

動物実験に替わる防火材料のガス有害性評価手法の開発(1)



国立研究開発法人 建築研究所 防火研究グループ 研究員 趙 玄素

研究背景・目的

○平成12年建築基準法改定

防火材料に有機材料が一定条件下で使用可能になった



不燃材料等の防火材料の性能評価試験

ガス有害性試験

「避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること」
(建築基準法施行令第108条の2)

【ガス有害性試験】

試験体(22cm角)を加熱して発熱した燃焼生成ガスにマウスを暴露した際のマウスの平均行動停止時間によって評価

赤ラワンを燃やした際の平均行動停止時間が**基準値6.8分**を超えた場合を合格とする

【問題点】

・建築材料固有の分解・燃焼生成ガスの定量分析をしていない

⇒実火災時における危険性と結びつくことが難しい

・動物愛護

⇒ガス成分分析を用いた代替手法の提案が求められている

本研究では、

- ・ガス成分分析しながらガス有害性試験
- ・マウスの曝露環境の毒性値を計算
- ・マウスの平均行動停止時間と比較

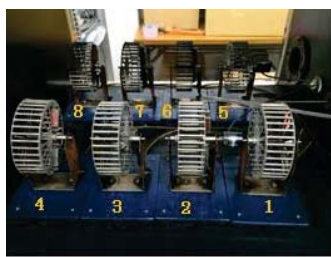


マウス使用数の削減手法について検討



↑被験箱内

↑ガス有害性試験装置



有害性ガスを評価することの重要性

火災時の危険要因

- ・酸素不足
- ・火炎
- ・熱
- ・分解ガス、煙
- ・材料の強度低下



- 新建材→シアン化水素
一酸化炭素の発生
- 煙により視認性が阻害、
有害ガスの影響で被害
- 火炎よりも速い伝播速度
⇒火災がそれほど大きくな
くとも死を招く例が多い



↑マニラで起きた火災



↑煙の中で避難する様子

代表火災事例

- ブラジルのリオグランデ・ド・スル州サンタマリアナイトクラブ火災(2013年)
天井材のポリウレタンフォームからシアン化ガスが発生 死者239名、負傷者169人
- 神戸市内木造共同住宅火災(2017年)
火元の火災室から2軒離れた部屋で煙を確認できない状況下で死亡者が生じた

国際的動向

90年代のアメリカニューヨーク市では、家具や内装材の毒性評価に動物試験が使われていたが、現在は試験法が廃止

国際規格ISOでは、動物の使用数は最小限に抑える方針

⇒ガス分析を使った評価方法がISO13571によって提示

EUでは現在動物試験が廃止されている
⇒スモークチャンバー試験+FTIRが評価に広く使用されている

ISO13571毒性モデル

[窒息性影響]

$$X_{FED} = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{[CO] \cdot v_{CO_2}}{35000} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{[HCN]^{2.36} \cdot v_{CO_2}}{1.2 \times 10^6} \Delta t$$

$$v_{CO_2} = e^{\frac{[CO_2]}{5}} \quad ; \text{過呼吸を考慮した頻度係数}$$

[刺激性影響]

$$X_{FEC} = \sum \frac{[irr.]}{F_{irr.}}$$



↑スモークチャンバー試験+FTIR

動物実験に替わる防火材料のガス有害性評価手法の開発(2)

実験結果・考察

始めにガスバーナーで3分間加熱
さらに1.5kWの電気ヒーターでも3分間加熱を加えた
合計**6分間**加熱し、各測定は、試験加熱開始後
から**30分間**行った。

