

ガス有害性試験における燃焼ガスの毒性評価についての検討
その3 CO濃度に着目した燃焼ガスの毒性評価

正会員 土橋 常登*¹ 同 田中 義昭*¹
同 田坂 茂樹*¹ 同 西本 俊郎*²
同 入江 雄司*³ 同 遊佐 秀逸*⁴
同 吉田 正友*⁵

ガス有害性試験 燃焼ガスの毒性 実験動物
CO濃度 加熱減量 木材

1. はじめに

内装材料における燃焼生成ガスの人体に対する毒性については、定量的な予測法が確率されていないのが現状である。建材に使用される可燃性の材料は、ほぼ全ての材料で燃焼時にCOを発生する¹⁾。材質によっては毒性の強い塩素系やシアン系のガスを発生させるものもあるが、この種のガスを発生させる材料は塩素や窒素を含む材料であるから、それらを除けば毒性の主要因がCO濃度に依存するものと考えられる。そこで本報ではCOの発生が毒性の主要因となる木質系材料に着目し、ガス有害性試験におけるCO濃度とマウスの平均行動停止時間(以下、Xs値とする)との相関を調べることで、ガス分析値から定量的な毒性評価を実施することができないか検討することとした。

2. 試験結果(ガス濃度分析値)

各樹種における加熱減量[g]、CO濃度[%]、CO₂濃度[%]、Xs値[分]を表1に示す。ただし、各値とも全機関の平均値を示している。

2.1 CO濃度とXs値との関係

表1より、最大CO濃度が高くなるにつれ、Xs値が小さくなる傾向がある。結果からXs値が評価判定基準である6.8分となる最大CO濃度は約1.0%である。最大CO濃度とXs値との関係を図1に示す。因みに、XsとCO濃度との相関係数を求めると-0.85であり、強い相関があると言える。

2.1 燃焼効率とCO濃度との関係

燃焼効率とCO発生量にも相関が見られ、標準材であるラワンを基準とした燃焼効率を考えると、パーティク

表1 試験体と試験結果

試験体		試験結果					
樹種	比重	加熱減量 [g]	最大CO濃度 [%]	最大CO ₂ 濃度 [%]	CO ₂ /CO	Xs [分]	[Xs]
パーティクルボード	0.73	81.6	1.18	4.96	4.20	5.8	0.32
MDF	0.74	84.1	1.60	5.42	3.38	6.1	0.22
ラワン	0.53	55.4	1.06	4.72	4.45	7.4	0.36
ペイマツ	0.49	53.4	0.84	4.43	5.27	8.3	0.71
ヒノキ	0.43	48.1	0.81	4.48	5.53	9.1	1.54
スギ	0.35	51.2	0.88	4.96	5.64	8.6	0.80

ルボードとMDFではCO₂/CO値がラワンより小さく燃焼効率が悪いことがわかる。その結果COの発生量が多くなりXs値が小さくなっている。逆に、ラワンよりCO₂/CO値が大きく燃焼効率の良いペイマツ、ヒノキ、スギではCOの発生量が少なくXs値も大きくなっている。各樹種の燃焼効率と最大CO濃度を図2に示す。

2.2 加熱減量とXs値との関係

加熱減量とXsに着目すると、加熱減量が多くなるにつれてXs値[分]が小さくなる傾向にある。また、比重の大きな樹種ほど加熱減量が多くなっている。ただし、ラワンより比重の大きいパーティクルボードやMDFは、接着剤である樹脂分が多いことから加熱減量も多くなっていることが考えられ、ラワンより比重の多い天然木においては確認する必要がある。加熱減量とXs値との関係を図3に、比重とXs値との関係を図4にそれぞれ示す。

