OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	インテリア・ファブリックの燃焼性 : 発煙量および燃焼ガスの毒性に関する研究
Author(s)	佐々木, 桂
Citation	デザイン理論. 1969, 8, p. 52-75
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52513
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

インテリアファブリックの燃焼性・発煙量および燃焼ガスの毒性に関する研究

佐々木　桂

§1　はじめに

昭和38年の建築基準法の改正で，容積地区および特定街区の指定が新たに加わってから，各地で超高層建築物，地下街，或いは大規模建築物が建設されつつある。又，都市の人口集中化に伴う高層集合住宅の出現，レジャー産業の発展によるホテル，旅館，遊戯場などの増加と共に，こうしたビルや施設の火災があいつぎ，その度に多数の死傷者が出て，ビル火災が改めて社会問題化している。これらの建築物は，ひとたび火災が起ると，建物の規模の大きさ，機能の複雑さ，迷路性などのために，パニック現象を誘発し不測の大事故となり易い。又，このような大規模建築物の火災に対しては，従来の消防手段はほとんど無力であるといってよい。従ってこのような大事故を未然に防ぐには，まず建物そのものを燃え難くすること，或いは火災が起ってもそれを拡大させないようにして，人々が避難し易くすることが必要である。これまでの建築防火の考え方は火災後も柱・梁・床等の矩体が火や熱に耐えて，再使用出来ることが中心になっていた。この考え方は建物の内部は燃えてもよい，構造体が安全な状態で残ればよいということで，人間の安全性や避難への考慮が不足していたといえる。こういった点の反省と今後の建築の質的変化に対応して，今年４月１日付消防法の改正，５月１日付建築基準法施行令の改正が行われ，室内の不

燃化，難燃化をはかるため，内装材の使用基準がきびしくなったことは御承知のこと、思う。又，具体化はしていないが，内装材を発生煙量や有毒ガスの点で法的に規制しようという動きもある。日建設計においてもこうした動きに対応すると同時に，法の規制如何によらず，建築物の火災を未然に防ぐのは，設計事務所の社会的責任であるという観点から，内装材の防火研究を進めているが，その一連として，内装材のうち初期火災に対して最も抵抗力の弱いと考えられる，インテリアファブリックの火に対する性質を実験によって確かめたので，その概略をお知らせする。

現在，内装或いは装飾用として使われる繊維材料は多種あるが，それらは火災に対してどの程度燃え易いのか，炎の走る速さはどのぐらいなのか，発生するガスや煙は素材によって差があるのだろうか，これらを実験によって数値化して，設計の際繊維材料を選ぶ判断の基準にしたいと考えたのが本研究の目的である。

なお，この研究は京都大学建築学科の堀内研究室，株式会社川島織物，日建設計との協同研究で行われ，堀内教授には実験内容の検討や方法について指導を受け，川島織物には試料の提供，実験の実施をお願いした。

次に，この実験の結果はあくまで繊維材料を選ぶ判断の基礎資料であって，この結果ですべての繊維材料の火に対する性向を速断するのは危険である。というのは，インテリアファブリックとして使われている市場品は，ほとんどすべてが2種あるいは数種の素材の混紡，混織であり，糸の太さ，織り密度もすべて異っている。そのため単一素材のような単純な反応の仕方はしないし，燃え方も異ってくる。理想的には市場に出ている全商品の燃焼テストをすることが望ましいが，現実には不可能である。もう一つ，この実験中発生ガスの毒性および発煙量については，実際に起きる火災に近い状態の条件設定をすることが理想であるが，現実に起る火災はさまざまな要素があり，条件設定が非常に困難であるため，この実験では酸素供給充分な，一定試料の完全燃焼時のガス

・発煙量を出しており，この結果がすべての火災にあてはまるとは限らない。この辺にこの実験の限界がある。従って，この実験はあくまで繊維素材の火災に対する性質を知る１つの目やすであって，発生ガスの毒性などについてはより正確な結果を得られる方法を今後継続研究してゆくつもりである。

§ 2　実験項目

実験項目は次のように定めた。

(1)　各種繊維の燃焼性（小火源による着火性）

(2)　各種繊維の燃焼速度

　　炎の伝播速度

　　炭化長

(3)　各種繊維および建材の燃焼時の発生煙量

　　およびＣＯガス量の比較

(4)　各種繊維の Total gas の毒性

(1)については，繊維材料が火災に対して問題になるのは，初期火災の時に小火源が繊維にもえ移り，それが拡がって大火災になる恐れである。一般には繊維類は火がつきやすく，火災に対して，はなはだ危険だと思われているが，実際に市場に出ている繊維は，はたしてどの程度火をキャッチしやすいか，火のつきにくい繊維もあるのではないか，また最近法的にも義務づけられるようになった防炎加工した繊維はどの程度難燃性が付加されるのか，それらを数的に出してみようというのが狙いである。

(2)については，かりにカーテンのすそに火がついても，そのカーテンが燃え拡がりにくい性質をもっている繊維からできているとしたら，火はしばらく燃えていてもやがて消えてしまうかもしれない（自消性繊維)。また，ある繊維によっては，火がつくや否や瞬時に燃え拡がって大火災を起こすかもしれない。繊維のこのような炎の伝播スピードを知ることは，火災の初期消火の点で重要

である。

(3)については，ビル火災で炎と同様に問題になっているのが煙の量である。ビルのように遮閉された箱の中では煙の充満によって視界をさえぎられ，逃場を見失ったり，転落死したり，たいした火事でもないのに，煙の充満で気が動てんし事故を起こしやすい。ビル火災ではむしろ煙量が一番問題である（建築研究所斉藤氏，京大堀内教授）などにより，燃焼時の発生煙量を調べることにした。それと同時に，繊維材料とともに最も一般的に使われる内装各種建材の燃焼時における発生煙量を測定し，繊維材料との比較を行なった。また，火災時に発生するガスのうち最も量的に多いと思われるＣＯガス濃度を測定し，繊維材料と各種建材との火災時における発生ＣＯガス濃度の比較をあわせて行なった。

