

最近の防災カーテンの家庭用洗濯機による洗濯後の性能変化について

— Study of the Change of the Fire Retardant Performance after Washing —

古河大直*

中屋敷知博*

概要

本実験は、最近の素材を用いた防災カーテンについて、都民指導などにおける普及促進を目的に家庭用洗濯機で洗濯を行った場合の防災性能への影響をいくつかの燃焼試験方法により確認した。

供試体として、素材が綿、ポリエステル及びアクリル100%のものとしてこれらを混用したもの計7種類を用いて、実験を行ったところ、結果は次のとおりであった。

- 1 消防法に定める45°法燃焼試験では、7種類の素材のうち6種類において、洗濯回数が多いものに消防法の基準となる数値をわずかに超えるものが認められた。洗濯回数を重ねることによりわずかながらも燃焼性状に影響を及ぼすことが確認された。
- 2 J I Sに定める酸素指数式燃焼試験では、45°法燃焼試験の結果と傾向が一致する酸素指数値を示し、防災性能を有する繊維類の試験においても再現性のある結果となることが確認された。しかし、防災性能への影響や劣化の程度を統一的に評価することは、素材の種類により酸素指数値が異なるため困難であった。
- 3 示差熱分析装置を用いて、素材の温度特性を調べた結果、洗濯をしていないものも洗濯回数が多いものも分解温度や発熱温度に差はなく、温度特性的には素材の組成や難燃性能に影響を及ぼしていないことが確認された。

Fire retardant curtains can play an important role in saving the time for initial fire fighting.

Tests were made to make certain the effects of washing by burning the repeatedly washed fire retardant curtains. Cotton, polyester, acryl and their mixed woven curtains were used in the tests.

The findings were as follows.

1. Washing slightly reduced the fire retardant performance. Six of seven repeatedly washed curtains fell a little short of the target fire retardant figure regulated by the fire service law.
2. The above tendency was endorsed by the oxygen index burning test which was stipulated by the Japanese Industrial Standard.
3. There were no differences in decomposition - and exothermic temperatures between unwashed curtains and repeatedly washed curtains.

1 はじめに

高層建築物や旅館などの防火対象物において使用するカーテン、じゅうたん等は、防災物品の使用が義務づけられている。また、社会福祉施設などでは、この他に布団、シーツ等の寝具類を防災製品とするよう重点指導が行われている。さらに、一般住宅についても住宅火災が全火災件数の半数以上を占めることもあって、最近はその防火対策の重要性が指摘され、その対策として、防災物品、防災製品（以下「防災物品等」という。）の使用や住宅用警報器・自動火災報知設備の設置、住宅用消火器・

簡易自動消火設備の設置等の普及促進が進められている。

この防災物品等に関する研究は古くから行われておりその主なものは長期間の使用による紫外線劣化や周囲可燃物からの延焼により防災物品等が燃焼した場合に発生する煙・燃焼生成ガスの毒性の研究などである。当室においても過去にこれらの実験を行い、研究所報に発表しているところである。

しかし、素材や難燃剤なども科学技術の進歩に伴い、改良、開発が次々に行われ、防災性能の付与方法そのものも変わってきている。

最近の防災性能の付与方法は、綿などの天然繊維については防災薬剤そのものに耐久性のあるものを使用するとともに熱処理を行い、劣化を防ぐようにしている。

また、後処理によって防災性能を付与することが難しい合成繊維などには、繊維素材そのものにリンなどの難

*第二研究室

燃剤を練り込み防災性能を持たせたり、あるいは繊維の分子中に塩素や臭素などハロゲン元素を結合させ、防災性能を持たせた素材難燃と呼ばれるものなどが主流となっている。

ところが、これら最近の素材に関する研究例は少ないことから、あわせて、住宅防火対策における防災物品等の普及促進の資料とするため、一般家庭に普及している大型洗濯機でこれらの素材を何回も洗濯した場合の防災性能への影響について、実験を行ったので報告する。

2 実験内容

(1) 供試体

最近、防災物品の認定を受けた一般に市販されている防災カーテン生地について、天然繊維である綿及び合成繊維であるアクリル、ポリエステル製の3種類を素材として、混用率別に7種類を任意に抽出し、供試体とした。

