

最近の防災カーテンの長期使用による防災性能への影響 (第2報)

Study of the Weathering Effects on the Flame Retardant Performance of the Worn out Curtains (Series 2)

古河大直*

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として、昨年度に引き続き、一般家庭において長期間使用した場合の防災性能への影響について確認した。

供試体として、素材が綿、ポリエステル及びアクリル100%のものとこれらを混用したもの計5種類を用いて、耐候性試験機により、人工的に劣化を促進させ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、5種類の素材のうち3種類において、炭化面積が無限大となる燃焼性状を示し、紫外線の放射ばく露による防災性能への明らかな影響が確認された。
- 2 示差熱分析装置を用いた試験では、素材の温度特性を調べた結果、いずれの供試体においても分解・発熱温度や残さ率、発熱量に違いが認められ、放射ばく露による防災性能への影響が確認された。

この実験で、示差熱分析が防災性能への影響の有効な判定方法であることが確認された。しかし、45°法燃焼試験結果や放射ばく露量との相関性が確認できなかったこと、また、本実験では人工的に促進劣化させた供試体のみであり、実際の使用環境との相関性も確認していないことなどから、今後も検討を進めていく必要がある。

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

Tests were made to make certain of the weathering effects on the flame retardant performance of the worn out curtains.

Cotton, polyester, acryl and their mixed woven curtains were used in the tests.

The findings were as follows.

- 1 Weathering reduced the flame retardant performance. Three of five curtains exposed to ultraviolet rays burned rapidly in the burning test which was stipulated by the fire service law.
- 2 They showed differences in their decomposition and exothermic temperatures and the calorific power in the thermal analysis tests.

Thermal analysis was advatageous to evaluate the weathering effects on the flame retardant performance.

These findings have to be endorced by other tests.

1 はじめに

消防法により防災物品の使用が義務づけられている建築物や施設のみならず、社会福祉施設などでは、防災製品の使用を普及させるよう重点指導も行われている。

また、一般住宅についても住宅防火対策の重要性からこれら防災物品、防災製品の普及促進が図られている。

ところで、これら防災物品についても科学技術の進歩に伴い、素材や難燃剤などが改良、開発され、耐久性があり、肌触りが良いなど普及要件を満たす製品が多数となっている状況である。

ところが、これら最近の素材を用いた防災物品に関する

研究例が少ないことから、昨年、最近の素材を用いた防災カーテンを一般家庭用の大型洗濯機で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ところ燃焼性にわずかながら影響が認められたが、防災性能そのものへの影響は認められないことが確認された。

詳細は、研究所報第31号を参照していただきたい。

そこで今回は、防災カーテンが窓際に長期間つり下げられた場合に起こる紫外線照射による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

昨年、用いた防災カーテン7種類の供試体のうち、表1に示す5種類を選び、縦60cm、横40cmの大きさのものを供試体とした。

*第二研究室

(2) 実験装置

JIS-B-7754に規定するキセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機（以下「ウェザオメータ」という。）を使用した。なお、キセノンランプバーナーのフィルターは、内側、外側ともにポロシリケートガラスを使用し、放射照度は、340nmにおいて0.35W/m²とした。装置の外観を写真1に示す。

表1 供試体一覧

供試体	素材・混用率	組織	認定重量
No.1	綿 100%	朱子織	280g/m ²
No.2	綿 38% アクリル系 62%	平織	140g/m ²
No.3	ポリエステル 100%	変り織	240g/m ²
No.4	ポリエステル 48% アクリル系 52%	紋織	252g/m ²
No.5	難燃アクリル 100%	紋織	322g/m ²



写真1 ウェザオメータ

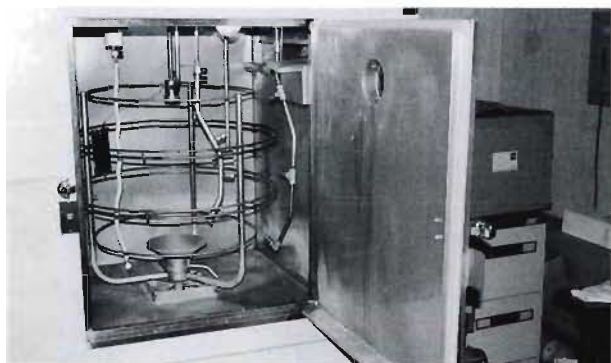


写真2 試験槽の内部

(3) 実験方法

5種類の供試体を一度にウェザオメータ内の試料ラックに取り付け、JIS-L-0843に定める明暗法の紫外線放射パターン（3.8時間点灯、1時間暗黒）により、紫外線を照射した。

紫外線放射パターンにおける各運転条件は、点灯時のブラックパネル温度83±3℃、試験槽内の温湿度は、点灯時60℃、54%、暗黒時38℃、97%とし、加湿に使用する水は、イオン交換水を用いた。