(4)については，最近のビル火災で多数の焼死者を出した例を詳しく調べてみると，ガスによる窒息死がほとんどである。このガスはＣＯガスが主であろうということは容易に想像がつくが，あまり内装材が燃えていないのに死者の出た例もあり，最近非常に多量に使われだしたプラスチックス類，合成繊維類から特殊な有毒ガスが出るのではないかということが論議されている。事実，ある種の樹脂や一部の合繊には青酸ガス，その他猛毒のガスを発生する組成が含まれている。このように火災におけるガスの毒性は重要な要素なので，本実験では燃焼時の Total gas についての毒性比較をすることにした。

§ 3　各種繊維の燃焼性（着火性）

§ 1でも述べたように，インテリア繊維材料の着火性が問題になるのは，初期火災の時，これに火がついて大火災をひき起こしはしないかという心配である。

つまり，カーテンのすそに火がついた時，そのカーテンがメラメラと燃え出して天井にまで火を呼ぶのは，どの繊維を使った時に起こりやすいか，煙草の

火ぐらいではビクともしないのは，どの繊維のカーテンかということである。大火災あるいは全火災の場合は，繊維材料に限らず，ほとんどの内装材が燃えるから問題にならない。この試験方法としてはJIS-Z2150法「薄い材料の防炎性試験方法」がある。この方法は図1のような装置で一定サイズの試料を45°に傾けて燃焼させ，その着火性，燃焼時間と燃焼面積を比較するものである。カーテンなど内装材は垂直に使用することが多く，燃焼テストも垂直試験法によるのが実際的である。（建研・斎藤氏）との意見もあるが，JIS-Z2150法は消防庁の耐火テ

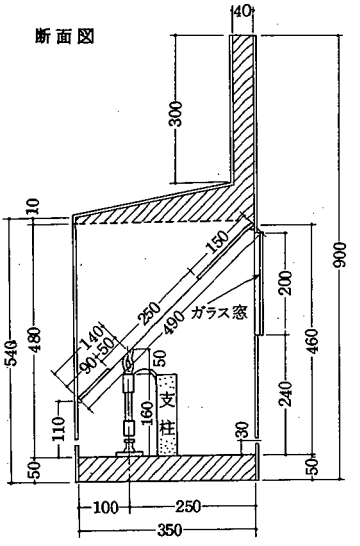


図　1

表1　使用繊維名

繊　維　名	繊度×合糸数	繊　維　名	繊度×合糸数
Cotton 綿	(20/2)×1	Polyester テトロン	(100 d/2)×3
Hemp 麻	(50/2)×1	Polyacrylnitril カシミロン	(1/10)×1
Wool 羊　毛	(1/14)×1	Modaacryl カネカロン	(1/6)×1
Silk 絹	(140/2)×5	Polychral コーデラ	(1/48)×3
Viscose Rayon SF ビスコースレイヨンスフ	(20/2)×1	Polyvinylchrolide バルレン	(10/1)×1
Acetyl Cellulose アセテート	(120 d/1)×2	Polyvinylidenchrolide サラン	(400 d/15)×1
Polyvinylalcohol ビニロン	(240 d/1)×2	Polyolefin ポリプロピレン	(400 d/1)×1
Polyamide ナイロン	(120 d/1)×3	Glass fiber ガラス繊維	ECD450×1

ストの基準になっている。今後建材の耐火テストの基準としてこの方法に統一されようとしている（堀内教授）ことにより，JIS-Z2150法を採用することに決定した。

(1) 試　料

市場に出ている繊維素材を使用糸の太さを統一し，できるかぎり同組織，同密度のメ

表2　各種繊維材の防炎処理使用した防炎薬剤

繊維素材	防炎薬剤
綿，レーヨン，羊毛，絹	有機りん－ジルコニウム，錯塩
アセテート，ポリオレフィン	含ハロゲン有機りん酸および硫黄化合物，混合物
ポリアミド，ポリエステル，ポリビニールアルコール	含ハロゲン有機りん酸エステル

表3　各種繊維の燃焼性試験結果

試　料	炭化長 (cm)	残炎 (sec)	残じん (sec)	着火時間 (sec)	炎の大きさ
綿	∞	∞	∞	10	大－1
防炎処理綿	4.5	0	0	—	—
V. Rayon スフ	∞	∞	∞	5	大-1
防炎処理レーヨン	4.7	0	0	—	—
麻	∞	∞	∞	10	大-1
羊　毛	9.7	6.0	0.0	7	大-2
防炎処理羊毛	3.5	0	0	—	—
絹	13.5	0	*0	7	大-2
防炎処理絹	3.7	0	0	—	—
アセテート	∞	∞	0	瞬間的	大-3
防炎処理アセテート	4.5	0	0	—	—
ビニロン	∞	∞	—	8	中
防炎処理ビニロン	4.3	0	0	—	—
ナイロン	3.3	0	0	—	*—
防炎処理ナイロン	3.3	0	0	—	—
テトロン	3.5	0	0	瞬間的	小
防炎処理テトロン	3.3	0	0	—	—
カシミロン	∞	∞	0	4	大-2
防炎処理カシミロン	4.8	0	0	—	—
カネカロン	3.8	0	0	—	—
コーデラ	**			10	中
バルレン	3.4	0	0	—	—
サラシ	4.2	0	0	—	—
パイレン	4.3	0	0	4	小
防炎処理パイレン	3.2	0	0	—	—
ガラス繊維	0	0	0	—	—