なお、供試体はいずれも洗濯後の再処理が必要ない防災物品に該当するもので、仕様を表1に示す。

(2) 実験方法

供試体No.1～7まで各1枚を1組（総重量約3.5kg）として4組を用意し、1組はそのまま洗濯をしない供試体とし、他の3組を一般家庭用全自動洗濯機を使用して、洗濯回数を10回、30回、50回と洗濯を行い、供試体とした。そして、洗濯をしない供試体と洗濯を行い、洗濯回数が多くなった供試体との燃焼性状の違いを確認することとした。

洗濯条件は、洗濯容量4.5kg、標準水量52ℓの全自動洗濯機に水1ℓあたり弱アルカリ性粉末洗濯石鹼1gを混入し、洗濯時間9分（正転4秒、休止1秒、反転

4秒のサイクル）、すすぎ時間9分、脱水時間5分にて洗濯を行い、乾燥は原則として屋外の自然乾燥とした。

なお、全自動乾燥機（乾燥機内温度約80℃）も5回に1回の割りで使用した。また、防災性能に影響を与えていると言われている水については、研究所水道水を使用した。この水の硬度は、61.1mgCaCO₃/ℓで、軟らかい水よりやや硬い水の分類に入る程度であった。

従って、防災性能への影響は無視できるものと思われる。

試験方法は、素材の燃焼性試験方法として、信頼性及び関連性を確認することを含めて、消防法に定める45°法防災性試験及びJIS-K-7201に定める酸素指数式燃焼試験の両方を行った。また、示差熱分析装置を用いて、試料の分解温度などの温度特性の分析についてもを行い、洗濯による影響の有無を確認した。なお、洗濯回数が多くなった場合の繊維の強度についてもJIS-L-1096に定める引裂強さ試験を行った。

3 実験結果及び考察

(1) 45°法防災性試験結果

消防法に定める防災性試験は、1つの試験につき試験体を2㎡以上から無作為に3体取り、試験を行うこととなっているが、本実験は洗濯による影響を確認することが目的であることから、供試体1枚2㎡の各部位から10体取り試験体とした。また、供試体重量はいずれも450g/㎡以下であることから、加熱時間は1分として燃焼試験を行った。

その結果を表2及び一例を写真1～8に示す。

なお、洗濯をしていない供試体では着炎しなかったものが、洗濯をしたことにより着炎するようになった

表1 供試体一覧

供試体	素材・混用率	組織	認定重量	洗濯を行った供試体の仕様
No.1	綿 100%	朱子織	280g/㎡	幅1.4m×長さ1.5m 重さ602～608g
No.2	綿 アクリル系 50% 50%	朱子織	208g/㎡	幅1.0m×長さ2.0m 重さ432～436g
No.3	綿 アクリル系 38% 62%	平織	140g/㎡	幅1.5m×長さ1.5m 重さ295～299g
No.4	ポリエステル 100%	変り織	240g/㎡	幅1.0m×長さ2.0m 重さ368～370g
No.5	ポリエステル アクリル系 48% 52%	紋織	252g/㎡	幅1.0m×長さ2.0m 重さ432～435g
No.6	ポリエステル アクリル系 37% 63%	紋織	317g/㎡	幅1.0m×長さ2.0m 重さ536～542g
No.7	難燃アクリル 100%	紋織	322g/㎡	幅1.0m×長さ2.0m 重さ678～681g

表2 45° 法防災性試験結果 (加熱時間1分)

供試体	平均炭化面積 (cm ²)			
	洗濯なし	洗濯10回	洗濯30回	洗濯50回
No.1	21.7 — { 0 }	28.5 (31%) { 3 }	32.4 (49%) { 7 }	28.8 (33%) { 3 }
No.2	26.1 — { 0 }	23.8 (-9%) { 1 }	28.0 (7%) { 3 }	28.4 (9%) { 5 }
No.3	26.7 — { 0 }	24.9 (-7%) { 0 }	25.6 (-4%) { 0 }	24.9 (-7%) { 0 }
No.4	4.6 — { 0 }	4.8 (4%) { 0 }	10.9 (137%) { 1 }	7.7 (67%) { 0 }
No.5	5.6 — { 0 }	5.8 (4%) { 0 }	6.0 (7%) { 0 }	6.9 (23%) { 0 }
No.6	5.0 — { 0 }	6.5 (30%) { 0 }	5.9 (18%) { 0 }	6.3 (26%) { 0 }
No.7	5.7 — { 0 }	6.6 (16%) { 2 }	10.3 (81%) { 2 }	9.8 (72%) { 5 }