供試体に対する紫外線照射は、放射ばく露量の合計を約1,500KJ/m²と2,400KJ/m²の2通りとし、放射ばく露量は、次式により算出した。

放射ばく露量(KJ/m²) =

$$\text{放射照度(W/m}^2\text{)} \times \text{時間(h)} \times 3.6(\text{Ks/h})$$

また、紫外線照射による防炎性能への影響は、消防法に定める45°法防炎性試験による燃焼性と示差熱分析装置による温度特性を分析することにより、防炎性能の低下の有無を確認することとした。

3 実験結果及び考察

(1) 45°法防炎性試験結果

消防法に定める防炎性試験は、1の試験につき試験体を2m²以上から無作為に3体取り、燃焼試験を行うものであるが、本実験では、ウェザオメータ内の試料ラックにセットできる試料が限られること（写真2参照）、また、同じ条件設定で紫外線照射の再現性が確保できるのか不明なことから、1回の紫外線照射に全5種類の供試体を取り付けることとした。

従って、供試体1枚は60cm×40cmの大きさしかないので、この供試体のまま45°法の燃焼試験を可能な範囲で6回の接炎を行い、判定することとした。なお、供試体重量はいずれも450g/m²以下であることから、炎の大きさ45mm、加熱時間1分である。

その結果を表2及び写真3～7に示す。

この防炎性試験の結果、供試体No.1は、接炎時の着炎性にはっきりと差が表れた。すなわち、着炎後に難燃機構により消炎するはずのものが、消炎できないとそのまま燃焼が継続し、炎が大きくなって燃焼が拡大していく結果となった。これは、表2の炭化面積の値を見ても明らかのように基準値を超えたものは、極端に大きな炭化面積となる結果であった。

この供試体の素材は、綿100%であることから、防炎処理は耐久性のある防炎薬剤を使用しているものと思われるが、紫外線や温湿度など何らかの影響を受けて、防炎薬剤の難燃性の低下あるいは薬剤付着量の低下などの状態となり、炎のわずかな状態によって燃焼を抑

制できない状況が発生したものと考えられる。

また、供試体No.3及びNo.4は、素材にいずれもポリエステルを用いているもので、No.3は100%、No.4は48%混紡した製品である。これらは接炎すると溶融する性質を有するが、難燃性を有するものは溶融するのみで溶融部分には着炎しなかったものであるが、放射ばく露した供試体は、すべて溶融した部分に着炎するようになり、その着炎した炎によりまた新たな部分を溶融、着炎させ、燃焼を継続するという状況であった。

従って、ポリエステル素材は、ウェザオメータによる影響が顕著に認められる結果であった。

一方、供試体No.2及びNo.5は、素材にアクリル系を用いているもので、供試体No.2は昨年の実験でも防炎性能の大きな低下は認められなかった。本実験においてもわずかに炭化面積が基準値を超えるものの発生はあったが、他の供試体のように燃焼が継続し、炭化面積が拡大していくものではなかった。

また、供試体No.5は残じん秒数が長くなる結果であったが、これも昨年の実験結果と同様な傾向を示すものであった。

表2 45°法防炎性試験結果

供試体	炭化面積 (cm ²) ()は残じん秒数		
	放射ばく露 なし	ばく露量 1,500KJ/m ²	ばく露量 2,400KJ/m ²
No.1	21.5	∞	21.8
	19.1	21.1	∞
	22.4	22.5	24.6
	22.0	∞	22.1
	19.6	23.0 (3.1)	26.5
	21.4	151.7	29.8
No.2	19.2	28.4	27.8
	18.2	21.6 (1.7)	24.5
	23.7	30.2	28.4
	29.0	30.1	28.3
	29.5	39.5	26.6
	21.7	24.5	26.0
No.3	4.2	19.3	29.2
	4.7	86.4	65.4
	4.3	∞	41.5
	4.0	73.7	∞
	4.9	35.3	83.6
	5.3	24.8	∞
No.4	5.4	39.1	16.3
	5.2	∞	32.7
	5.2	∞	9.8
	4.8	∞	14.5
	6.0	∞	102.1
	4.8	—	22.4
No.5	4.5	11.6 (18.2)	6.1
	5.4	6.6	11.2 (31.3)
	5.7	6.6	9.3 (22.4)
	6.4	18.9 (3.4)	25.2 (10.5)
	5.9	17.8 (7.3)	14.4
	5.8	20.1 (13.5)	11.5 (2.5)

