

3) - 2 避難安全性を考慮したガス有害性試験の適切な基準材選定に関する研究【安全・安心】

Study on Selection of Proper Reference Material for Rotative Cages Smoke Toxicity Test of Japan Pertaining to the Safety of Evacuees

(研究開発期間 平成 30～令和元年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

趙 玄素
XUANSU Zhao

The rotative cages smoke toxicity test of Japan evaluates the toxicity of combustion gases referencing to the time to behavioral incapacitation of 8 mice, and red lauan (wood) is used as reference material. In this study, the history of the selection of red lauan is investigated, and the relationship between red lauan and safety of evacuees is simulated using FDS. Furthermore, an experiment on the relationship between the time mice reach behavioral incapacitation and Fractional Effective Dose (FED) is also discussed.

[研究開発の目的及び経過]

平成 12 年に建築基準法が改正され、防火材料の試験方法の一つとして、ガス有害性試験が定められた。ガス有害性試験は、受験材料の試験片を加熱し、発生した燃焼ガスの有害性をマウスの行動停止時間を基に判断する。長年にわたり運用されているものではあるが、マウスを用いた動物試験であり、動物愛護の観点から決して好ましいものではない。世界的にも材料の毒性評価試験は見直しが進められており、たとえば、欧州諸国では、燃焼ガスの定量分析手法が使用されている。我が国においてもガス有害性試験の見直しに向けた議論が今後本格化することが予想される。

既往の研究¹⁾では、ガス有害性試験において、通常計測されるマウスの行動停止時間に加え、各ガス成分の濃度を計測し、ISO13344、ISO13571 の手法に従って毒性値を算出した。マウスの行動停止時間と毒性値の関係性を明らかにすることにより、燃焼ガスの定量分析のみを行うことで、ガス有害性試験の結果を予測する手法案を構築されているが、技術的課題が残されている。そこで本研究では、その解決を図って、将来のガス有害性試験の代替手法の提案を視野に研究を進めることを目的とする。

[研究開発の内容]

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う。

1) ガス有害性試験で発生する燃焼ガスの影響：

ガス有害性試験の基準材として赤ラワンが選定された経緯を調査し、赤ラワンがガス有害性試験で発生する燃焼ガスの避難者への影響について米国 NIST で開発さ

れた FDS 解析で検討する。

2) マウス行動停止時間と毒性値の関係性明確化：

既往の研究¹⁾において、マウスの行動停止時間と毒性値の関係性が明らかにされているが、繰り返し性を確認するため、また、サンプル数が不足する範囲をカバーするため、実験を実施した。

[研究開発の結果]

1) ガス有害性試験で発生する燃焼ガスの影響：

ガス有害性試験の基準材として赤ラワンが選定された経緯については、1962 年の日本住宅公団赤羽台住宅火災実験で、屋内に配置した 50 匹のマウスの血中 CO-Hb 量を測定するなど、火災時の有害性に関する研究はわが国で活発になされた。1973 年にそれまでの研究成果を受けて、材料の燃焼生成ガスの毒性値を絶対値では求められないことから、火災時に有害なガスを放出する材料は危険な材料と評価すべきものとした。化学分析手法によるガス有害性の評価手法が確立するまでの当面の対策として、建築に昔から用いられている木材を基準材料とする相対評価方法を採用することとなり、基準材として当時建材等に広く使われていた赤ラワンが選定された。

赤ラワンが避難者に与える影響について調査した既往研究が少なかったため、FDS (Fire Dynamics Simulator) 解析を使用して、赤ラワンが燃焼した時の ISO13571 に定められている毒性値 FED (Fractional Effective Dose) について計算し、避難者への影響を検討した²⁾。

火災空間は ISO9705-1 ルームコーナー試験と同寸の部屋を想定し、100mm 角の赤ラワン材を燃焼させた時の CO 濃度および FED の結果を各々図 1、2 に示す。

図 1、2 から、CO 濃度も FED の値も低く、避難行動

に影響を及ぼすほどの有害性は見られなかった。本検証においては、赤ラワン材が少量燃えた時は有害性が十分に低く、避難に支障をきたすことがないため、ガス有害性試験の基準材としては妥当であったが、今後さらに様々なケースを想定して検討を継続する必要がある。

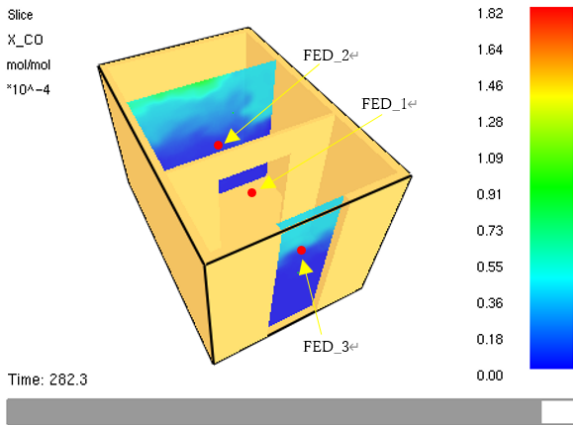


図1 CO濃度結果 (FDS解析)