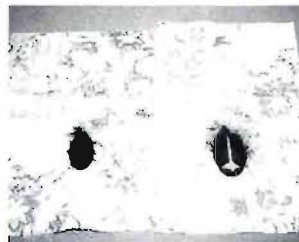
注) () は平均炭化面積の増加割合
 [] は炭化面積が基準値を超えた試験体数
 { } は残じん秒数が基準値を超えた試験体数

写真1



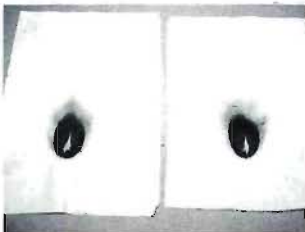
供試体No.1の洗濯なしと30回

写真2



供試体No.2の洗濯なしと30回

写真3



供試体No.3の洗濯なしと30回

写真4



供試体No.4の洗濯なしと30回

ものも一部に認められたことから、すべての供試体について、着炎後3秒加熱の試験も更に4体行った。

その結果を表3に示す。

また、ポリエステル素材を混用した供試体は、加熱により熔融することから、この他にコイル法による試験も10体行った。その結果を表4に示す。

これらの結果、防災性能がまったくなくなり、試験

写真5



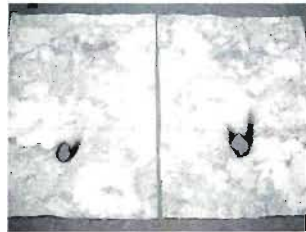
供試体No.4の燃焼拡大したもの

写真6



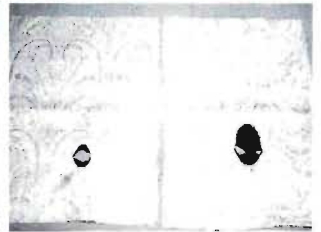
供試体No.5の洗濯なしと30回

写真7



供試体No.6の洗濯なしと30回

写真8



供試体No.7の洗濯なしと30回

表3 45° 法防災性試験結果 (着炎する物品)

供試体	残炎時間が3秒を超えた試験体数			
	洗濯なし	洗濯10回	洗濯30回	洗濯50回
No.1	0 (4)	0 (4)	1 (3)	0 (4)
No.2	0 (4)	0 (4)	0 (4)	0 (4)
No.3	0 (0)	0 (3)	0 (4)	0 (4)
No.4	0 (0)	0 (1)	3 (3)	0 (1)
No.5	0 (1)	0 (3)	1 (4)	2 (4)
No.6	0 (2)	0 (4)	0 (1)	1 (2)
No.7	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (2)

注) () は残炎が認められた試験体数

体が無限大に燃焼したものの発生は、認められなかったが、供試体No.1、4及び7の燃焼性状は、目視観察では明らかに洗濯の影響を受けたと思われる傾向を示し、これは表2の結果にも表れた。

また、この中でNo.4の30回洗濯したものの試験体1つにおいて、燃焼をかなり継続し、炭化面積が他の試験体に比較して、大きくなるものも発生した。(写真5参照)

以上の結果を総合的に判定し、見やすくする方法として、45°法の3通りの試験結果について、各試験方法

表4 45°法防災性試験結果(溶融する物品)

供試体	接炎回数が3回未満の試験体数			
	洗濯なし	洗濯10回	洗濯30回	洗濯50回
No.4	0	2	0	2
No.5	0	0	0	0
No.6	0	0	0	0

表5 性能変化に対する判定 (□数値は基準値を超えるものの発生率の%)

供試体	洗濯なし				洗濯10回				洗濯30回				洗濯50回			
	表2	表3	表4	総合	表2	表3	表4	総合	表2	表3	表4	総合	表2	表3	表4	総合
No.1	0	0	—	0	30	0	—	21	70	25	—	58	30	0	—	21
No.2	0	0	—	0	10	0	—	7	30	0	—	21	50	0	—	36
No.3	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	0	—	0
No.4	0	0	0	0	0	0	20	8	10	75	0	17	0	25	20	13
No.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	4	0	50	0	8
No.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	4
No.7	0	0	—	0	20	0	—	14	20	0	—	14	50	0	—	36