*着炎しない。

**品質にバラツキが多いためか，データにもバラツキが多く，平均を出しても無意味と思われる。

リヤス平編製品に仕上げ，これを非イオン活性剤1 g／ℓ 容液で40℃，20分ソーピングし，水洗，乾燥し，それの30×20cmの大きさのピースを使用，テストに使用した繊維素材は表1のものである。

さらに可燃性素材である綿，羊毛，絹，レーヨン，アセテート，ポリアミド，ポリエステル，ポリビニルアルコール，ポリアクリロニトリル，ポリオレフィンの各試料については，一部を市販防炎剤で防炎処理を行ない，各繊維の防炎処理繊維としてテストした。使用防炎剤を表2に示す。さらに試験にあたっては，試料を標準状態で24時間放置して最終試料とした。

(2) 装　置

JIS-Z2150法に規定された試験器（図1参照）

(3) 方　法

表1にあげた試料30×20cmのものを3点ずつ用意して，JIS-Z2150法に規定された方法で，加熱時間2分にして各繊維につき3回行なった。結果の数値は3回の平均で，この実験は火源の小さい時の繊維の燃えやすさの比較である。

(4) 測　定

各種繊維試料の着火時間，炭化長*，残炎および残じん

*炭化せず熔融して穴のあいた部分も炭化長とした。

(5) 結　果

表3参照

(6) 考　察

表3で着火時間とは，試料に火源の炎をあてて試料に火がつくまでの時間で，この時間が短いほど火がつきやすい繊維ということに

表4　コーデラの試験結果（参考）

炭化長	残　炎	残じん	着火時間	炎の大きさ
9.3	0	0	10.0	中
∞	∞	0	10.0	〃
14.8	15.0	0	9.5	〃
7.8	30.0	0	10.5	〃
10.0	31.0	0	9.0	〃
13.5	10.0	0	10.0	〃
8.0	0	0	10.5	〃
17.3	13.5	0	9.0	〃
∞	∞	0	11.0	〃
6.5	0	0	10.5	〃

なる。また炭化長とは，定められた燃焼時間中に燃えた長さのことで，この数値の大きいほどよく燃える繊維であるといえる。残炎時間とは，火源の炎をとり去ったあとでも，試料が燃え続けている時間であり，残じんとは，炎が消え去ったあと，試料が炭火のように火の粉の状態で燃え続ける時間であるが，これらは火災時には前二者ほど大きな要素ではない，表中，炭化長が無限大に達しているのは，綿，麻，レーヨン，アセテート，ビニロン，カシミロンの６種，炎の大きさでは，綿，麻，レーヨンが大－１，アセテート，ビニロン，カシミロンは大－２である。ナイロン，テトロン，パイレン，カネカロン，バルレン，サランは炎の熱で溶融，収縮して穴があき着炎しない。ところが，これらの中には大火源の炎にあてるとよく燃えたり，フラッシュオーバーを起こすものもあり，このテストで着火しないから難燃性であるという判定は危険であり，むしろテスト方法に問題があると思われる。羊毛，絹は燃焼途中で消炎しており，残じんもなく，比較的難燃性であるといえる。また防炎処理をしたものは，すべて炭化長が５cm以内，残炎，残じんが０になっていて防炎加工が初期火災に対してきわめて有効であることを示している。また，ガラス繊維は，炭化長も０で着炎もせず，完全に不燃性であるといえる。

繊維の燃焼性を判定するには，着炎時間と炭化長とがあるが，この２つを考え合わせ，マッチ，煙草の火など火源の小さい場合，すなわち初期火災に対して危険の大きい繊維からランクづけると，

① 綿，麻，レーヨン，アセテート

② ビニロン，カシミロン，(ボンネル，エクスラン)

③ 羊毛，絹

④ ナイロン，テトロン，パイレン

⑤ カネカロン，テビロン（バルレン），サラン，各種繊維の防炎処理品

⑥ ガラス繊維

となる。

§4　各種繊維の燃焼速度

繊維の延焼する速度は単位長さあたりの炎の伝播時間で測定されるが，この性質は初期火災防止の大きな条件となる。すなわち，燃焼スピードが大きいと，それだけ火のまわりが早くなり，大火災に発展する可能性が大きいからである。繊維の炎伝播速度は，試料を水平にした時と垂直にした時とでは大きく差がある。建築内装材として繊維を使用する時は，垂直面におけるほうが多いから，このテストは，Southern Reginal Res. Lab. 規格の試験法（後述）　を参考にして次のような試験を行なった。

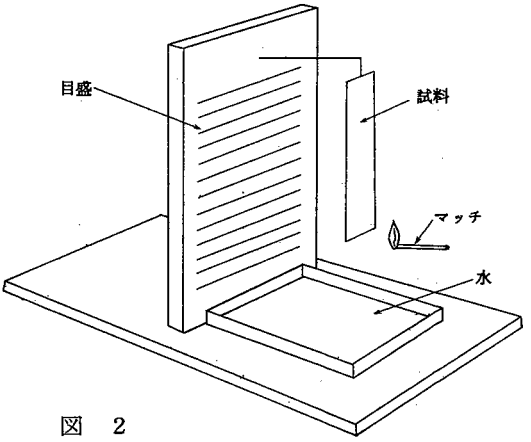


図　2

(1)　試　料

§3で用いた使用糸の太さを統一した各種繊維平編製品20×3cmのもの。

(2)　装　置

図2参照

(3)　方　法

§3で用いた試料を大きさ20×3cmのピースに切り，含湿量を一定にするため20±2℃，65±2％RH48時間の前処理をして，図2のような装置に垂直になるようブラ下げる。マッチの炎を試料の下端に接炎し，試料に着火するまで接炎を続ける。炎が試料に移ると同時に接炎はやめて，20cmまで燃焼の炎が達する時間，あるいは燃焼距離とそれに要した時間を測定し，各繊維