注) 網掛けは、消防法に定める基準値 (炭化面積 30cm²、残じん 5 sec) を超えたもの

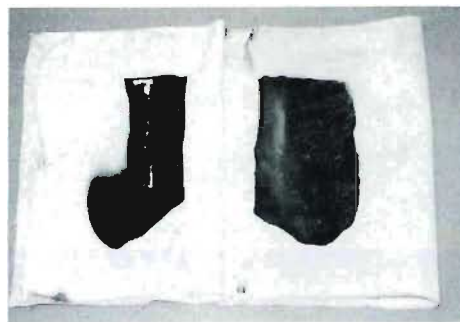


写真3 供試体No.1

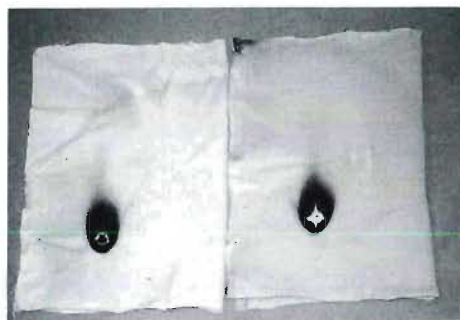


写真4 供試体No.2

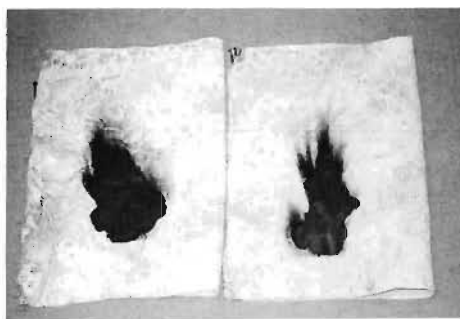


写真5 供試体No.3



写真6 供試体No.4



写真7 供試体No.5

アクリル系繊維は、アクリロニトリルと塩化ビニルから構成されている繊維であり、塩素を含んでいることから、難燃性を有している。従って、ウェザオメータによる影響があったとしても、この含有している塩素により、極端な難燃性の低下は起こらず、燃焼が継続しなかったのではないかと考えられる。

各供試体の燃焼結果の一例を写真3～7に示す。

写真左側の供試体が放射ばく露量1,500KJ/m²、右側の供試体が2400KJ/m²のものである。

この写真では判別しにくいですが、供試体No.2及びNo.5は、外観では、放射ばく露量の違いによる繊維の変色が著しく、2,400KJ/m²のものは褐色に焦げたような感じであった。しかし、いずれの供試体も防災性能の低下は少なく、放射ばく露量の違いによる防災性能の差もあまりない結果であった。

その他の供試体は、放射ばく露前の供試体に比較すると、いずれもかなりの褪色が認められるものの、放射ばく露量の違いによる褪色の差はあまり認められなかった。

表3 TG/DTA解析結果

供試体	解析項目	放射ばく露量 (KJ/m ²)			JIS布 防災なし
		なし	1,500	2,400	
No.1	分解温度 °C	299.4	314.2	313.7	341.8
	第一段残さ率 %	46.9	32.8	40.2	0.0
	発熱温度 °C	307.3	337.7	327.7	360.0
	最終残さ率 %	16.0	4.3	13.6	0.0
No.2	第一段分解温度 °C	229.4	238.8	240.4	
	第二段分解温度 °C	553.3	515.3	529.9	
	第二段発熱温度 °C	557.1	520.7	527.3	
	最終残さ率 %	13.1	16.3	11.8	
No.3	第一段分解温度 °C	417.4	413.9	418.2	418.2
	第一段残さ率 %	15.7	22.1	20.0	20.9
	第二段分解温度 °C	558.8	531.0	559.0	536.9
	発熱温度 °C	546.7	531.0	562.5	540.9
	最終残さ率 %	0.1	1.5	1.3	0.0
No.4	第一段分解温度 °C	267.6	267.0	267.2	
	第一段残さ率 %	32.3	36.0	38.2	
	第二段分解温度 °C	404.3	373.0	364.0	
	第一段発熱温度 °C	530.0	512.3	507.0	
	最終残さ率 %	17.4	6.4	4.5	
No.5	第一段分解温度 °C	244.9	242.0	225.6	
	第二段分解温度 °C	574.4	562.3	542.4	
	第一段発熱温度 °C	269.0	263.1	245.5	
	第二段発熱温度 °C	582.1	563.4	548.4	
	最終残さ率 %	22.0	13.4	9.1	

(2) 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8mg～9mgを空気流量300ml/min、昇温速度20°C/minにて分析を行った。

示差熱分析による解析結果を表3に、また放射ばく露量の違いによる熱重量及び示差熱曲線の比較図を図1～図14に示す。

表3の解析結果表を見ると、いずれも多少の温度差を生じているが、前報でも述べたように示差熱分析の再現性を見れば、数度の違いはあることから、この結果表の温度から防災性能への影響を判定するよりは、熱重量曲線及び示差熱曲線比較図により、比較検討した方が放射ばく露による影響の有無が分かりやすい。

