

3) - 5 ガス有害性試験における動物使用見直しに向けたガス成分分析手法構築に関する研究【安全・安心】

Study on Alternative Methods of Gas Toxicity Test of Japan Using Gas Analysis

(研究開発期間 令和2~3年度)

防火研究グループ
Dept. of Environmental Engineering

○趙 玄素
Xuansu ZHAO

吉岡 英樹
Hideki YOSHIOKA

The rotative cages smoke toxicity test of Japan evaluates the toxicity of combustion gases referencing to the time to behavioral incapacitation of 8 mice, an alternative method using gas analysis is needed for animal protection movement. In this study, the Experimental technique for obtaining reliable data using FTIR is investigated, and the relationship between ISO 5659-2 Smoke Chamber Test and Toxicity Test of Japan focusing on the yields of asphyxiate gases 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、防火材料を評価する国土交通大臣認定に関わる性能評価試験に、発熱性試験等の他にガス有害性試験が定められた。ガス有害性試験は、22cm角の材料片を加熱して発生した燃焼ガスにマウスを曝露し、その行動停止時間を基準値6.8分と比較することによってガスの有害性を評価している。

ガス有害性試験は動物試験であるため、生成ガスの定量化ができないなど、様々な問題点が挙げられ、動物愛護の観点からも好ましいものではない。従って、動物試験に代わる評価手法の提案が求められている。

欧州諸国では、ガス有害性を評価する手法として、燃焼ガス成分の定量分析手法が使用されており(EN 17084、ISO 19021¹⁾)、これはISO 5659-2²⁾スモークチャンバー試験(Smoke Density Chamber Test; 以下SDC試験)で発生した煙を採取し、フーリエ赤外分光光度計(FTIR)を用いて定量分析し、生成したガスの濃度から毒性指数CIT値を計算することにより、評価する手法となっている。

これまでの研究では、ガス有害性試験を行いながらフーリエ変換赤外分光連続ガス分析装置(以下FTIR)を用いてガス成分分析を実施し、ガスの種類や濃度から計算された毒性値とマウスの挙動を比較し、関係性を調べる方法を検討してきた³⁾。しかし、ガス有害性試験の代替手法提案に向けて、技術的課題が残されている。本研究では、本課題においてその解決を図って、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している。

【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った。

1) FTIRを用いた際の信頼性の高い測定結果を得るための試験手順の解明

2) 「ガス有害性試験+FTIR」とISO手法「スモークチャンバー+FTIR」の相関性解明

【研究開発の結果】

1) FTIRを用いた際の信頼性の高い測定結果を得るための試験手順の解明

ガス有害性試験装置(図1)を用いて、加熱試験を行った。通常ガス有害性試験は、攪拌箱下部にある加熱部に試験体を設置し、一次空気供給装置から3L/分、二次空気供給装置から25L/分の空気を供給しながら、液化石油ガスを熱源として3分間加熱後(流量:350ml/分)、加熱部に設置された1.5kWの電気ヒーターを加えて3分間加熱し、生成する燃焼ガスを8匹のマウスを入れた回転箱が設置された被検箱へ送るものである。被検箱からの排気量は10L/分であり、測定は加熱開始後15分間である。

今回の実験では、条件の違いによるガス成分分析結果を比較するため、試験体はすべて同種のアクリルクロスを用いた。被検箱内はマウスを使用せず、排気口までのライン上で右から5cm、16.5cm、22cm(被検箱中央)、39cmの4箇所FTIRのサンプリング位置を変えながら

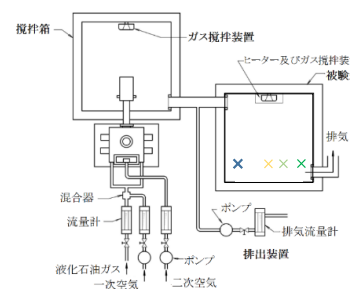


図1 ガス有害性試験装置概略図

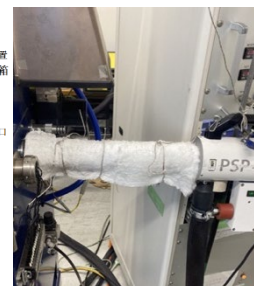


図2 サンプリング管被覆の様子

実験を行った(図1)。サンプリング管は2種類の長さ(30cmおよび80cm)を用意した。FTIRではサンプリングガスの温度を高温180℃に加熱しながら測定することを考慮し、加熱できないサンプリング管部分はセラミックファイバブランケットで被覆しながら実験し(図2)、しない状態と比較を行なった。攪拌箱および被験箱内の清掃方法については、洗剤および水それぞれで清掃し、比較を行った。各種条件は基本1回ずつ実験を行い、必要に応じて追加実験を行った。