マウス8匹を燃焼生成ガスに暴露し、平均行動停止時間 X_s を測定

$$X_s = X - \sigma$$

X : 8匹のマウスの行動停止までの時間の平均値
 σ : 8匹のマウスの行動停止までの時間の標準偏差

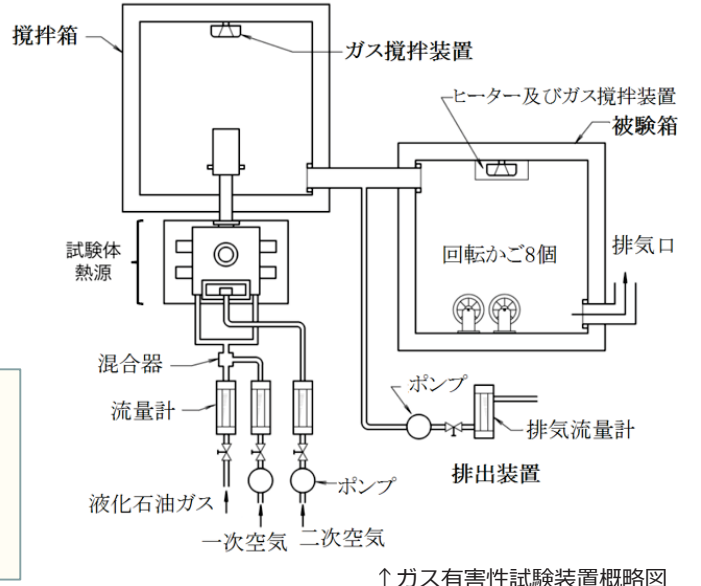
建築材料の燃焼生成物が避難者に与える影響の評価方法

- ガス成分分析試験により成分ガスの種類と量を明らかにし、既に明らかになっている情報を総合して生成物全体の有毒性を評価
- 実験動物に材料の燃焼生成物を吸入させて動物の症状によって毒性を判断

現行のガス有害性試験は相対的毒性を評価した試験であり、天然材料(木材)との比較により著しく毒性の高いものを排除するスクリーニング試験

本研究では

- マウスを用いた試験数削減に向け、行動停止時間と燃焼生成物の関係を明らかに
- 燃焼生成物の毒性値を計算することによって、動物実験の結果を予測し、合否の判断を行う
- 提案する代替手法のフローを示す



↑ガス有害性試験装置概略図

ISO13344

$$L_{FED} = \frac{m[CO]}{[CO_2] - b} + \frac{21 - [O_2]}{21 - LC_{50,O_2}} + \frac{[HCN]}{LC_{50,HCN}} + \frac{[HCL]}{LC_{50,HCL}} + \dots$$

$LC_{50,X}$: 30分間曝露した際に実験動物の半分が死亡するガスXの濃度(ppm)
($LC_{50,O_2}=5.4$, $LC_{50,HCN}=165$, $LC_{50,HCL}=3800$...)

m: CO-CO₂グラフの傾き

b: CO-CO₂グラフの切片(ppm)

L_{FED} が1.0になる時間→行動不能に至る可能性がもっとも高い

- ガス有害性試験において、ガス濃度計測を同時に行い、本来的に計測されるマウスの行動停止時間に加え、各ガス成分量を計測
- 各ガス成分量からISOの方法に従って毒性値を算出し、マウスの行動停止時間と比較
- 統計処理を施すことで、材料のガス有害性の合否をマウス試験を行わずに判定できる毒性値の範囲を示した

L_{FED} の95%信頼区間

下限の近似式 $y=9.85-1.60x$

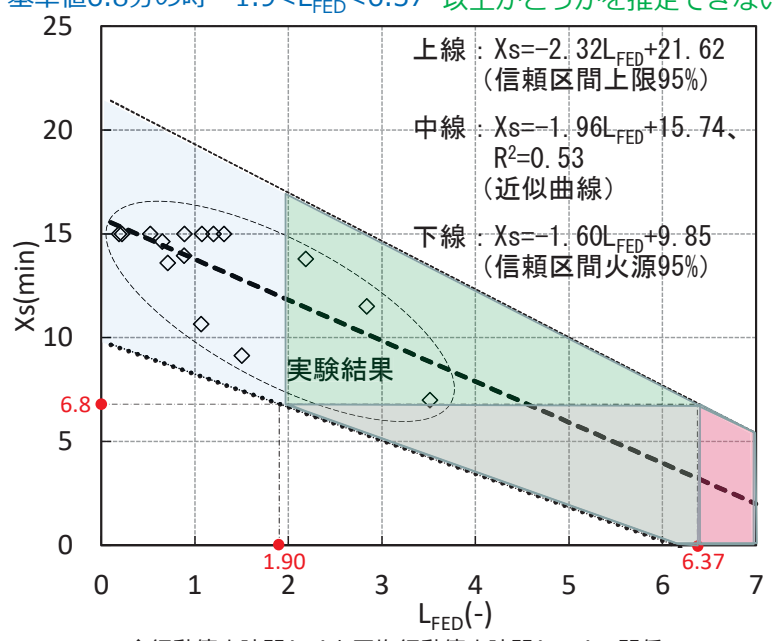
上限の近似式 $y=21.62-2.32x$

基準値6.8分の時 $1.9 < L_{FED} < 6.37$

不合格になる範囲

必ず不合格になる範囲

マウスの行動停止時間が6.8分以上かどうかを推定できない



↑行動停止時間(X_s)と平均行動停止時間(L_{FED})の関係

動物使用数削減手法のフロー図