における消防法に定める基準値を超えた試験体の発生率を%で表し、まとめて見た。その結果を表5に示す。

表5の結果を見ると、供試体No.3を除く6種類の供試体は、45°法のいずれかの試験において基準値を超えるものの発生があり、このことは洗濯回数を重ねることにより、わずかとはいえ、素材の燃焼性状に影響を及ぼすものと考えられる。

なお、供試体No.3は唯一の無地の供試体であったため、燃焼性状の影響が認められなかったのが、無地の影響によるものなのか、製品によるものなのかの判定はできなかった。

(2) 酸素指数式燃焼試験結果

試験片をU字形保持具に取り付けて試験を行うB法により試験を同一試料につき2回実施した。

その結果を表6に示す。

この結果を見ると、供試体No.1及び4の酸素指数の平均値の変化が45°法の表2における炭化面積の平均値の変化と傾向が一致することがわかる。しかし、他の供試体では、45°法に表れるほどの燃焼性の違いは認められず、また、目視観察では、溶融するポリエステル系は溶融部分への着火が不安定であったり、アクリ

表6 酸素指数式燃焼試験結果(酸素濃度%)

供試体	洗濯なし		洗濯10回		洗濯30回		洗濯50回	
	酸素指数	平均	酸素指数	平均	酸素指数	平均	酸素指数	平均
No.1	29.4 29.5	29.4	26.0 26.2	26.1	25.6 25.4	25.5	25.9 26.5	26.2
No.2	30.5 30.7	30.6	29.8 30.1	30.0	29.7 29.7	29.7	29.5 29.5	29.5
No.3	30.6 30.4	30.5	30.1 30.1	30.1	29.8 30.1	30.0	29.8 30.0	29.9
No.4	37.1 36.4	36.8	35.2 35.1	35.1	26.5 25.7	26.1	27.8 27.6	27.7
No.5	26.3 26.6	26.5	26.5 26.5	26.5	26.5 26.5	26.5	26.3 26.3	26.3
No.6	27.6 27.9	27.8	27.8 27.9	27.8	27.6 27.6	27.6	27.5 27.6	27.5
No.7	32.0 32.5	32.3	32.0 32.2	32.1	31.9 31.9	31.9	32.0 31.9	31.9

ル系ではパチパチとはじけるような燃焼を継続したりと燃焼の継続が非常に不安定な状況であった。

従って、45°法よりも少ない試料で燃焼性の把握をするには、試験回数を多くし、平均すると再現性のある結果となり、有効であると思われるが、防炎性能に対する一般的な評価を行うには、燃焼の安定性及び45°法試験との関連性が明確でないことから、困難であると考えられる。また、本実験では洗濯による影響が少なかったことから、洗濯の影響による酸素指数値の違いよりも素材の違いによる酸素指数値の違いの方が大きく、指数として具体的な評価を行うのは、より困難なことであることも判明した。

(3) 示差熱分析結果

セイコー電子工業(株)製TG/DTA320型示差熱分析装置を用いて、各供試体の試料7mg～9mgを空気流量300ml/min、昇温速度20°C/minにて分析を行った。

そして、分析した熱重量曲線及び示差熱曲線を供試体別に洗濯回数別データを重書きし、比較したものを図1～14に示す。また、参考に供試体No1及び4と同一素材100%の布(非防炎)との示差熱分析結果の比較図を図15及び16に示す。

この結果を見ると、図4を除くほとんどのデータにおいて、分解温度や発熱温度に差が見られず、洗濯が素材に影響を与えているとは考えられない。また、図4の示差熱曲線の差は、試料量の差や昇温速度の影響

