

ガス有害性試験におけるCOガスに着目した毒性評価についての検討

試験研究センター 耐火部 防耐火構造・材料試験室 正木 智大、土橋 常登
東京理科大学 松山 賢

1. はじめに

不燃材料等の防火材料の性能評価では、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評価するため、ガス有害性試験を実施します¹⁾。本試験は、試験体が燃焼した際に発生する燃焼生成ガスをマウスに暴露し、マウスの行動が停止するか否かによって、材料から発生するガスの毒性を評価します。現行のガス有害性試験はマウスを用いた動物の行動停止時間のみを評価する試験であり、材料から発生する燃焼生成ガスの定量分析を行っていません。また、動物愛護の観点から実験動物による試験を減らしたいのですが、近年では本試験は不燃材料等の防火材料だけではなく高速道路関係の試験方法にも取り入れられており、試験件数は増加傾向にあります。

実験動物による試験を代替するための手法に関しては、既往の研究報告^{2,3)}がある一方で、実験動物との関連を検証した報告はごくわずかです。こうした背景から、本稿では当法人がこれまでに行ったガス有害性試験の燃焼生成ガスから得られた一酸化炭素濃度（以下、CO濃度）とマウスの行動停止時間に着目した分析結果について報告します。なお、本稿は建築学会大会で発表した内容⁴⁾を再編したものです。

2. 試験概要

2.1 試験方法

試験は「防耐火性能試験・評価業務方法書 4.9.3 ガス有害性試験方法」に従って実施しました。試験装置は加熱炉、攪拌箱、被検箱、ガス分析装置で構成されています。ガス有害性試験装置の概要を図-1に示します。ガス分析装置は被検箱内の回転かごと同じ高さに設けた排気口からサンプリングされたガスのO₂、CO濃度を測定します。ガス分析計は2011～2013年は富士電機製、2021～2022年はテスト製を使用しました。

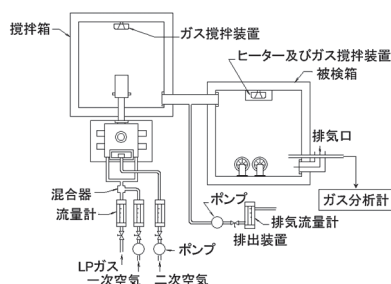


図-1 ガス有害性試験装置の概要

2.2 試験体

対象とした試験体は、壁紙、塗装、有機系断熱材、薬剤処理木材です。試験体の主な種類を表-1に示します。

表-1 試験体の主な種類

分類	主な種類
①壁紙	塩化ビニル系、繊維系など
②塗装 1	アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、メラミン系樹脂など（有機質量は 1,000g/m ² 未満）
③塗装 2	アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂など（有機質量は 1,000g/m ² 以上）
④有機系断熱材	ウレタン系
⑤薬剤処理木材	—

3. 分析結果

試験から得られたCO濃度、マウス行動停止時間（Xs値）から「CO濃度の最大値とマウス行動停止時間の関係」および「マウス行動停止時間までのCO濃度時間面積とマウス行動停止時間の関係」に着目して整理しました。図-2にCO濃度の最大値とマウスの行動停止時間の関係、また図-3にマウスが行動停止までに吸引したCO濃度時間面積とマウス行動停止時間の関係をそれぞれ示します。分類ごとの結果を下記に示します。

①壁紙

マウスが早期に行動停止となる事例は確認されませんでした。CO濃度の最大値は約6,000ppmでした。また、CO濃度時間面積は「塩化ビニル系」が最も大きい結果でした。

②塗装 1

CO濃度の最大値は壁紙と同程度でしたが、マウスの行動停止時間は試験体によって大きく異なることが確認されました。また、「メラミン系」はマウスの行動停止が早期に確認されましたが、CO濃度時間面積は小さい結果でした。

③塗装 2

CO濃度の最大値は、②と同様に壁紙や塗装1と同程度でした。「エポキシ系」でマウスの行動停止時間が6.8分（合否判定基準）を下回るものがありました。「エポキシ系」のCO濃度時間面積は小さい結果でした。

④薬剤処理木材

マウスの行動停止時間は6.8分を下回りました。CO濃度の最大値は他の材料に比べて著しく高い結果でした。CO濃度時間面積は小さく、塗装2（エポキシ系）と同程度でした。

