

ISO 5659-2 スモークチャンバー試験とガス有害性試験の比較に関する研究

-その1 スモークチャンバー試験における FTIR の結果について-

正会員 ○福田 泰孝*1 趙 玄素*2 吉岡 英樹*3 成瀬 友宏*4 早川 哲哉*5

ガス毒性 ガス有害性試験 ガス成分分析
FTIR スモークチャンバー試験 収率

I はじめに

現在、防火材料に関する国土交通大臣認定の性能評価においては、発熱性試験などの他にガス有害性試験が定められている。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その有害性を評価している。

ガス有害性試験は動物実験であるため、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、動物実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方法として、燃焼ガス成分の定量分析法が使用されており(EN 17084、ISO/TS 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 (以下 FTIR とする) を用いて定量分析し、測定したガスの濃度から毒性指数 CIT_G 値を計算することにより、評価する手法となっている。

昨年度の報告³⁾では、25kW/m²、50kW/m² 口火ありの条件で SDC 試験を実施し、ガス有害性試験の結果と比較し、それぞれの試験の特性について調べた。ガス有害性試験の代替手法について検討するために、昨年度に引き続き SDC 試験を行い、本報その 1 では SDC+FTIR の実験概要および結果を示す。その 2 では FTIR によるガス成分分析結果から収率および CIT_G 値を計算し、ガス有害性試験との相関性について示す。

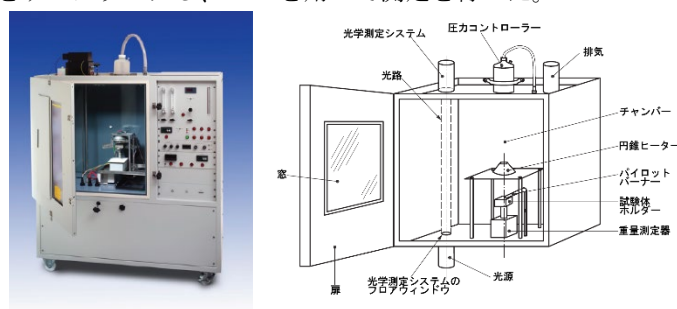
II 実験の概要

SDC試験装置の写真および主な部分の装置図を図1、2に示す。SDC試験装置を用いて、規格ISO/TS 19021に従って加熱試験を行い、FTIRを用いて計測を行った。

SDC試験では、試験体をチャンバー内で水平に保持し、その上面を一定熱放射で曝露し、生成ガスをチャンバー内に蓄積させる。一般的に、壁や天井のように広範囲に加熱される材料は口火なし50kW/m²、火炎からより少ない放射熱を受ける床材は口火あり25kW/m²で加熱させることが多い⁴⁾。本研究では、それぞれの加熱条件下における各

種材料の燃焼性状について調べるため、加熱条件は25kW/m²口火あり、50kW/m²口火なしとした。

試験体は75 mm角のものを用い、詳細を表1に示す。試験体はアクリルクロスA、B、赤ラワンA、B、スギ、ウレタンフォーム、塩化ビニル(PVC)の計7種を用いた。また、チャンバー天井中央部に固定し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。

図1 SDC 試験装置²⁾図2 SDC 試験本体部分装置図²⁾

	寸法 (mm)			質量 (g)	密度 (kg/m ³)	加熱条件 (kW/m ²)	口火
アクリルクロスA	74.5	75.0	1.0	1.9	345.4	25	あり
	75.0	75.0	1.0	1.9	337.8	50	なし
アクリルクロスB	75.0	75.0	1.1	1.8	280.7	25	あり
	76.0	74.0	1.2	1.8	272.6	50	なし
赤ラワンA	75.0	74.0	9.5	26.8	507.5	25	あり
	75.9	75.7	9.8	21.7	384.9	50	なし
赤ラワンB	75.0	74.5	9.5	30.6	576.5	25	あり
	76.0	75.0	9.8	29.3	525.2	50	なし
スギ	74.4	75.0	15.6	28.3	324.4	25	あり
	76.2	74.6	15.6	35.4	399.6	50	なし
ウレタンフォーム	74.9	74.8	24.6	5.6	40.3	25	あり
	74.8	75.0	24.9	5.7	40.4	50	なし
PVC	74.8	76.1	3.8	16.8	775.8	25	あり
	74.8	74.8	3.8	16.5	777.5	50	なし

表1 試験体および加熱条件の詳細

III 実験結果

FTIR の結果のうち、主な燃焼生成ガスの成分および濃度を図3の (a) ~ (h) に示す。なお、FTIR による測定結果はスペクトルおよび検量線を使って精査された濃度値を使用した。計測で得られたスペクトルは設定した検量線から濃度値を返すが、検量線で設定した波数域に異なるガス成分の干渉による影響や、想定する最大生成濃度を超えるガス成分がないかについて確認した。また、FITR の測定は SDC 試験を開始する 3 分前から行ったが、図3は SDC 試験開始時から 10 分間の結果を示す。

すべての試験体から一酸化炭素 CO が生成した。アクリルクロス A、B から共に一酸化窒素 NO、シアン化水素 HCN および二酸化硫黄 SO₂ が両加熱条件下で生成した。赤ラワン A からは 50kW/m² で加熱した時のみホルムアルデヒドと NO が生成し、赤ラワン B はそれに加え塩化水素 HCl と二酸化窒素 NO₂ が両加熱条件下で生成した。スギからは赤ラワン A と同じホルムアルデヒドと NO が両加熱条件下で生成した。ウレタンフォームからは塩化水素 HCl、フッ化水素 HF、HCN、NO が両加熱条件下で生成した。塩化ビニルからは、NO、HCN が両加熱条件下で生成し、ホルムアルデヒドが 50kW/m² で加熱した時のみ生成し、さらに高い濃度の HCl が両加熱条件下で生成した。