間の燃焼速度を比較する。

(4) 結　果

表5参照

(5) 考　察

表5でわかるとおり，ℓ / t_2 により1秒間の燃焼距離，すなわち炎の伝播速度がわかる。上表よりわかることは，①綿，麻，レーヨン，アセテートはきわめて着炎しやすく延焼速度も速い。②ポリエステルは非常に着炎しやすく，ナイロン，パイレンも比較的着炎しやすいが，すぐに溶融して消炎する。③カシミロン（ボンネル，エクスラン），ビニロン，絹，羊毛は比較的着炎しやすいが，延焼速度はゆるやかである。④カネカロン，コーデラは微少な炎がつき，炎の伝播速度よりも，炎の熱による繊維の収縮のほうが大きい。⑤バルレン，サランは着炎しない。⑥防炎処理品はほとんど着炎しない。

すなわち，火源が比較的小さくて垂直に吊した場合の繊維の着炎性，燃焼速度の大きいものからランクづけると次のようになる。

① レーヨン，麻，綿，アセテート

② 天然動物繊維（羊毛，絹）

③ カシミロン，ボンネル，エクスラン

④ ビニロン

⑤ ナイロン，テトロン，パイレン

⑥ カネカロン，コーデラ

⑦ バルレン，サラン，各種繊維の防炎処理品

⑧ ガラス繊維

参考：Southern Reginal Res. Lab. 法（マッチ試験法）

- 適用範囲　　防炎織物
- 試験体の大きさ　25.4×0.6cm
- 熱　源　　マッチの炎

表5　各種繊維の炎伝播速度試験結果

試　　料	着炎までの時間 t_1 (sec)	燃焼時間 t_2 (sec)	燃焼距離 l (cm)	l/t_2	その他
綿	1.7	21.6	20.0	0.93	全　焼
防炎処理綿	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
麻	1.6	13.4	20.0	1.49	全　焼
レーヨン	1.5	12.8	20.0	1.56	全　焼
防炎処理レーヨン	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
羊　毛	6.7	31.0	20.0	0.65	全　焼
防炎処理羊毛	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
絹	3.8	18.3	20.0	1.09	全　焼
防炎処理絹	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
アセテート	1.8	21.5	20.0	0.93	途中で溶融して消えるものもある
防炎処理アセテート	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ポリアミド（ナイロン）	4.7	3.0	3.1	1.03	溶融して消火
防炎処理ポリアミド	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ポリエステル（テトロン）	1.5	4.9	2.5	0.51	溶融して消火
防炎処理ポリエステル	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ポリビニールアルコール（ビニロン）	4.0	85.9	20.0	0.23	全　焼
防炎処理ポリビニールアルコール	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ポリアクリロニトリル（ボンネル，カシミロン，エクスラン）	3.8	27.5	20.0	0.73	全　焼
防炎処理ポリアクリロニトリル	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
＊モダクリル（カネカロン）	14.7	3.6	11.0	3.06	収縮いちじるしく燃焼
＊ポリクラール（コーデラ）	13.5	26.5	5.6	0.21	収縮いちじるしく炎が上昇
ポリ塩化ビニル（パルレン）	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ポリ塩化ビニリデン（サラン）	＞25.0	0.0	0.0	0	〃
ポリオレフィン（パイレン）	3.8	33.6	16.0	0.48	溶融して消火
防炎処理ポリオレフィン	＞25.0	0.0	0.0	0	燃焼せず
ガラス繊維	0.0	0.0	0.0	0	〃

＊カネカロンとコーデラの場合，火源の熱によって繊維が収縮し，ちぢみ上って消炎する。この測定法では正確な延焼速度が出ない。上の数値は上昇距離である。

・上記データは10回の試験平均値である。

- 熱源の位置　　試験体の下端より点火
- 接炎時間　　点火後ただちに取除く
- 判　定　　残炎の進む距離

1級　0

2級　7.6～10cm

3級　＜12.6cm

4級　＜25.4cm

§5　各種繊維および建材の燃焼時における発生煙濃度および発生一酸化炭素濃度

前項では繊維材料の炎に対する性質を調べたが，火災において炎と同様に危険な要素として，燃焼により発生する煙量とガスがある。煙は人の気持を動てんさせ，視界をきかなくして避難をさまたげる。又煙と共に発生する熱分解ガスは人を中毒さしたり窒息させる危険がある。この実験は，単位量当りの発生煙量はどの繊維が一番多いか，又，熱分解ガス中最も発生量が多く，毒性も強い一酸化炭素ガスの発生量はどの繊維が一番多いのかを調べるのが目的である。しかも実際の火災の場に於いては，繊維製品だけが燃えて煙やガスを出す場合は少なく，室を構成している他の内装材ともに燃え，煙やガスを出すと考えてよい。そこで繊維製品だけの比較ではなくて，繊維と共に一般に使われる内装材も燃焼させ，発生煙濃度，COガス濃度を繊維のそれと比較した。

(1)　試　料

- 綿
- 防炎処理綿
- 麻
- レーヨン
- 防炎処理レーヨン

- 羊　毛
- 絹
- アセテート
- ポリアミド繊維（ナイロン）
- ポリエステル（テトロン）
- ポリビニールアルコール（ビニロン）
- ポリアクリロニトリル（カシミロン，ボンネル）
- モダクリル（カネカロン）
- ポリクラール（コーデラ）
- ポリ塩化ビニル（バルレン，テビロン）
- ポリ塩化ビニリデン（サラン）
- ポリオレフィン（パイレン）
- ガラス繊維
- ポリウレタンフォーム
- ポリエチレンフォーム
- 発泡スチロール
- ベニヤ合板
- ポリエステル化粧合板
- メラミン化粧板
- ウッドタイル

