図4に実験風景を示す。右側の散布室の右壁中央部に熱電対およびサンプリングチューブを設置し、散布室中央の温度および各種生成ガス濃度の測定を行った。

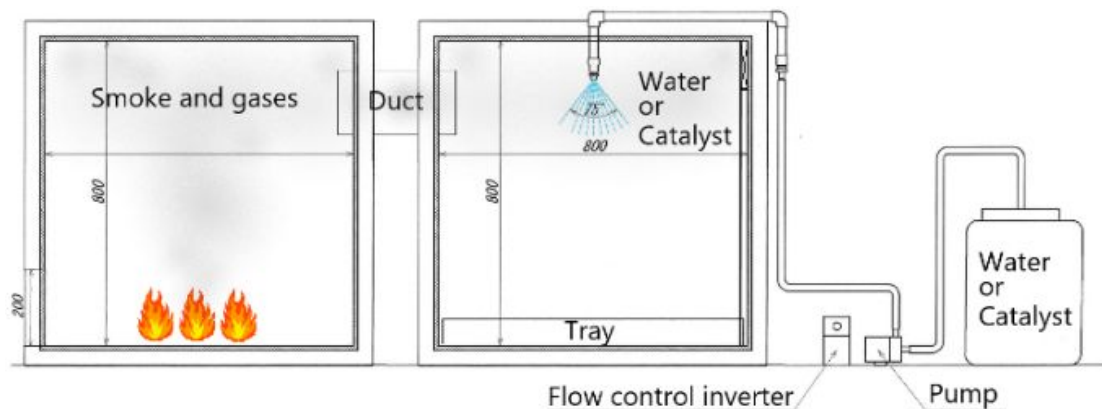


図2 触媒散布用の試験装置



図3 試験体

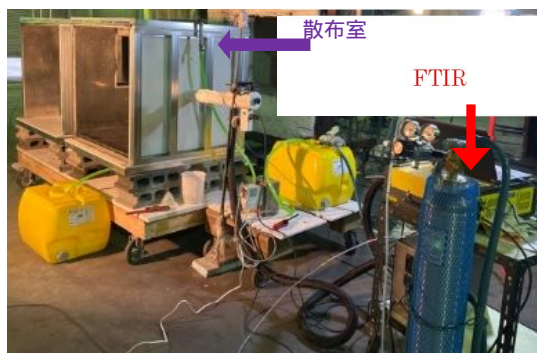


図4 実験風景

実験の結果を図4に示す。図5から「水散布時」および「散布なし時」と比較し、ホプカライトを散布した時の一酸化炭素の濃度のピーク値がより低い結果となった。また、他の触媒についても、水酸化ホウ酸ナトリウムを散布した時にホルムアルデヒド、酸化チタンを散布した時にシアン化水素の生成濃度に減少傾向が見られた。