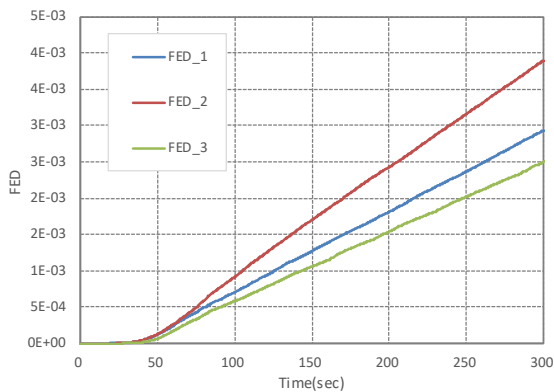


図2 FED結果 (FDS解析)

2) マウス行動停止時間と毒性値の関係性明確化³⁾ :

ガス有害性試験装置を用いて、加熱試験を行い、マウスの行動停止時間について測定を行った。試験体は高密度ポリエチレン(HDPE)、ポリ塩化ビニル(PVC)シート、PVC フィルム、メラミン含浸紙、アクリルクロス、ウレタンフォーム 43K、杉(日本産)、杉(フランス産)の8種類とした。

同じ試験体の燃焼生成ガスの定量分析のため、上記の試験体については、マウスを使用せずに再度実験を行い、表1に示す手法でガス分析を行なった。加熱開始から6分経過した時に、3L/分の流量で被験箱内の気体を20L捕集したものを分析した。

燃焼生成ガス全体の影響を評価するため、ISO13344のガス毒性モデルにより L_{FED} を求め、図3の関係が得られた。さらに、加熱開始から6分経過時のCO濃度とマウスの平均行動停止時間 X_s の関係は図4となった。

点線枠内にある5つの試験体が相関関係にある可能性があり、マウスの平均行動停止時間とISO13344毒性モデルに相関性があることを確かめた(図3)。また、瞬間

表1 測定項目および分析方法

測定項目	分析方法
CO	ガスクロマトグラフ法(GC/TGD)
CO ₂	
F/Cl/Br	イオンクロマトグラフ法 (捕集液:(1+99)過酸化水素水)
硫黄酸化物	
窒素酸化物	検知管法(GASTEC No.11L)
HCN	4-ピリジンカルボン酸-ヒラロン吸光度法(捕集液:5mol/L NaOH水溶液)

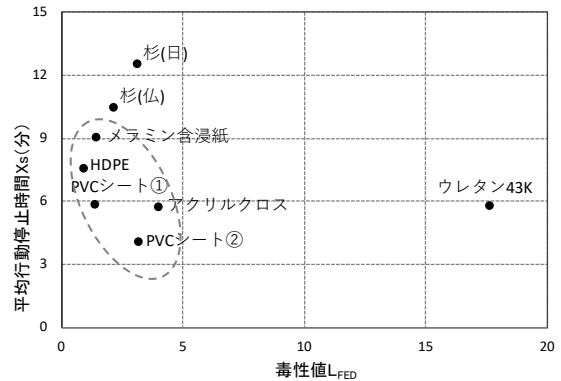


図3 毒性値とマウスの平均行動停止時間の関係

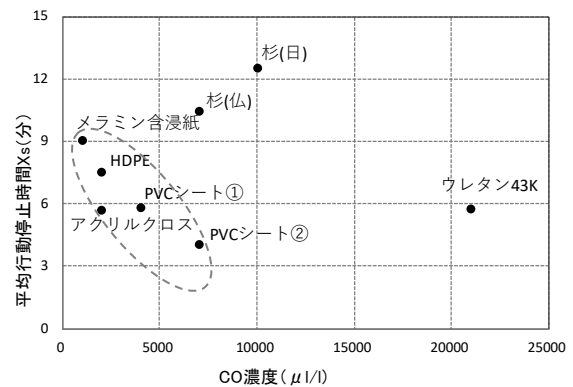


図4 CO濃度とマウスの平均行動停止時間の関係

値を使った評価は不十分であり、今後はISO13751にある毒性モデルを使い、暴露開始時間からの積分値を用いて検討を行う予定である。CO濃度と平均行動停止時間の関係を調べ、アクリルクロスはCO濃度が比較的低かったにも関わらず、 X_s は短い値となったことから、COのみによる平均行動停止時間の評価は難しいことが確認された(図4)ため、HCN等を始めとする他の有害性ガスも含め、今後詳しく検討する予定である。

【参考文献】

- 趙玄素, 野口貴文, 吉岡英樹, 成瀬友宏, 藤本郷史, 長谷善博, 早川哲哉, 林吉彦: ガス有害性試験のマウス使用数の削減手法について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2019
- Xuansu ZHAO et al., Numerical Study Using FDS on Toxicity of Combustion Gases in ISO9705-1 Room/Corner configuration, Summaries of technical papers of annual meeting of AIJ, 2020.9
- 趙玄素 他: 燃焼時生成ガスがマウスの行動停止時間に与える影響に関する研究, 日本火災学会 研究発表会梗概集, 2020年5月