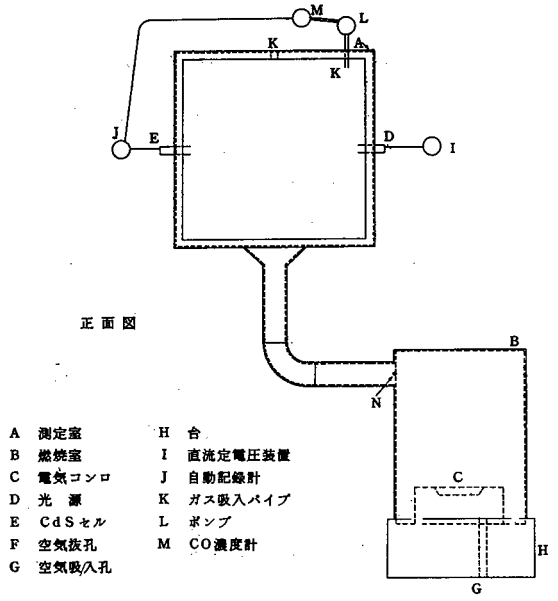


図　3　COガスおよび煙濃度測定装置

・塩ビタイル

・リノリウムタイル

・塩ビレザー

上記のうち繊維素材は§3で用いた平編製品5.0gを1×1cmに切って用いる。また，建材は使用時の状態のものを5.0gとり，3～4片に切って試料とした。

(2) 装　置

図3参照

(3) 方　法

前記の試料を試料カゴに入れ，600Wにセットし，30分放置した，ニクロム線上の温度が500℃に保たれた電気コンロ上にのせて燃焼させる。試料の燃焼ガス，煙を導入パイプで測定室に送り，測定室に設置された光源CdS系装置により煙の濃度を電気的に読みとり，自動記録計で記録する。また，ポンプにより測定室内のガスを一部吸引し，フィルターを経て0.3ℓ／minで一酸化炭素ガス濃度計に送り込み一酸化炭素ガス濃度を測定する。

煙濃度は減光係数法により求めた。図3でDより発した光はEに達するが，この間煙の存在しない場合，Eに達する光の強さをI_0，煙の存在する場合のEに達する光の強さをIとし，I_0，Iを電気的に測定して，下式により減光係数を求める。

$$\tau = \frac{1}{L}\log\frac{I_0}{I}$$

τ：減光係数

L：DE間の距離(m)

一酸化炭素ガス濃度の測定は，赤外線吸収スペクトルによる分析で行なった。

さらに試料燃焼時の着炎時間，着炎状態，炎の状態，消炎時間，煙の色，燃焼室内の温度，残留物の形状を観察する。炎の大きさは大中小に分けて観察した。着炎状態では，フラッシュオーバーの有無について観察し，フラッ

シュオーバーなしをA，フラッシュオーバーありをB，炎が装置の外に吹き出す時をB－1，煙のみが装置外に吹き出す時をB－2，炎，煙ともに装置の外に吹き出さない時をB－3とした。

(4) 結　果

表6参照

(5) 考　察

この実験でわかるとおり，一般に，綿，レーヨン，木タイル，ベニヤ板など本質系材料（セルローズ系材料）のほうが，合成樹脂素材のものより，煙濃度，COガス濃度ともに低い。また，合成樹脂系繊維の中でもカネカロン，コーデラ，バルレン，サランなど難燃性繊維素材は熱源の温度の低い場合は，半分ぐらいは炭化状態で残る。

また，フラッシュオーバーする素材では，ガス導入パイプ入口の温度の最高値が高くなっており，着火が爆発的であることがわかる。フラッシュオーバーはセルローズ系素材，防炎処理セルローズ系繊維，ガラス繊維以外はすべてにあり，可燃性合成繊維では特に激しく，サランを除く難燃性繊維でも起こる。しかるに，木質系繊維の防炎処理したものは，このテストでも着炎せず黒色の炭化物を残すのみであった。したがって，火災の場合に発生煙量，ガス量の少ないこと，火災を助長しないことの観点に立って材料を選ぶならば，セルローズ系材料の防炎処理をしたもの，無機質材料，難燃性繊維の煙量の少なく，フラッシュオーバーのないもの（サラン）ということになる。