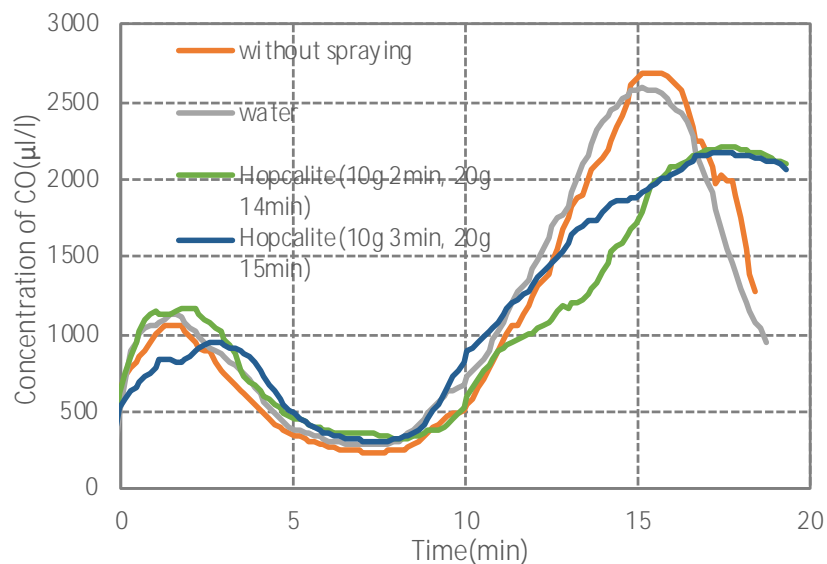


図5 散布室における一酸化炭素の濃度

(2) 中規模および実大規模試験における触媒有用性の確認

材料試験の結果を受けて、中規模試験および実大規模試験をそれぞれ実施し、触媒ホプカライトおよび酸化チタンの有用性についてさらに確かめた。2つの試験共に内壁に12mmの木の合板を用いた。中規模試験はISO17431 模型箱試験の寸法×0.8のサイズで試験体を4つ作成し(図6)それぞれ散布なし、水散布、ホプカライト散布、ホプカライトおよび酸化チタン散布をしながら加熱試験を行った。加熱強度は11kWとし、フラッシュオーバーするまで加熱を行った。燃焼生成ガスは模型箱中央からサンプリングし、定量分析を行った。

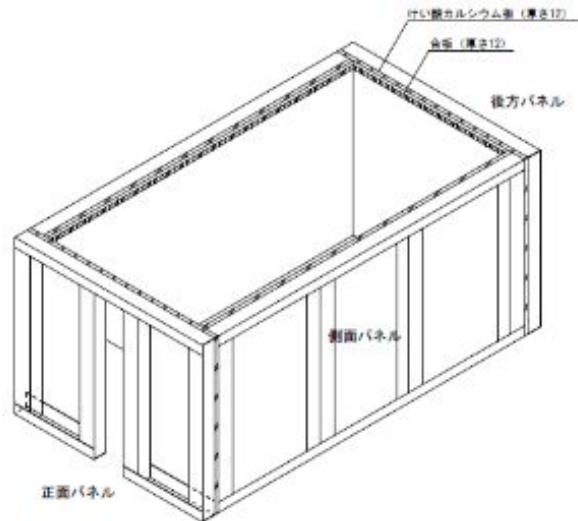


図6 中規模試験試験体

中規模試験における一酸化炭素濃度の結果を図7に示す。図7から、水を散布した際の一酸化炭素濃度が一番低かった。ホプカライトと酸化チタンを散布した回では、散布している間の一酸化炭素濃度に低下が見られた。ホプカライトのみを散布した回については、散布装置に故障があったため、効果の判断ができなかった。また、シアン化水素についても同様の傾向が見られた。

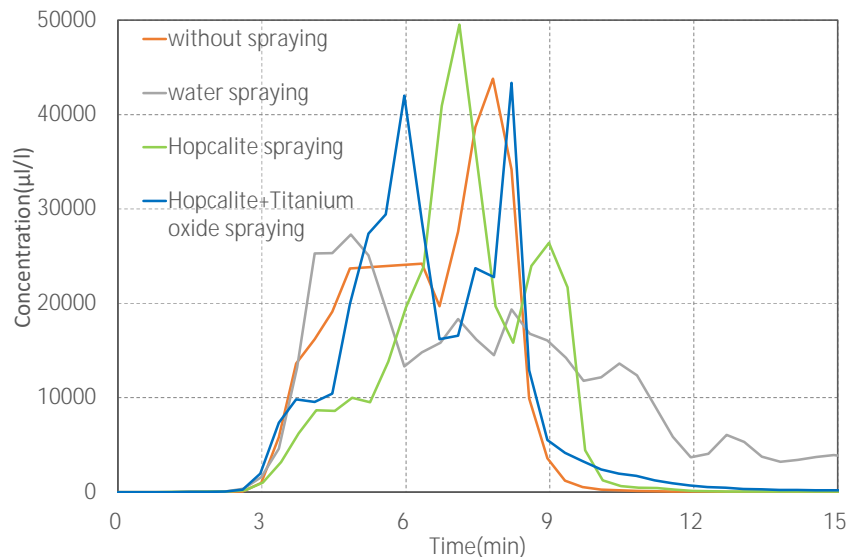


図7 模型箱内における一酸化炭素の濃度

実大規模試験は、ISO9705-1 ルームコーナー試験装置を用いて試験を行った(図8)。試験体は2体作成し、それぞれ散布なし、ホプカライトおよび酸化チタン散布をしながら実験を行った。加熱強度は100kWで10分間、300kWで10分間、合計20分間加熱を行った。燃焼生成ガスは排煙ダクトよりサンプリングし、定量分析を行った。

