

建築材料の燃焼時におけるガス有害性に関する一考察

- ガス有害性試験における木質系材料の性状

正会員 ○ 福田泰孝* 同 遊佐秀逸*

建築材料 燃焼 木質系材料 ガス有害性

1. はじめに

火災による死者の数は、近年約 1000 人程度で推移しており、その主な死因は直接、間接を含めると一酸化炭素(CO)等の有毒ガスであるとされている。44 人の死者を出した 2001 年 9 月 1 日の新宿歌舞伎町雑居ビル火災が記憶に新しい。実際に、海外の火災統計でも、高濃度の有毒ガスによる即座の心肺停止に至らずとも、先行する運動機能障害による避難行動の阻害を含めればおよそ死者の 70~80%が煙・有毒ガスの吸入に起因するとされている。有毒な主要成分ガスは古来一酸化炭素(CO)であり、特殊なケースとして近年の合成高分子化学物質から発生するシアン化水素(HCN)等が挙げられている。

ここでは、建築基準法に規定する防火材料に対する試験の一つであるガス有害性試験方法の開発経緯と当該装置を用いた木質系の材料に関する試験結果について報告する。

2. 経緯

本試験装置による「ガス有害性試験」が旧建設省告示として 1976 年(昭和 51 年)に制定された背景には、1972 年(昭和 47 年)5 月に発生した大阪市千日デパート火災(死者 118 人)、そして 1973 年(昭和 48 年)9 月の熊本大洋デパート火災(死者 100 人)が大きく関与している。

試験法の開発は建設省建築研究所(当時)、東京大学、農林省林業試験場(現：森林総合研究所)等で実施された。

3. 国際的動向

煙の有毒性に関する研究が活発化したのは、1963 年(昭和 38 年)に米国 Underwriters Lab 報告書上で E. Dufour の“Survey of Available Information on the Toxicity of the Combustion and Thermal Decomposition Products of Certain Building Materials Under Fire Conditions”¹⁾ という論文が発表されて以降であろう。ISO でも TC92 の中に WG12(Toxic Hazard in Fire)が組織され、その後 SC3 に昇格して現在も活動が続いている。

(1) 各国の燃焼毒性規制

ドイツの DIN では動物実験を用いた燃焼ガス有害性評価法が定められていたが、EU 統合で適用はされなくなった。英国海軍の潜水艦使用材料に対して成分ガス分析による評価がある。米国ではニューヨーク州の規則でマウスを用いた試験により材料の燃焼毒性データの評価

(2) 研究の動向

1970 年代に我が国ではマウスを用いた試験による研究が活発化し、前述の「ガス有害性試験法」の制定に活かされた。米国では 1970 年代末から 1980 年代初めに国立標準局(National Bureau of standards, N B S 当時、現 National Institute of Standards and Technology, NIST)を中心にして研究が活発化し、実験動物(ラット)を用いて各種材料の毒性級別、成分ガスをラットに適用した N-Gas モデルの構築、火災危険評価モデルへの適用を意図した輻射加熱による試験法の開発等が実施されたが、1990 年代初めには燃焼毒性研究を終了している。

ISO ではこれら研究と併行して、燃焼モデル(試験装置)の統一化、成分ガス、血中有毒成分の分析法、動物試験法の標準化、指針文書の策定、成分ガス分析による毒性評価法等が検討されてきたが、普遍性のある国際規格の制定には至らず、現在では火災がもたらす周辺環境への影響評価に活動の中心が移りつつある。

4. 毒性評価方法の基本的考え方

建築物内の安全な避難のためには、煙による視程阻害の防止も必要な対策であるが、ここでは触れないこととし、評価の対象を急性吸入毒性に限る。

建築材料の燃焼生成物(煙、ガス等)が生体に対してどのような有害性を持ち、その有害性の強弱はどの程度かを評価したり、毒物学の見地から各種材料の安全性を評価したりするには、大別すると次の二つの方法がある。

- (1) 燃焼生成物のガス分析試験により成分ガスの種類と量を明らかにし、各成分ガスに関して既に明らかにされている情報を総合して生成物全体の有毒性を評価する方法。
- (2) 実験動物に材料の燃焼生成物全体を吸入させて動物が呈した何らかの症状(行動停止、死亡等)によってその有毒性を評価する方法。

上記(1)が最も合理的であることは明らかであるが、火災時に材料が燃焼・熱分解して発生する成分ガスは多岐にわたり、全てを分析して毒性評価をすることは不可能に近い。実際、前述の ISO でも鋭意検討が行われたが、現在では動物実験データを用いた評価法が主流となっている。

上記(2)においては、症状(死亡、行動不能等)を発生させる量の定量化が必要となる。通常、毒物学では LD₅₀ と言う概念が用いられる。これは吸入物質等の致死量であり、致死となる(Lethal)用量(Dose)の統計学的平均値と言うこと