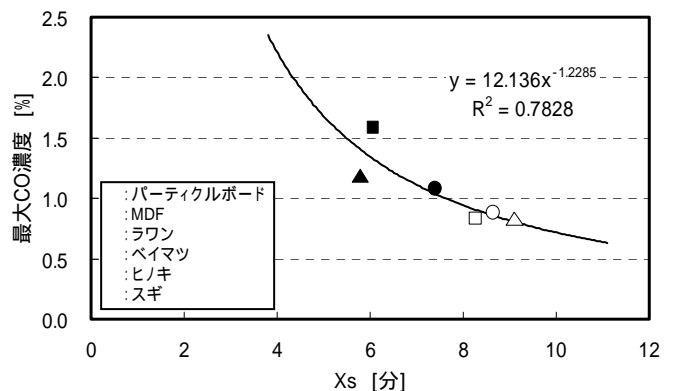


図1 最大CO濃度とXs値

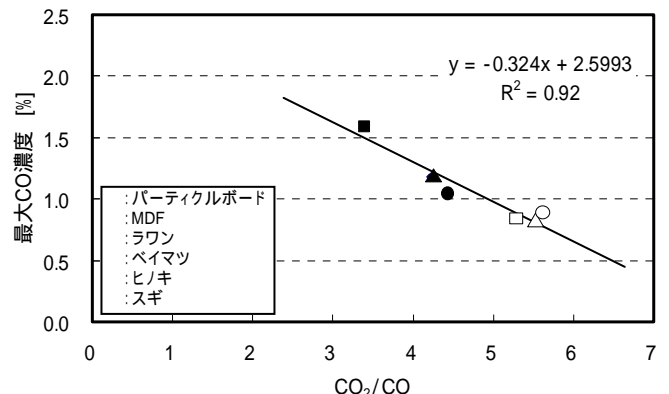


図2 燃焼効率と最大CO濃度

2.3 CO 濃度の時系列変化における考察

D機関における各樹種の CO ガス濃度を時系列で表した結果を図 5 に示す。結果から全ての樹種で加熱が終了するまでの間 CO 濃度は上昇し、加熱が終了する 6 分直後でピークに達する。その後は緩やかに減少している。6 分直後で CO 濃度のピークを迎えることから、最大 CO 濃度の大きい材料ほど CO の生成速度が速く、暴露量も多くなると言える。そこで、マウスへの CO の暴露量を CO 濃度と時間の面積[%・s]で考え、加熱終了時までの時間および各樹種における Xs までの時間の CO 濃度時間面積[%・s]を算出した。その結果を表 2 に示す。

表 2 各樹種の CO 濃度時間面積[%・s]

樹種	加熱終了時までの CO 濃度時間面積	Xs 時までの CO 濃度時間面積
パーティクルボード	114.5	76.7
MDF	130.7	168.6
ラワン	102.5	209.2
ベイマツ	73.1	287.6
ヒノキ	50.5	246.3
スギ	74.1	243.5

表 2 より、各樹種で Xs 時までの CO 濃度時間面積に差を生じているが、CO 濃度時間面積が 240 を超えると CO 濃度の最高値が 1.0%を下回っていても行動停止がみられることがわかる。

3. 毒性の評価についての検討

木質系材料に限って判定基準を考えると、判定項目としては CO 濃度、加熱減量、CO 濃度時間面積が考えられ、この度の試験結果から評価判定基準以上マウスが行動するためには、CO 濃度が 1.0%以下、かつ CO 濃度時間面積が 200 以下であること、および加熱減量が 70g 以下であることが考えられる。

4. まとめと今後の課題

今回実施した実験の結果を以下に示す。

- (1) Xs 値は、木質系材料の比重と相関があり、比重が高いほど小さな値（早期に行動停止する）を示す。
- (2) Xs 値は、CO 濃度と相関があり、CO 濃度が高いほど小さな値を示す。
- (3) 評価判定基準を満足するには、最大 CO 濃度が 1.0%以下、CO 濃度時間面積が 200 以下、加熱減量が 70g 以下でなければならない。
- (4) 木質系材料では、CO 濃度、加熱減量、CO 濃度時間面積から毒性を評価することが可能と考えられる。