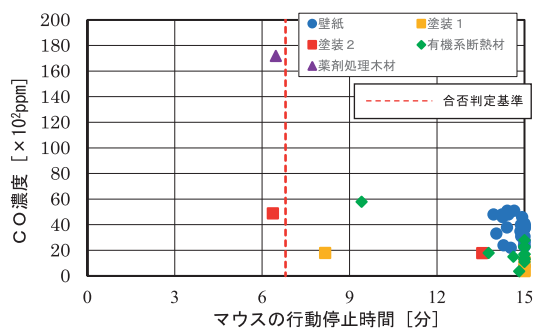


図-2 CO濃度の最大値とマウス行動停止時間の関係

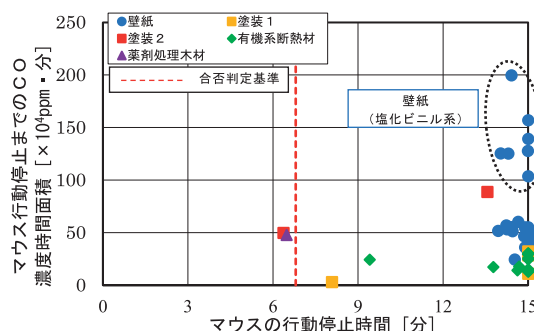


図-3 マウス行動停止時間までのCO濃度時間面積とマウス行動停止時間の関係

⑤有機系断熱材

マウスの行動停止時間は試験体によって大きく異なり、早期に行動停止する仕様ががありました。CO濃度の最大値は壁紙や塗装1、塗装2と同程度でした。CO濃度時間面積は小さい結果でした。

上記より、試験体の各分類で特徴的な結果が見られたものについてCO濃度の時間推移をまとめた結果を図-4に示します。④薬剤処理木材は加熱終了時(6分)にはCO濃度が約6,000ppmの高い数値が確認され、③塗装2では加熱終了時でCO濃度は約4,000ppmでした。一方で、①壁紙(塩化ビニル系)および②塗装1(メラミン系)は加熱終了時でCO濃度は約500ppmと低い数値であり、加熱終了後にCO濃度が緩やかに増加する傾向が確認されました。

4. 考察

今回の結果から得られた考察を下記に示します。

- ・ 燃焼時に生成されるCOガスにおいて「CO濃度の最大値」や「試験開始からマウスの行動停止までの累積値(CO濃度時間面積)」ではガスの毒性を評価する基準が見いだせないと考えられます。
- ・ ある一定のCO濃度を継続して超過した試験体においてはマウスが行動停止に至る傾向が確認されました。このことから、「マウスの行動停止はCOがある一定濃

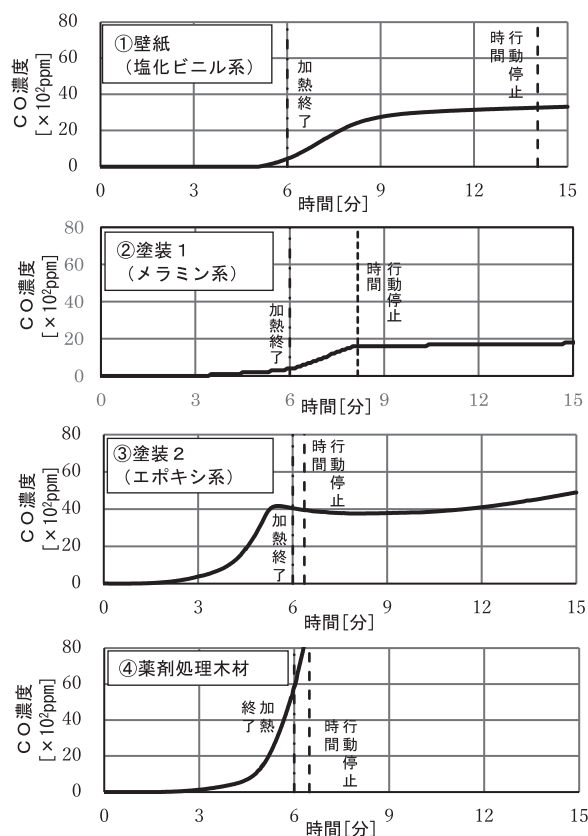


図-4 CO濃度-経過時間関係

度を継続することによって生じる」と考えられます。

- ・ 塗装1(メラミン系)では、CO濃度が低い場合でマウスの行動停止時間が早い結果が確認されたことから、CO以外の発生ガスの毒性が影響を及ぼしたと考えられます。

5. まとめ

燃焼時に生成されるCOガスを調べることで一定以上のCO濃度と継続時間の関係性からガスの有毒性を評価することが可能ではないかと考えられます。また、本稿ではCO以外のガスに対する検討が行っていませんので、同様の検証をその他のガスに対して行う予定です。

【参考文献】

- 1) ガス有害性試験方法, 防耐火性能試験・評価業務方法書, (一財)日本建築総合試験所
- 2) 趙玄素: 避難安全性を考慮したガス有害性試験の妥当な基準材選定に関する研究, 令和元年度に終了した研究開発, 建築研究所年報, 第54号, pp.13-14, 2019年度
- 3) 趙玄素, 吉岡英樹, 福田泰孝: ガス有害性試験における動物使用の見直しに向けて-FTIRを用いた際に信頼性の高いデータを得る実験手法について-, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 防火, pp.7-8, 2021.9
- 4) 正木智大, 土橋常登, 松山賢: ガス有害性試験におけるCOガスに着目した毒性評価について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 防火, pp.35-36, 2023.7