

3) 防火研究グループ

3) - 1 建物火災時に発生するガスの毒性評価法の開発

【安全・安心】

Development of Evaluation Method for Gas Toxicity in Building Fire

(研究開発期間 平成 27~28 年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

成瀬 友宏
NARUSE Tomohiro

鍵屋 浩司
KAGIYA Koji

Building Standard Law of Japan requires to restrict the gas toxicity of fire preventive materials in fire. To evaluate it, gas toxicity test using mice is used. Because it is an animal test, some problems are identified such as the impossibility of quantitative analysis, and from ethical viewpoints. In this research, FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) analysis of gases generated from building materials using small-scale fire test equipments was conducted. The evaluation method judging by the index defined from measured gas concentration generated by the gas toxicity test equipment was proposed to replace current test method.

【研究開発の目的及び経過】

建物火災での死者発生要因は、熱、煤、ガス（一酸化炭素等）による複合的な「焼死」、次いで「一酸化炭素中毒死」が多い。ガスによる被害を低減するために、建築基準法では、内装に用いる防火材料に、「避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること」を要求している。現在これに対して、22cm 角の小型の試験体を使用し、酸素が多い環境で燃焼させた際の発生ガスの毒性を、マウスの行動停止時間により評価している。しかし、世界的に建築材料の火災時の燃焼ガスの毒性評価に動物は使用しないのが一般的である。

そこで本研究では、防火材料のガス毒性について、動物実験によらない評価方法を提案することを目的とする。

【研究開発の内容】

① 燃焼ガス生成方法

火災による燃焼ガスの生成方法として、既存の小規模の試験装置の中で適した方法を検討する。

② ガス濃度の測定結果に基づく毒性指標

発生ガスの濃度測定の結果から毒性のあるガス成分についての毒性指標を ISO 規格に基づいて算出し、現行試験のマウスによる評価結果との相関を確認した上で、適した評価法を開発する。

③ 酸素が少ない環境における毒性の確認

材料の燃焼時のガス毒性を、酸素が多い環境のみでなく、酸素が少ない環境においても確認する。

【研究開発の結果】

燃焼ガスの生成方法については、評価の効率のために小規模な試験のうち現在利用できる ISO 規格に基づく試験法（発熱性試験装置、スモークデンシティーチャンパー(SDC)試験装置、チューブ炉)を基本とし、現在我が国で使用されているガス有害性試験装置を検討対象と

した。評価法については、窒息性ガス、刺激性ガスをフーリエ変換赤外分光連続ガス分析装置(FTIR)により測定し、ISO13571 に規定された評価手法（窒息性作用(FED)、刺激性作用(FEC)）に基づいて、マウスの行動停止の結果との関係を以下の通り確認した。

(1) ガス有害性試験装置による評価とガス濃度評価

表 1 に示す材料について、図 1 に示すガス有害性試験装置により燃焼させ、生成ガスの毒性のある成分の濃度の測定結果に基づいて算出した FED の結果を図 2(a)に、マウスの行動停止時間との比較した結果を図 2(b)に示す。これらの結果から、以下の知見が得られた。

- ・ラワン・スギのマウスの平均行動停止時の FED は約 1 となり、FED を指標として毒性評価が可能である。
- ・図 2(c)より、FEC とは相関が見られないことから、毒性を評価する上で刺激性作用は考慮しなくてもよい。
- ・FED=1 を判定値とすれば、安全側の評価を与える。
- (2) ガス有害性試験装置による評価とガス濃度評価
スギ、アクリル樹脂(PMMA)、ナイロン 6.6、ポリ塩化ビニル樹脂、塩化ビニル壁紙について図 3 に示す装置により燃焼させた際の FED の結果を図 4(a)に、燃焼環境（加熱温度と酸素濃度）を変化させた場合の比較結果を図 4(b)に示す。この結果から、以下の知見が得られた。
 - ・燃焼環境（酸素が多い・少ないと加熱温度）を変えた条件での FED を測定した。スギの有炎燃焼では、30 分間 FED は 1 に到達しなかった。
 - ・スギの FED が 1 を超えるには、盛期火災（FO 後）> 盛期火災（FO 前）> くん焼の順となった。FED の 30 分積算値はくん焼の方が盛期火災より大きい。
 - ・くん焼では CO₂ による効果（過呼吸）が大きい。
- (3) SDC 試験装置による評価とガス濃度評価
スギ合板について燃焼生成ガスの毒性のある成分の

表 1 ガス有害性試験に用いた材料

記号	因子	水準
A	樹種	ラワン、ヒノキ、カラマツ、スギ (全て無垢)
B	薬剤の注入 量(kg/m ³)	スギ (0kg/m ³ , 難燃相当 117kg/m ³ , 準不 燃相当 206kg/m ³ , 不燃相当 261kg/m ³)
C	樹脂の量	アクリル (厚さ 100μm, 200μm, 400μm 相当)、ウレタン (100g/m ² , 200 g/m ² , 400 g/m ² 相当)、ポリエチレン
D	壁紙	ポリエステル、レーヨン、塩化ビニ ル、シルク
E	断熱材	ウレタンフォーム、スレートフォーム 、フェノールフォーム