Toxicity of combustion products of building materials,

Pat1: Experimental results on toxicity of wooden building materials

FUKUDA Yasutaka, YUSA Shuitsu

5. ガス有害性試験の概念

本試験法が開発された経緯は前述の通りであるが、幾つかの項目は以下の理由で定められた。

- (1) 毒性の評価は、絶対評価ではなく相対評価とする。即ち安全のレベルを定めるのではなく、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と言うことである。
- (2) 実験動物には取り扱いの簡便なマウスとしたが、その性別をメスとしたのは、当時オスのマウスの大量入手が困難な状況にあったためである。実験動物を適用する常識ではオス又は両性同数使用であるが、やむを得ない措置であった。
- (3) 燃焼装置は当時の防火材料評価試験に用いていたものの応用が基本であり、結果として表面試験機の加熱炉を改良して適用した。この加熱炉は元々英国の基準BSのパート7を模したものである。
- (4) 毒性評価の指標は致死ではなく、行動不能(行動停止)とする。

6. 実験概要

6.1 試験体

試験体は、標準材料であった赤ラワン、スギ、ヒノキ、及び難燃処理を施したスギ、ヒノキである。なお、被検体であるマウスはメスを中心としたが、赤ラワンについてはオスでも実験をした。

6.2 実験方法

概ね旧建設省告示に則ったが、現行の防耐火試験・評価業務方法書の規定も適用した。

7. 実験結果及び考察

実験結果を表1に示す。マウスの平均行動時間は、以前オスで実施した結果(ラワン7.38分、スギ7.65分)と比較す

ると、オスのラワンは同程度であるが、メスはスギも含めて若干短くなっている。

スギの無処理と難燃処理の比較では、鼓動停止時間に大きな差はないものの、CO濃度は前者が約1%程度に対して後者は半分の約0.5%となっており、有害性にCO以外が寄与していると言える。

ヒノキの同様な比較では、無処理のものの行動停止時間が約1.6倍長くなっており、CO濃度も約1/5と低くなっている。

今後はこれら結果を踏まえてガス分析値と行動停止の関係を検討する必要がある。

[参考文献]

- 1) Dufour, R.E., Survey of Available Information on the Toxicity of the Combustion and Thermal Decomposition Products of Certain Building Materials Underwriters Laboratories, Chicago (1963).
- 2) 遊佐秀逸、火災時における燃焼生成物からみた材料の有害性評価に関する研究、東京大学学位論文、1978年12月
- 3) Baburauskas, V., Levin, B.C., Gann, R. G., Paabo, P., Harris, R. H. Jr., Peacock, R. D., and Yusa, S., Toxic Potency Measurement for Fire Hazard Analysis, NIST Special Publication 827. [U. S.] Natl. Inst. Stand. And Tech. (1991)
- 4) 上垣拓也、土橋常登他、ガス有害性における燃焼生成ガスの毒性評価についての検討 - その1 ; ガス有害性試験装置及び試験方法、日本建築学会2006年度学術講演梗概集、A-2防火、2006年9月
- 5) 平沼広之、土橋常登他、同上、その2 ; ガス有害性ラウンドロビンテストの結果、同上
- 6) 土橋常登、田中義明他、同上、その3 ; CO濃度に着目した燃焼ガスの毒性評価、同上

表1 実験結果

材料	試験体 質 量(g)	質量 減少 量(g)	排気最高 温度()	マウス行動停止時間(分)			ガス最高(最低)濃度(%)		
				平均	MAX	MIN	CO	CO2	O2
ラワン	244.7	57.6	394	8.6	11.3	6.8	1.05	4.55	15.28
	245.9	56.7	385	9.5	11.7	7.7	0.97	4.47	15.22
	250.4	59.0	396	7.7	9.0	7.0	1.11	4.67	15.18
	247.3	59.7	391	8.0	8.9	7.1	0.96	4.00	17.05
スギ	250.0	58.5	379	8.6	10.1	7.5	1.21	5.80	13.76
	248.8	56.7	373	9.0	10.3	7.8	1.10	5.59	14.01
ヒノキ	311.6	55.1	388	9.1	12.6	7.9	1.10	5.23	14.42
	308.7	57.1	388	8.0	9.0	6.8	1.19	5.51	14.04
難燃処理スギ	470.4	41.6	288	9.3	10.8	7.9	0.47	2.17	17.46
	468.2	39.1	279	8.9	10.2	7.5	0.44	2.04	17.58
難燃処理ヒノキ	500.5	35.2	236	13.5	15.0	11.4	0.20	2.07	17.86
	506.3	33.1	229	14.3	15.0	12.2	0.18	2.01	17.95

* (財)ベタリーピング 筑波建築試験センター

** (財)ベタリーピング 筑波建築試験センター(工博)

Tsukuba Building Test Laboratory, Center for Better Living

Tsukuba Building Test Laboratory, Center for Better Living