

ガス有害性試験における動物使用の見直しに向けて

防火研究グループ 研究員 趙 玄素 主任研究員 吉岡英樹 ベターリビング 福田泰孝

I はじめに

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。

現行のガス有害性試験は重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好ましいものではない。世界的に見ても、たとえば、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され、新たな試験法が導入されている。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いる¹⁾。

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²⁾。しかし、ガス成分分析に使用する FTIR が測定条件と環境の影響から実際の濃度と異なる測定結果を示す恐れがあることが知られている。本研究は、FTIR がガスをサンプリングするため使用するステンレスの管（以下サンプリング管）のサンプリング位置、長さや被覆条件、試験装置の清掃方法などを変えながらガス有害性試験を実施し、得られた結果を比較することにより、FTIR を用いた際に信頼性の高いデータを得る実験手順について調べた。

II 研究の概要

図 1 に示す試験装置を用いて、加熱試験を行った。通常ガス有害性実験は、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。昨年度の実験²⁾におけるアクリルクロスのマウスの平均行動停止時間は 5.76 分であった。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 ではサンプルガスの温度を高温（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ー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。攪拌箱および被検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（被検箱中央）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。

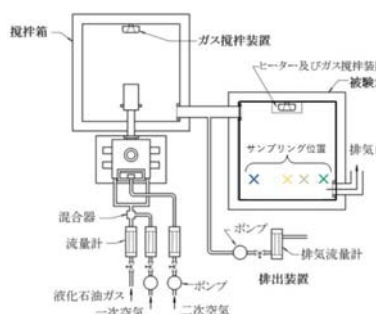


図 1 ガス有害性試験装置の概略図



図 2 サンプリング管被覆の様子

III 実験結果

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、ガス種 i の収率 (Y_i) は式 (1) から計算される³⁾。

$$Y_i = \frac{X_{iwet}(m_f + m_a)M_i}{m_f M_{mix}} \quad \dots \text{式 (1)}$$

X_{iwet} : ガス種 i のモル分率 (mol/mol)

m_f : 燃焼物の質量損失率 (g/s) m_a : 空気流入量 (g/s)

M_i : ガス種 i の分子量 M_{mix} : 空気の分子量

収率の結果から、以下のことが明らかになった。

① サンプリング管の測定位置

図3は、サンプリングの位置のみを変えた場合の収率を比較している。排気口まで22cmのライン上(被験箱中央)で測定を行った標準ケース場合の収率が一番高い値となったため、安全側に評価するためには中央での測定が望ましいことが明らかになった。

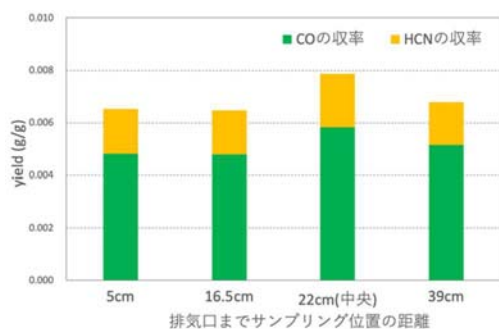


図3 サンプリング位置の比較

② サンプリング管の長さ

図4は、サンプリング管の長さのみを変えて測定した場合の収率を比較している。標準ケースである長い場合(80cm)と比べ、短い場合(30cm)の方の収率が大きい結果となった。サンプリング管の長さを長くすると、ガスがより多くサンプリング管内に付着する可能性が考えられる。

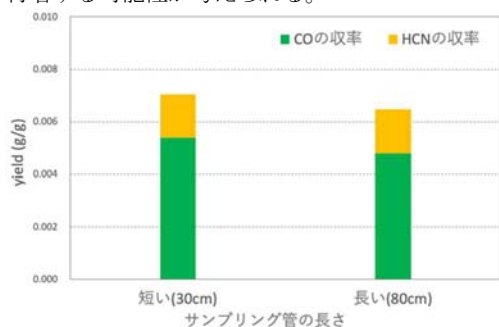


図4 サンプリング管の長さの比較

③ サンプリング管の被覆

図5は、標準ケースに対し、被験箱の外に露出した部分をセラミックファイバーブランケットで被覆しなかった場合の収率を示している。収集ガスによっては収率にばらつきがあったが、平均値については標準ケースとしなかった場合を比較し、今回の条件下では、ほとんど同じ値となった。

④ 清掃方法

図6は、標準ケースに対し、攪拌箱および被験箱内を洗剤(成

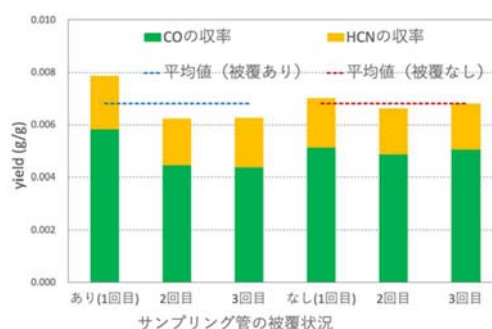


図5 サンプリング管の被覆有無の比較

分: 水酸化ナトリウム、界面活性剤(脂肪酸アルカノールアミド、アルキルアミンオキシド)、溶剤(グリコールエーテル)などで清掃し、完全に乾かした後に実験を行なった場合の収率を示している。標準ケースの水で清掃した場合と比べ、洗剤で清掃した場合の方が高い収率になった。

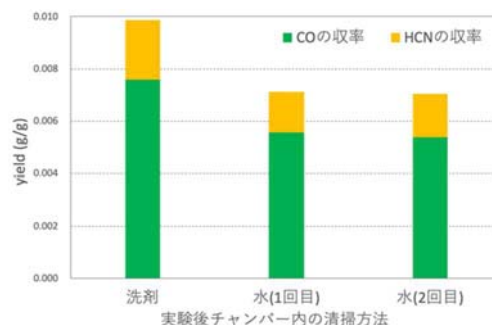


図6 実験後攪拌箱および被験箱内の清掃方法の比較

IV まとめ

実験を行い、FTIR を使用してガス有害性試験の生成ガスを分析する際に関して、以下のことが明らかになった。但し、今回は実験回数が少ないことから、結論の正しさを確かめるため、今後は検証実験を行う予定である。

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。

参考文献

- 1) Jurgen Troitzsch: Plastic Flammability Handbook 3rd Edition, HANSER, 2004
- 2) 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, 日本火災学会研究発表会概要集, 2020
- 3) Daniel T. Gottuk and Brian Y. Lattimer: Effect of Combustion Conditions on Species Production, SPFE Handbook of Fire Protection Engineering 5th Edition