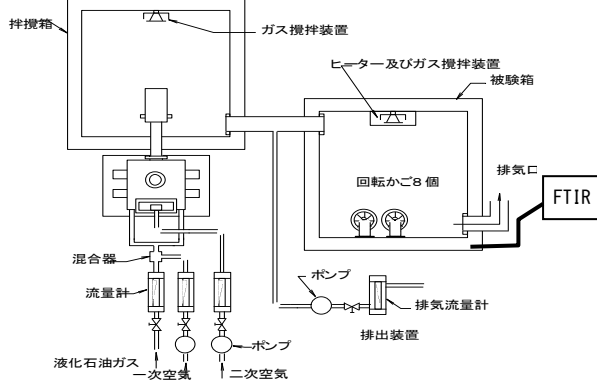
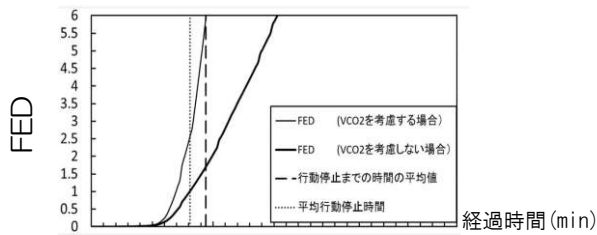
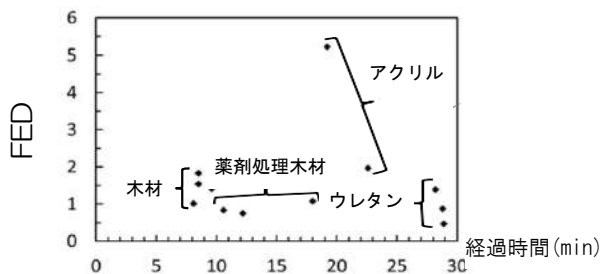


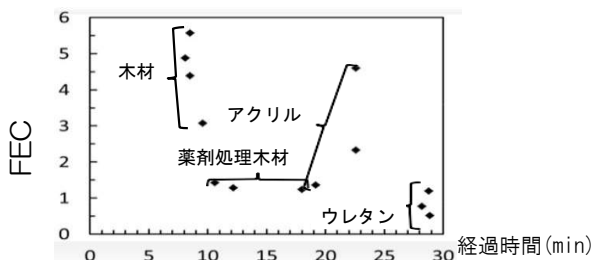
図 1 ガス有害性試験装置



(a) FED とマウスの行動停止時間 (ラワン)



(b) FED とマウスの行動停止時間 (A~E)



(c) FEC とマウスの行動停止時間 (A~E)

図 2 ガス有害性試験の結果

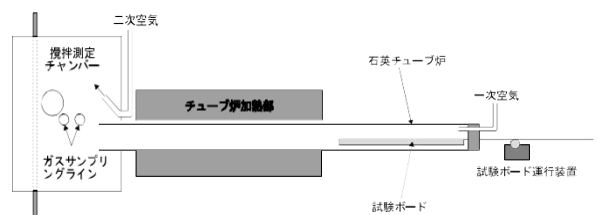
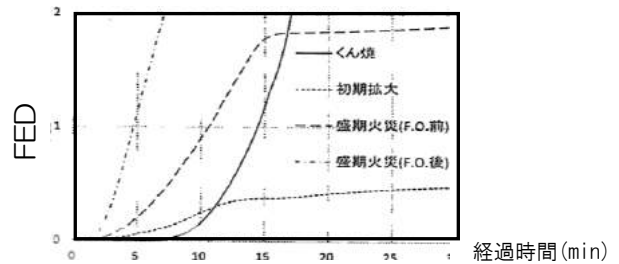
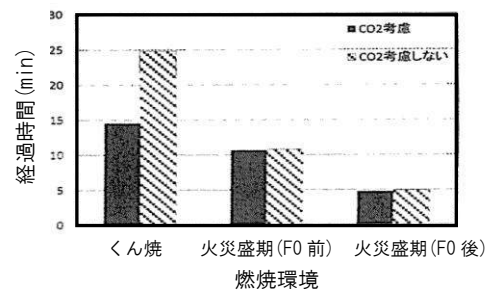


図 3 チューブ炉



(a) 燃焼環境に応じた FED の測定結果 (スギ)



(b) 燃焼環境に応じた FED の測定結果

図 4 チューブ炉による FED と燃焼環境による違い

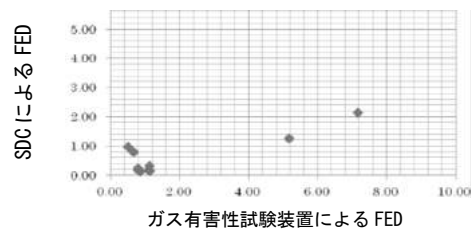


図 5 SDC とガス有害性試験装置による FED の比較

濃度を測定し、以下の知見を得た。SDC とガス有害性試験装置の FED の比較を図 5 に示す。

- 50kW/m²の加熱では約 26.5 分で FED が 1 を超えた。
- 燃焼環境について、加熱強度は任意に設定可能であるが、密閉式のため酸素濃度は材料の燃焼で決まる。

(4) 発熱性試験装置

発熱性試験装置は、酸素の混合が多い燃焼条件となっているため、毒性を評価する上では適当でない。

(5) まとめ

検討の結果、性能評価で使用されるガス有害性試験装置を用い、ISO13571 に規定された評価手法で評価する手法の妥当性が示されたため、この手法を提案する。