などが発熱ピークの位置や大きさに影響を与える可能性もあることから、温度差が数度の場合には違いがあるとは断定できない。

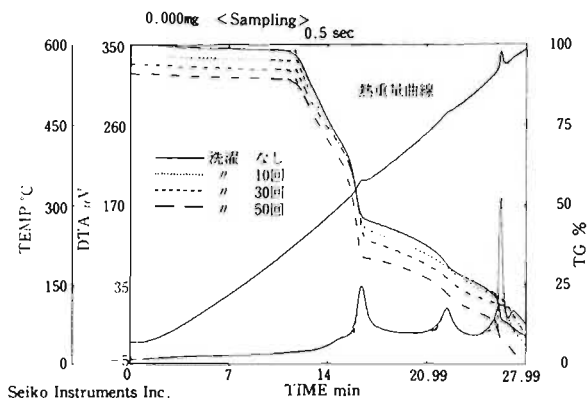


図3 供試体2の示差熱曲線比較図

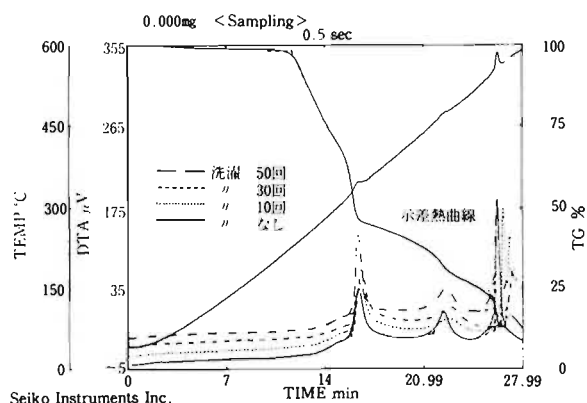


図4 供試体2の示差熱曲線比較図

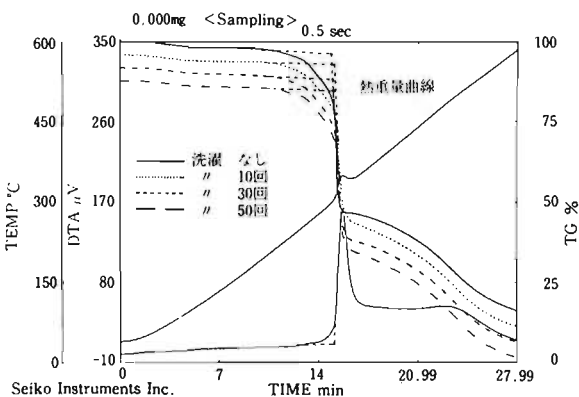


図1 供試体1の示差熱曲線比較図

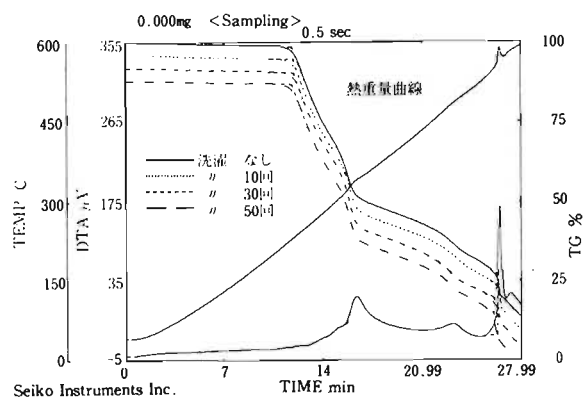


図5 供試体3の示差熱曲線比較図

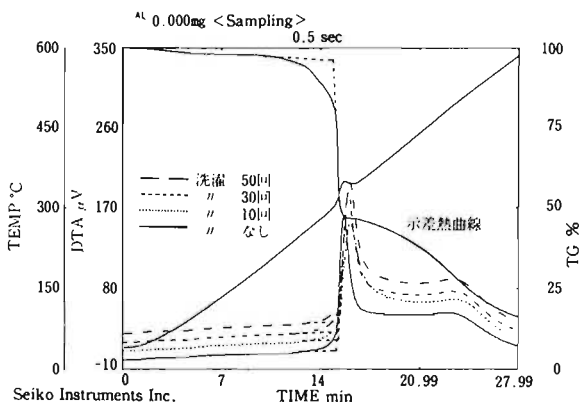


図2 供試体1の示差熱曲線比較図

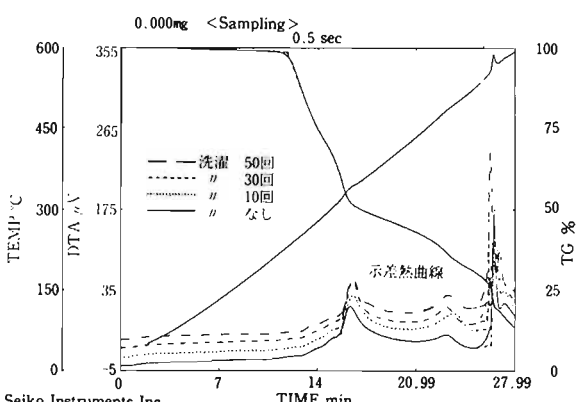


図6 供試体3の示差熱曲線比較図