フラッシュオーバーとは，可燃性分解ガスがある濃度に達すると爆発的に火になることで一度に大量の熱を放出して火勢を大きくする危険がある。

§6　各種繊維のTotalgasの毒性

§2の実験項目の所で述べたように，最近のビル火災で焼死者が増大しているのは，新建材と呼ばれる合成樹脂系統，あるいは合成繊維系統の建材から毒

表6　繊維素材および建材の大火源による燃焼生成一酸化炭素および煙の濃度とその他の観察事項

試　料	τ_{max}	$C_{co\,max}$ (ppm)	着炎時間 (sec)	着炎状態	炎の状態	煙の色	消炎時間 (sec)	残留物状態	T(℃)	他
綿	0.12	1,500	12	A	大	G(B)	65	白色灰	70	
防炎処理綿	1.46	2,900	—	—	—	G(B)	—	黒色炭化物	50	
麻	0.20	1,800	15	A	大	G(B)	70	白色灰	80	
レーヨン	0.09	700	9	A	中～大	G(B)	65	白色灰	55	
防炎処理レーヨン	1.10	2,700	—	—	—	G(B)	—	黒色焼結物	55	
羊毛	1.55	1,400	20	B−2−中	大	G(Y)	63	黒色焼結物	90	
絹	1.30	1,100		A	大			白色灰		
アセテート	0.36	2,200	8	A	中～大	G	55	なし	50	
ポリアミド	3.98	3,800	27	B−3	大	G(Y)	80	なし	142	
ポリエステル	1.86	2,500	25	B−2−小	中～大	G(Y)	68	なし	110	
ポリビニルアルコール	2.88	2,900	31	B−2−小	中～大	G(Y)	78	なし	105	
ポリアクリロニトリル	2.34	2,100	20	B−2−中	大	G(Y)	57	黒色塊状物	122	
モダクリル	3.96	1,000	52	B−2−大	中	G	65	黒色塊状物	90	
ポリクラール	4.76	2,800	44	B−1−大	大	G	65	なし	100	スス多
ポリ塩化ビニル	5.40	1,600	20	B−3	中	G	53	なし	65	スス多
ポリ塩化ビニリデン	1.31	3,900	—	—	—	G	—	なし	50	
ポリオレフィン	2.56	3,700	22	B−2−小	大	G	105	なし	130	
ガラス繊維	0.01	100	—	—	—		—	原形のまま	45	
ポリウレタンフォーム	2.00	6,000	7	B−2−大	大	G(Y)	72	なし	140	
ポリエチレンフォーム	2.59	4,700	12	B−2−中	中	G	65	なし	110	
発泡スチロール	6.23	2,700	14	B−2−中	ススで見えない	G	75	なし	125	スス極大
ベニヤ合板	0.23	700	30	A	中～大	G(B)	145	黒色炭化物	65	
ポリエステル化粧合板	0.71	1,400	14	B−2−小	大	G(B)	75	白色灰	70	
メラミン化粧フェノール合板	0.70	1,600	24	B−3	中	G(B)	70	黒色炭化物 白色灰	90	
ウッドタイル	0.83	900	80	A	中	G(B)	173	黒色炭化物	70	
塩ビタイル	1.52	600	25	B−3	中	G	82	白色原形塊	100	
リノリウムタイル	2.72	1,000	35	B−3	小	G(Y)		白色原形塊	105	
塩ビレザー	3.53	1,800	17	B−2−中	中～大	G(Y)	135	黒色塊状物	100	

τ_{max}：煙濃度の最高値，$C_{co\,max}$：一酸化炭素濃度の最高値，T：ガス導入パイプの入口の温度の最高値

性ガスが発生して，これが知覚神経をまひさせて逃げて逃げきれないような火事ではない場合にも，大事に至っているのではないかといわれている。ただし，これも現在では推論の域を出ず，消防省あたりでもこれの確たる資料は持っていない。一部の合成樹脂や合成繊維は，確かに有毒ガスを発する組成を持っているが，どういう状態の時にどれぐらいの量の有毒ガスが発生するか，また，それが人体にどれぐらいの影響を与えるのかという科学的なデータはほとんど皆無である。たとえば，ウレタンフォーム，アクリル繊維は組成的に熱分解によって猛毒である青酸ガスを発生するが，これも熱分解する時の状態，たとえば，温度，湿度，形状（液状，固体，繊維状，フイルム状などの組成密度），供給気体の量などにより微妙に変化し，一定の基準を出しにくい。これが実際に起こる火災の場合に近い条件となると，いっそう複雑である。繊維関係で発生ガスの毒性について最も科学的な実験としては，慶応大学医学部衛生学教室で行なった「アクリル繊維の毒性の研究」がある。これはハツカネズミを被実験動物にして，低温で酸素供給不充分，高温で酸素供給充分という条件のもとでアクリル繊維を燃焼させ，そのガスをネズミに吸収させて解剖学的毒性反応所見から，その毒性を比較している。結果はアクリル繊維が他の繊維と比較して特に毒性が強いということはないと結論している。その他に建材関係には建築研究所斎藤技官の一連の建材の熱分解生成物の研究があるが，これも人体に及ぼす毒性には及んでいない。

このように，発生ガスの毒性比較実験は，実際火災に近似した条件設定が困難であること，発生する熱分解ガスは，CO_2，COガス，煙，その他種々のガスの混合ガスであり，どのガスがどの程度被実験動物に影響を与えるのか調べるには非常に高度な技術や精密な測定装置が必要であることから，今回は上記慶応医学部で行なった実験を参考に，ハツカネズミに繊維の燃焼から発生するTotalガスを吸入させ，その状態を観察して各種繊維の毒性を比較することにした。

(1) 試　料

§３で用いた各種繊維の平編製品 5.0g を，１×１cmの小片に切ったもの

(2) 被実験動物

無菌状態で飼育された重量20±５g のハツカネズミ約 300匹。

(3) 装　置　　図４参照

(4) 実験方法

試料を図４の試料カゴ（直径10cm，深さ１cmのシャーレ状で24メッシュのステンレス製網製カゴ）に入れ，あらかじめ 600Wにセットし，30分放置したニクロム線の温度が 600℃，ニクロム線上1cmの高さの雰囲気の温度が400℃に保たれた電気コンロ上にのせ，酸素供給充分の条件下で燃焼させる。発生した燃焼ガス，煙はそのまま新鮮空気と混入することなく，導入管を通して本体Ａ内に導く。本体Ａは電気炉の発生熱を直接受けないように断熱された箱であり，図４のように上下２段の棚にバスケットをのせ，ハツカネズミ各３匹ずつをこの中に入れておき，これに燃焼ガスを吸入させて致死に至るまでの状態の観察，死亡までの時間の測定，炉内温度および本体内の温度の経時変化を記録する。

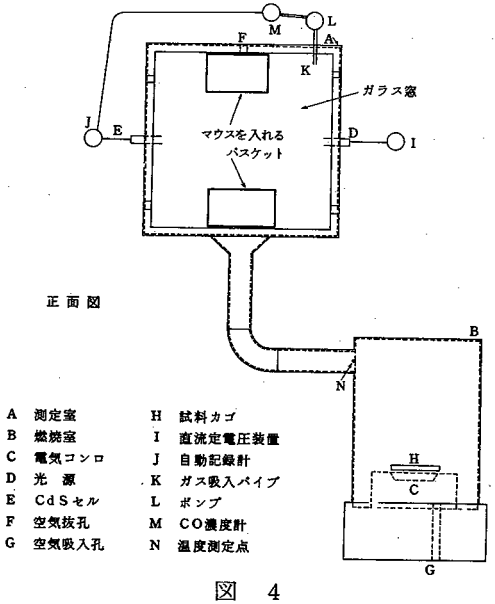


図　4

(5) 測　定

ネズミの衰弱および致死時間，本体内温度上昇の経時変化を測定した。

ネズミの衰弱は，倒れて反射的に動くことはできる

が，起き上がることのできない時，死亡は，本体側面の孔から細い棒をさし込んで刺激を与え，反射的にも動くことのなくなった状態の時とした。なお，観察は15分を限度とした。