表 2 に加熱時における各試験体の着火時間および消火時間を示す。表 2 から、アクリルクロス (A,B) とウレタンフォームは 25kW/m² 口火ありの条件が最も早く着火したが、赤ラワン (A,B) とスギおよび塩化ビニルは 50kW/m² 口火なしの条件が最も早く着火した。また、スギ以外の試験体においては、50kW/m² 口火なしの条件がより

高い濃度の CO が生成したのに対して、スギは 25kW/m² 口火ありの条件が最終的により高い濃度の CO を生成した。その他のガス成分の濃度にそれほど大きな違いは見られなかった。

表 2 各試験体の着火時間および消火時間

		アクリルクロスA	アクリルクロスB	赤ラワンA	赤ラワンB	スギ	ウレタンフォーム	PVC
着火時間 (sec)	25kW/m ²	13	12	34	31	20	0	36
	50kW/m ²	21	20	21	22	17	10	10
消火時間 (sec)	25kW/m ²	75	78	-	-	-	106	-
	50kW/m ²	70	89	-	-	-	390	-

IV 終わりに

本報その1ではSDC+FTIRの実験概要および結果を示した。

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) A. Stec, R. Hull, Fire toxicity, Woodhead Publishing in Materials, 2010

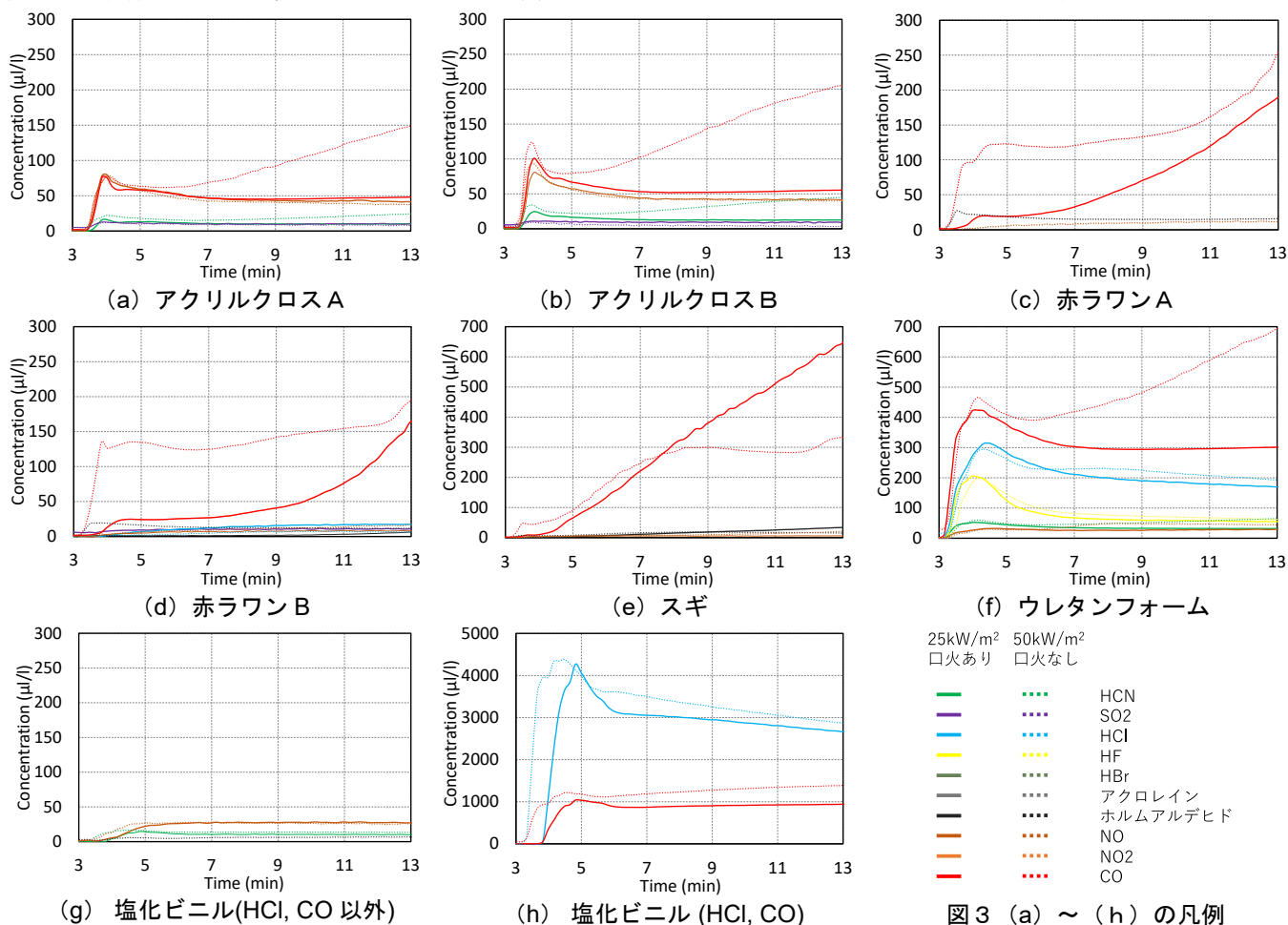


図 3 主な燃焼生成ガスの成分および濃度

*1 国土技術政策総合研究所, *2 ベターリビング
*3 東京大学大学院, *4 建築研究所
*5 東京システムバック

*1 National Institute for Land and Infrastructure Management
*2 Center for Better Living, *3 The University of Tokyo
*4 Building Research Institute, *5 Tokyo System Vac.