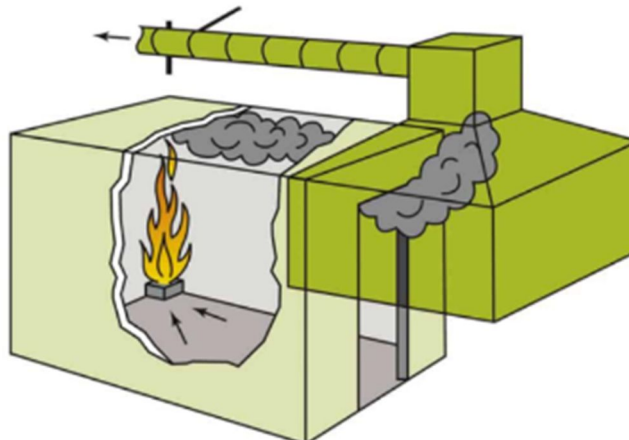


図8 実大規模試験試験体

実大規模試験の結果を図9に示す。図9から、ホプカライトおよび酸化チタンを散布した時の一酸化炭素濃度がより低い値となった。シアン化水素の濃度についても調べたが、生成濃度が低かったため、比較はできなかった。

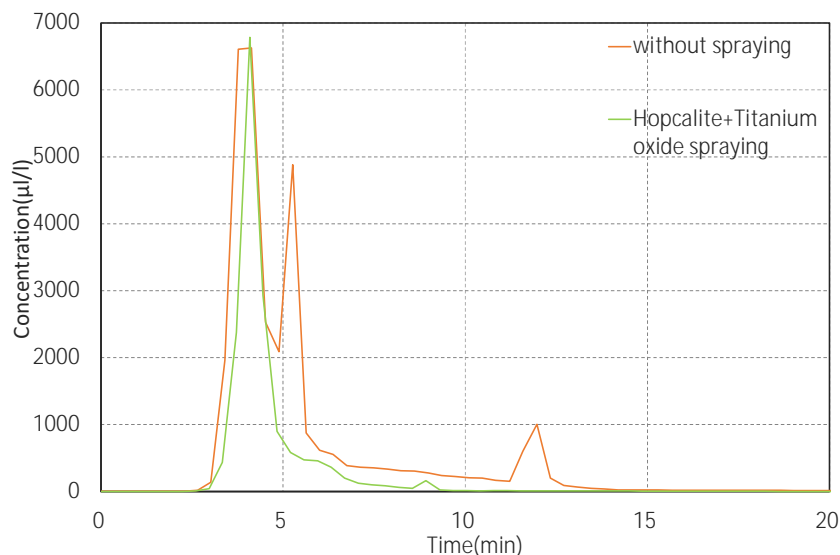


図9 ルームコーナー排煙ダクト内における一酸化炭素の濃度

中規模試験および実大規模試験の結果においても、触媒を散布することで、有害性ガスの濃度が低下することが確かめられた。今後の課題として、火災環境における触媒の反応速度や反応量を調べ、火災時に生成する有害性ガスを除去する技術について引き続き検討していく予定である。

〔参考文献〕

- 1) 前山英男：一酸化炭素中毒と労務管理 現状と課題 潜在患者へのスクリーニングと早期対応，日本高気圧環境・潜水医学会雑誌，Vol.54(4)，Dec, 2016
- 2) 田中哮義，中村和人：<二層ゾーン概念に基づく> 建物内煙流動予測計算モデル，建築研究報告 No. 123, 1989
- 3) Hiroshi Sato¹, Wataru Kosaka, Ryotaro Matsuda, et al. Self-Accelerating CO Sorption in a Soft Nanoporous Crystal, Science 10 Jan 2014, Vol. 343, Issue 6167, pp. 167-170
- 4) Yasuhisa Hasegawa, Ken-Ichiro Sotowa, Katsuki Kusakabe, Permeation behaviour during the catalytic oxidation of CO in a Pt-loaded Y-type zeolite membrane, Chemical Engineering Science Volume 58, Issue 13, July 2003, Pages 2797-2803.
- 5) 平川 力，米良 信昭，佐野 泰三，根岸 信彰，竹内 浩士：光触媒による化学剤の分解，YAKUGAKU ZASSHI 129(1)，2009，Pages 71-92.

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 1件）

1 . 発表者名 Xuansu Zhao, Yoshioka Hideki
2 . 発表標題 Experimental study on decreasing the concentration of toxic gases generated during fire (Poster)
3 . 学会等名 International Symposium on Fire Safety Science (国際学会)
4 . 発表年 2021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
---------	---------