(6) 結　果　表７参照

表７中，•印は衰弱して倒れた時間を示し，×印は死亡した時間を示している。また×印，•印１個はマウス１匹を表わし，点線は衰弱していないことを表わしている。また，線の左側の•×印は，下段のバスケットのマウスを表わし，右側の•×印は上段のバスケットのマウスについてのものである。

(7) 考　察

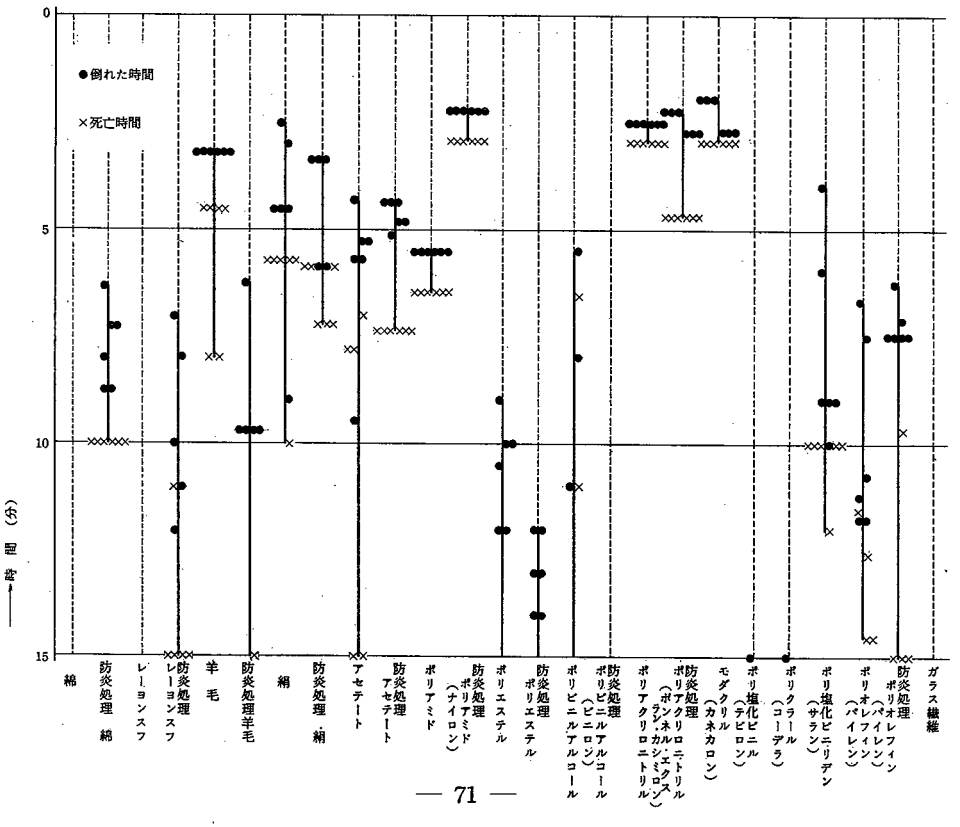
この実験のむずかしい点は，生物を使っての反応テストであるため，その結果が非常に微妙で，その結果が燃焼ガス吸入により起こるものか，あるいは装置の不備から起こるものか，環境あるいは生体自身の生理的特徴として起こるものか判定することが容易ではないことである。この実験は３回の修正を経て行なわれた。第１回は試験箱の上下にネズミを入れておき，その箱に電気炉をおき，直接繊維片を燃焼させたところ，燃焼ガスの吸入から起こる反応よりも電気炉の発生熱によるネズミの衰弱死のほうが多く，失敗に終った。第１回の失敗は箱内に熱源をおいたためであり，第２回目は試験箱と燃焼炉を分離させ，発生ガスのみを本体内に導く方法をとった。結果は良好であったが，出たデータを検討してみると，ナイロン，ポリエステル，カネカロン，パイレンではネズミは衰弱も死亡もしないという結果が出た。これは繊維の化学的構造からいっても多少疑問があるので，さらに追試験を行ない装置の検討をしたところ，試料燃焼装置の不備がわかった。上記の繊維は燃焼時には熔融して液状となり，その液が燃焼するのであるが，第２回目の装置ではその液の部分が流れ出してしまい，ガス化していないためであるとわかった。表７の結果はこうした点を是正した第３回目の試験であり，各繊維別の数値は，それぞれ５回のテストの平均値である。この表で•印はそれ

まで健康に動いていたネズミが倒れた時間であり，×印は死亡した時間である。死亡の判定は箱の両側の孔より先の尖った棒でネズミを動かしてみて，けいれんや反応を起こさなくなった時点を死と判定した。時間が15分以上経ると，５ｇの試料は完全に燃焼し，ガス，煙の発生はもうない状態になるので，それ以上の時間生存している場合は毒性なしと判定した。この結果からマウスの死亡時間により繊維素材を分類すると次のようになる。