以上より、今回の実験結果からは、実験動物を使用せず、ガス分析値のみで毒性を確認することについて可能性を見いだすことができた。今後は木質系以外の材料に、

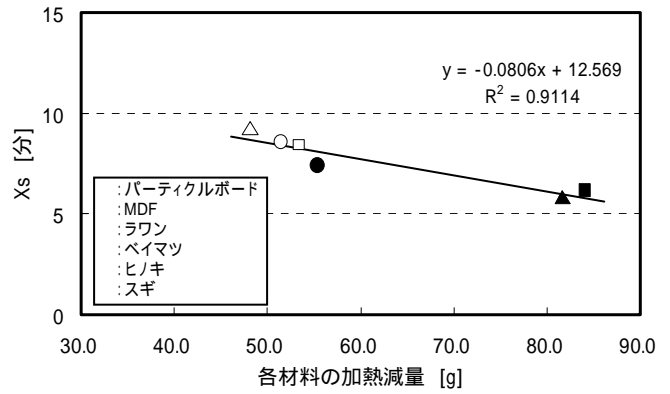


図 3 加熱減量と Xs 値

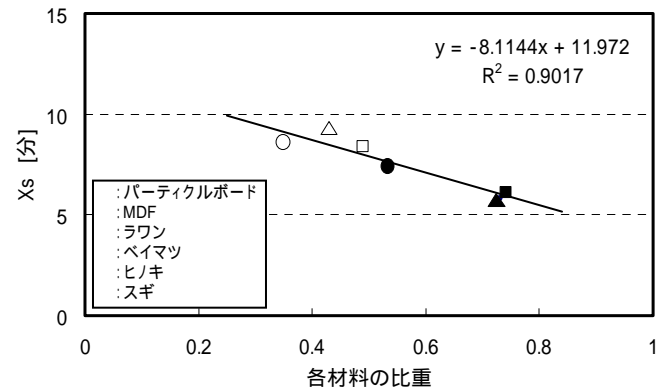


図 4 比重と Xs 値

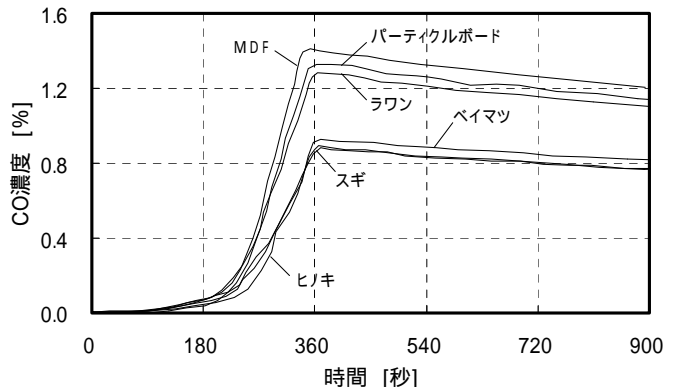


図 5 CO ガス濃度測定曲線

についても確認し、より一般的な毒性評価ができればと考える。さらに、発熱性試験装置のガス分析値との相関を確認することができれば、その結果によって、燃焼ガスの毒性を評価することも可能であると考えられる。

<参考文献>

1) 建築防火教材 pp25-29, 日本火災学会

<謝辞>

本研究内容は、防耐火性能評価機関打合せ会傘下の防火材料 WG にて検討したものの一部である。また、独立行政法人建築研究所の吉田正志氏、国土交通省国土技術政策総合研究所の五頭辰紀氏には、本研究を進めるにあたり多大なるご助言、ご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

*1 (財) 日本建築総合試験所
 *2 (財) 建材試験センター
 *3 北海道立北方建築総合研究所
 *4 (財) ベタリーピング筑波試験研究センター・工博
 *5 (財) 日本建築総合試験所・工博

*1 General Building Research Corporation of Japan
 *2 Japan Testing Center for Construction Materials
 *3 Hokkaido Northern Regional Building Res.Int.
 *4 Tsukuba Building Testing Laboratory, The Center for Better Living. Dr. Eng.
 *5 General Building Research Corporation of Japan. Dr. Eng.