従って、45°法試験においては燃焼性にわずかながらの違いが見られたものの、素材の温度特性的には、素材の組成や難燃剤等には影響を及ぼしていないと言える。

なお、防災素材と非防災素材の温度特性について見ると、図15及び16に示すように分解開始温度あるいはポリエステルの第2次分解開始温度時における残さ量、

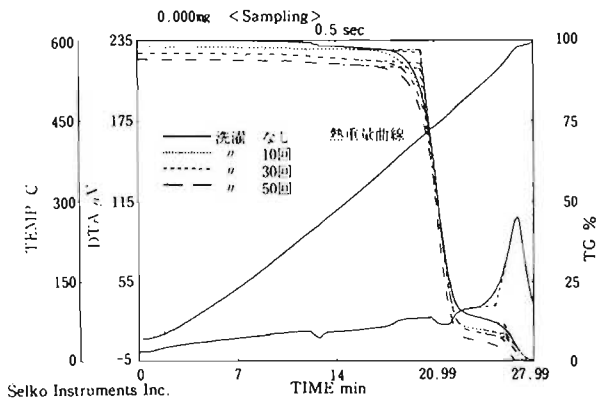


図7 供試体4の熱重量曲線比較図

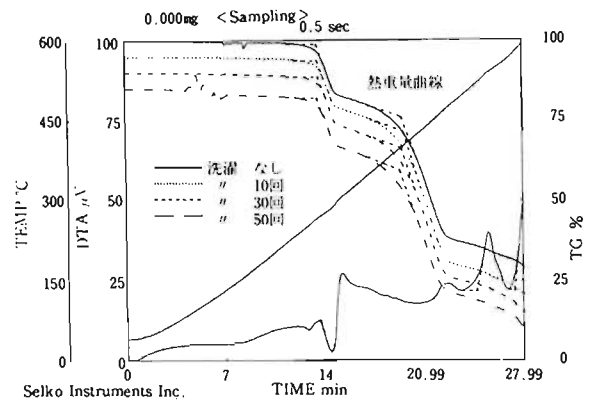


図11 供試体6の熱重量曲線比較図

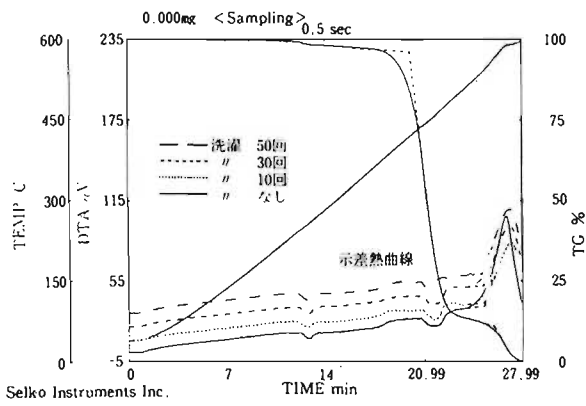


図8 供試体4の示差熱曲線比較図

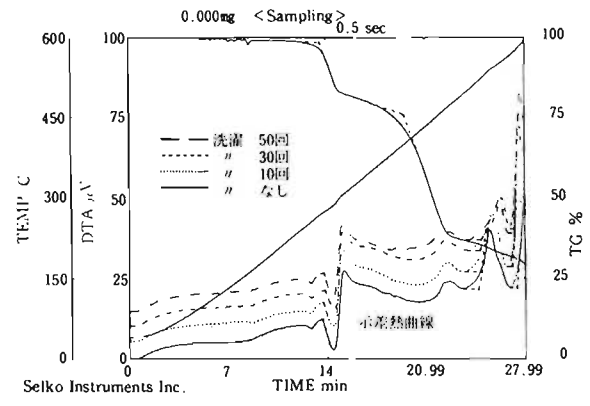


図12 供試体6の示差熱曲線比較図

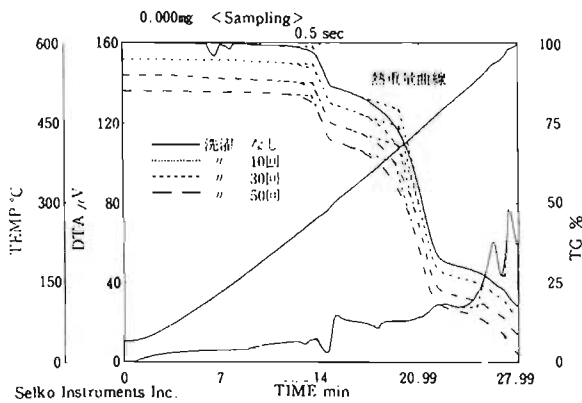


図9 供試体5の熱重量曲線比較図

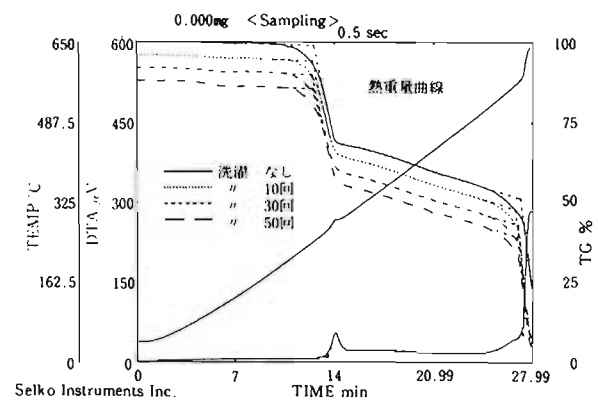