① ５分以内に完全に死亡

ポリアクリロニトリル（カシミロン，ボンネル，エクスラン），モダクリル（カネカロン），防炎処理ナイロン，防炎処理ポリアクリロニトリル。

表7　大火源における繊維の分解Total gasのマウスによる毒性比較表



② 5分前後に死亡

羊毛，絹，ナイロン，防炎処理絹，防炎処理アセテート

③ 10分前後に死亡

サラン，綿

④ 15分で死亡

アセテート，パイレン，防炎処理レーヨン，防炎処理パイレン

⑤ 15分で衰弱

ビニロン，テトロン，防炎処理羊毛，防炎処理テトロン

⑥ 15分で衰弱しない

綿，レーヨン，コーデラ，バルレン（テビロン），防炎処理テビロン（バルレン） ガラス繊維

である。

上の区分でTotal gasの毒性が強いといえる①，②のグループに共通することは（防炎処理をしたものは除く），成分元素としてCと直結したNをもつことである。特に，①のポリアクリロニトリル，モダクリルは，Nを—CN結合の形で保有していて，—CNはシアンガスの生成成分であることから考え，燃焼ガスの毒性の強さに関連がありそうである。また，前の実験項目である各繊維別の燃焼時のCOガス発生最高濃度を比較してみると，ポリアクリロニトリル，モダクリルでは最高1.000～2,000 ppmが測定され，15分でマウスを衰弱させただけの毒性であるビニロン，テトロンでは，COガス濃度が2,500～3,000 ppmもある（§5・表6参照）。このことから考えても，マウスを5分で死亡させるポリアクリロニトリル，モダクリルの燃焼ガスの毒性がCOガスだけによるものではないことがわかる。

また，サラン，テビロン（バルレン），コーデラにおいては，三者はいずれも含塩素系繊維であるが，サランは10分マウスを死亡させ，後2者は15分でもマウスを衰弱させない。この3繊維の燃焼時の発生COガス最高濃度を比

較してみると，サランは4.0000 ppm あり，テビロン，コーデラでは2.0000 ppm 程度であること（§５・表６参照）から塩素含有量の多いサランでは他の２者に比し，不完全燃焼になり，一酸化炭素の濃度が増加し，マウスを早く死亡させるものと思われる。

表７では，同じ繊維でも防炎処理したもののほうが毒性が強くなっている。この理由としては，①難燃性になるため不完全燃焼し，CO ガスが増加する，②防炎剤の熱分解ガスの影響を受ける，ことが考えられる。しかし，羊毛，ビニロンなどでは防炎処理したほうが衰弱，死亡時間が遅れるという結果も出ているので，処理剤と繊維の，毒性における相互作用はさらに追求する必要があると思われる。

§７　ま　と　め

以上の結果から，火災において着火性，炎の拡播スピード，発生煙量，有毒ガス量，フラッシュオーバーの有無などの諸条件に合格するものとしては，①ガラス繊維，②セルローズ系繊維の防炎加工をしたもの，ということが出来る。又最近カーテンなどで盛んに採り上げられている難燃性繊維といわれるものは，初期小火源に対しては燃焼し難く，かなり有効であるが，大火源に接して一たび火がつくと，発生煙量，CO ガス量とも他繊維に比し数倍多く，フラッシュオーバーの程度も激しいので，使用量や場所など使い方を誤まらぬようにしなければならぬ。上記の実験で防炎加工布は各項目共かなり良好な結果を示すため，今後インテリアファブリックにもっと普及させてよいものと思われるが，この防炎加工にも問題点は多い。以下にその問題点を列記すると，

1）セルローズ系繊維の加工剤は比較的良好な効果をもつものがあるが，合成繊維のための加工剤の良いものがない。又，インテリアファブリックは数種の繊維の混紡，混織が多いが，こうした混紡，混織の布のためのよい防炎加工剤がない。

2）クリーニングによって防炎効果の減じること。

3）防炎加工を施すことによって光沢，風合いが損われ易いこと，又変退色が多いこと。

4）防炎加工剤の剝離性の問題，室内の難燃化をはかるためには，内装材のみならず附属小物，病院や老人ホーム等では衣料や寝具にも防炎加工が必要であろう。こうしたものに使われる加工剤は常にもまれる状態にあることを考え，剝離しないことが必要である。

以上防炎加工の問題点のいくつかを挙げたが，欧米では化合繊の紡糸工程中に加工剤を添加したり，分子構造を変えることで永久的な防炎性を付加して，風合，染色，洗濯による耐久性等の問題を解決したものが実用化されていると聞いている。我国でもよりよい防炎加工剤の開発が望まれる。

ガラス繊維は，上の各種実験でほとんど問題がない良好な結果を示し，火に対しては一番安全な繊維であるといえる。これは素材がガラスという無機質なものであるから当然であるが，今後インテリアファブリックとしては一番将来性のある繊維といえる。しかしこれにも問題がないわけではない。現在インテリア商品として市販されているガラス繊維製品は，ファイバーの繊度が太く,いかにもガラス然としている，織りが単純で他繊維と混織が出来ない，後染めであるため色数が限定され，発色が悪い，コスト高である等の欠点がある。聞くところによると米国でのガラス繊維製品は非常に大量に使われ，品質がガラスを全く感じさせない程すぐれ，色柄も豊富で安いということである。今後多方面に使える可能性のある繊維だけに国内メーカーのより一層の努力が望まれる。

以上，各種繊維素材の火に対する性質をみてきたが，§１でも述べたように，この実験はあくまでも繊維素材を選ぶ際の判断の基礎になるもので，この結果がそのまゝ現在市場に出ているインテリアファブリック製品にあてはまるとは限らないことを御承知頂きたい。しかしながら，テキスタイルデザイン殊にインテリアファブリックの分野では，建築およびインテリアの質的変化に対応し

て起る各種の制約や問題点を解決すること，或いは解決が早急にはむづかしければ，そういった問題点を軽減出来るような条件を科学的なデータに基いて提出し，その条件下で素材をセレクトし，新たな用途をみつけ出してゆくこと，これが新しいファブリックデザインであり，単なる色やパターンの追求のみがデザインである時代は終ったといえる。　〔了〕