サンプリングは排気口まで22cmのライン上(被験箱中央)の位置とし、サンプリング管は被覆した長さ80cmのものを用い、清掃に水を使用した場合を標準ケースとして実験を行った。

各条件による実験結果の違いを比較するため、測定結果から加熱時間6分間のCOとHCNの収率(yield)をそれぞれ計算した。収率とは「実際に生成されたガスの質量」の「燃焼で消費された燃焼物の質量」に対する割合であり⁴⁾、収率の結果から、以下のことが明らかになった。

①サンプリング管はできるだけ短い長さにし、測定位置は被験箱の中央が望ましい。

②攪拌箱および被験箱内の清掃について、洗剤と水で行なった場合の収率に違いが見られた。

今回の研究成果は、ガス有害性試験におけるマウスの行動停止時間と毒性値のさらなる関係を調べるために、今後活用される予定である。

2) 「ガス有害性試験+FTIR」とISO手法「スモークチャンバー+FTIR」の相関性解明

SDC試験装置の写真および主な部分の装置図を図3、4に示す。SDC試験装置を用いて、規格ISO 19021に従って加熱試験を行い、FTIRを用いて計測を行った。

本研究では、バーナーで加熱を行うガス有害性試験と比較を行うため、加熱条件は25kW/m²、50kW/m²ともに共に口火ありとした。試験体は75 mm角のものを用い、詳細を表1に示す。また、チャンバー天井中央部に固定されたプローブから生成ガスをサンプリングし、FTIRを用いて測定を行った。

SDC試験とガス有害性試験の比較を行うために、収率について計算を行い、比較⁵⁾を行った。ガス有害性試験は2020年に実施した実験³⁾の結果を用いた。収率については、燃焼状態が近い場合において、同じガス種の収率は似た値になるが、収率が著しく異なる場合は、燃焼状態が全く異なることが知られている⁶⁾。

比較の結果から、下記のことが明らかになった。

①SDC試験の25kW/m²加熱における燃焼状態は、ガス有害性試験と全く異なるものであった。また、木材(杉、赤ラワン)については、ガス有害性試験においてHCNの生成があったのに対し、SDC試験において生成は見られなかった。

②50kW/m²加熱を行った場合、ウレタンフォームは25kW/m²と比較してより近い収率の値であった一方、木材(杉、赤ラワン)はより大きな差が見られた。

③口火ありの条件で加熱を行った場合は、SDC試験の方がガス有害性試験よりも完全燃焼に近い燃焼状態となり、COおよびHCNの収率の値が小さいことが明らかになった。

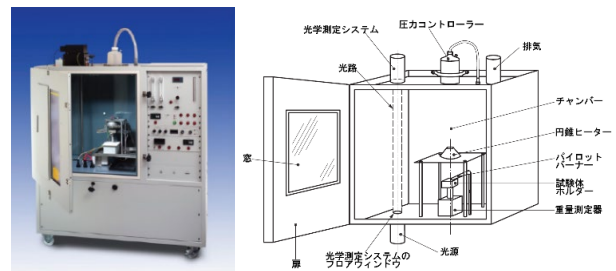


図3 SDC試験装置²⁾ 図4 SDC試験本体部分装置図²⁾

	寸法 (mm)			質量 g	密度 (g/cm ³)	加熱条件 (kW/m ²)	口火
	75.37	75.10	2.69	5.68	0.37	25	
アクリルクロス	75.00	75.65	23.95	5.61	0.04	25	あり
イソシアヌレートフォーム	74.92	75.28	22.08	5.23	0.04	25	
ウレタンフォーム	75.68	76.18	24.04	5.67	0.04	50	
塩化ビニル	74.91	75.21	3.91	16.98	0.77	25	
杉材	75.67	73.95	17.51	42.04	0.43	25	
	74.64	74.38	17.81	43.56	0.44	50	
赤ラワン	75.04	74.91	9.96	30.35	0.54	25	
	74.95	75.08	9.89	28.52	0.51	50	

表1 試験体および加熱条件の詳細

今後の課題として、今年度実施できなかった加熱条件(25kW/m²、50kW/m²ともに口火なし)を使ってSDC試験を実施し、ガス有害性試験と比較することにより、引き続きガス有害性試験の代替手法の検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) ISO/TS 19021:2018, Test method for determination of gas concentrations in ISO 5659-2 using Fourier transform infrared spectroscopy
- 2) ISO 5659-2:2017, Plastics -- Smoke generation -- Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test
- 3) 趙玄素ら：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, 2020年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.127-128
- 4) Gottuk, D.T., and Lattimer, B.Y., Effect of Combustion Conditions on Species Production, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering pp 486-528, 2016
- 5) ISO 29903, Guidance for comparison of toxic gas data between different physical fire models and scales
- 6) Per Blomqvist and Anna Sandinge, Experimental evaluation of fire toxicity test methods, RISE Report 2018:40