図13 供試体7の熱重量曲線比較図

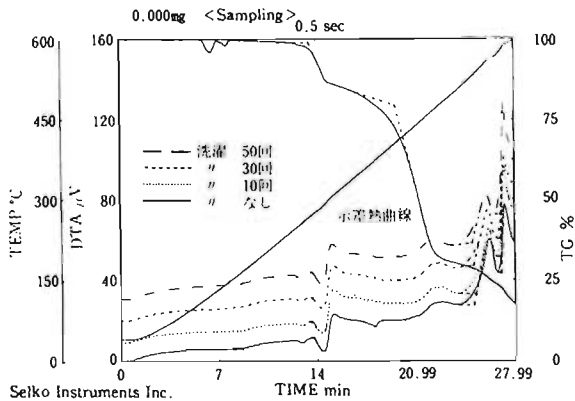


図10 供試体5の示差熱曲線比較図

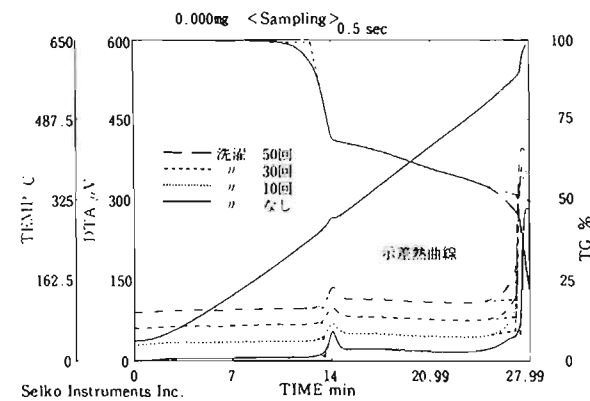


図14 供試体7の示差熱曲線比較図

そして、発熱開始温度や発熱量などにおいて明らかに異なっていることがわかる。このことから、綿やポリエステル製の防災機構は、素材の加熱分解量を抑制し、燃焼の継続を抑止しているものと考えられる。

(4) 引裂強さ試験結果等

繊維の引裂強さ試験をJISに基づき、引張速度100 mm/minで行った。その結果を表7に示す。

この結果、供試体No.7は洗濯により極端に引裂強さが低下することが確認されたが、その場合でも綿などの供試体No.1や3よりも引裂強さがあることから、さらに長期にわたり、使用される可能性が高いと思われる。今回の洗濯回数により、実用上、使用不能になったと思われる供試体は1体もない結果であった。

なお、繊維の引裂強さ以外の条件でカーテンを交換する可能性があるのは、褪色が考えられるが、この試験は当室では行えなかったが、観察結果では、供試体1及び2が比較的褪色していたものの、綿以外の供試体4～7は、ほとんど褪色しておらず、予想外に長期にわたり使用される可能性は十分あると考えられる。

4 まとめ

今回の実験結果では、供試体No.3を除く供試体において、家庭用洗濯機による洗濯においても洗濯回数を重ねた場合には、素材に影響を与え、わずかながらも燃焼性状が変化することが確認された。

しかし、一方で防災性能そのものへ影響を及ぼしていないことも確認され、また、一般家庭におけるカーテンの使用年数から考える洗濯回数も本実験における回数が上限とも考えられる。

従って、今回の実験結果から推察すれば、最近の防災カーテンが火災初期における延焼媒体となるおそれは少なく、また、洗濯などによって、その性能が劣化する可能性も少なく、住宅防火対策には有効であることが、改めて確認された。

なお、本実験の45°法試験の一部に見られたように素材自身に何かの影響を与え、燃焼性状が変わっていることも事実であり、今回の実験結果をもって、最近の素材を用いた防災カーテンすべてを結論づけるには、まだ問題が残ると思われる。特に燃焼現象は、火源や周囲の環境条件により大きく左右されることから、わずかな燃焼性の違いであっても、これが火災進展を助長するものであってはならない。従って、今後ともあらゆる機会をとらえ、防災物品等の燃焼性の確認や安全性の確認実験を続けていく必要はあり、また、査察時に少量で防災性能の確認が可能な方法についても研究を進めていきたいと考えている。

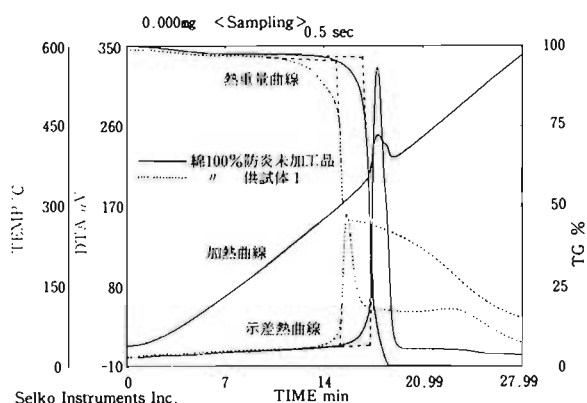


図15 綿100%の防災と非防災の示差熱分析比較図

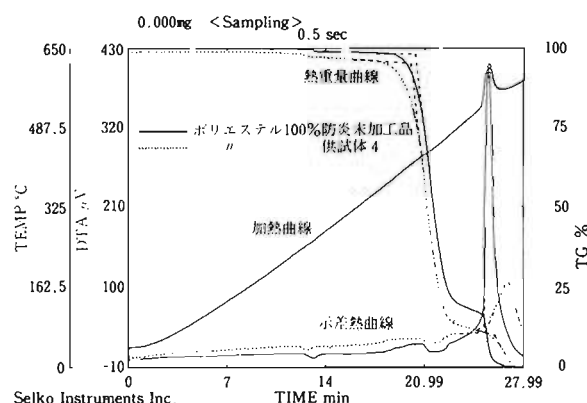


図16 ポリエステル100%の防災と非防災の示差熱分析比較図

表7 引裂強さ試験結果

供試体	洗濯なし	洗濯10回	洗濯30回	洗濯50回
No.1	3.5	3.4	3.3	3.3
No.2	4.6	4.1	4.1	4.0
No.3	1.8	1.6	1.3	1.1
No.4	16.9	15.7	15.3	11.6
No.5	16.5	15.2	13.0	12.6
No.6	13.5	8.8	8.6	7.3
No.7	21.9	9.2	4.5	4.0

注) 単位は、Kgf (重量キログラム) である。

参考文献

- (1) 「新素材・50選」—特徴と実用化の現状—
(日経B P社)
- (2) 防災ニュースNo.115 1993年8月(財)日本防災協会