図1及び2を見ると、放射ばく露したものは、放射ばく露していないものに比べ、分解開始温度が遅れており、かつ一致している。ただし、第一段残さ率は、放射ばく露量1,500KJ/m²の方が少なく、示差熱曲線と併せ見ると、分解し重量減少した成分は可燃性であると推測でき、この結果は45°法試験結果とも一致する。そこで、この第一段分解の残さについて、セイコー電子工業(株)製SEA2010L型蛍光X線分析計により成分分

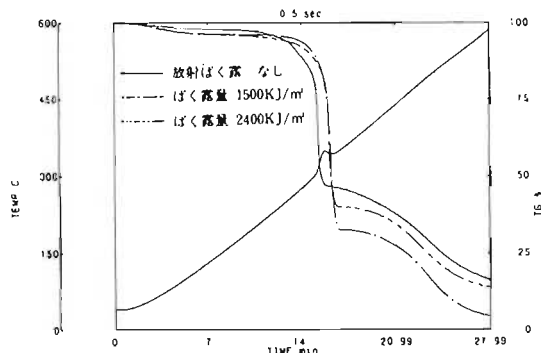


図1 供試体No.1の熱重量曲線比較図

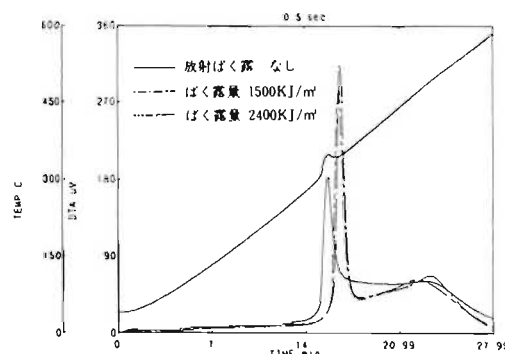


図2 供試体No.1の示差熱曲線比較図

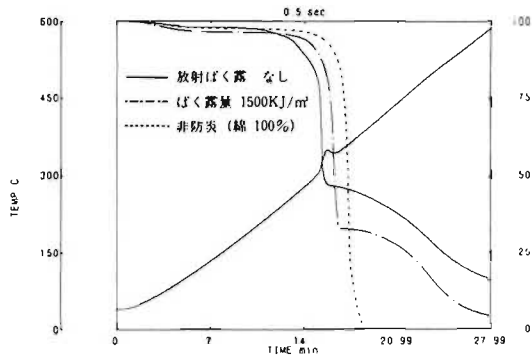


図3 供試体No. 1 と非防災布の熱重量曲線比較図

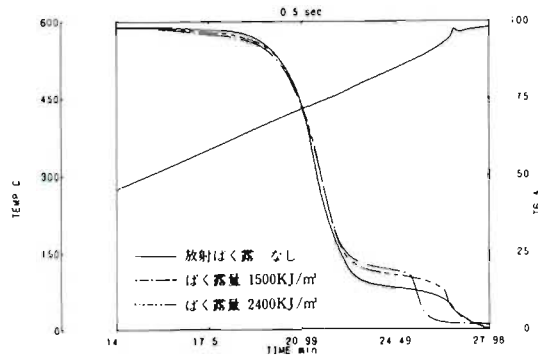


図7 供試体No. 3 の熱重量曲線比較図

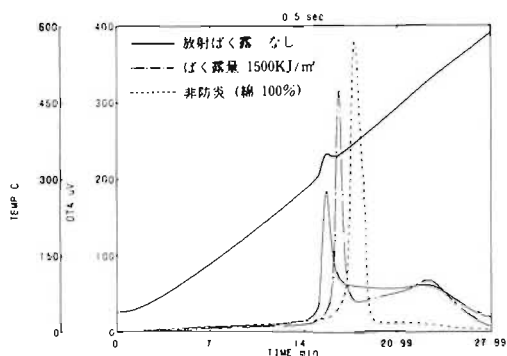


図4 供試体No. 1 と非防災布の示差熱曲線比較図

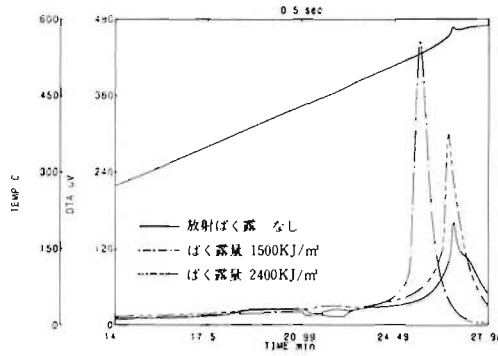


図8 供試体No. 3 の示差熱曲線比較図

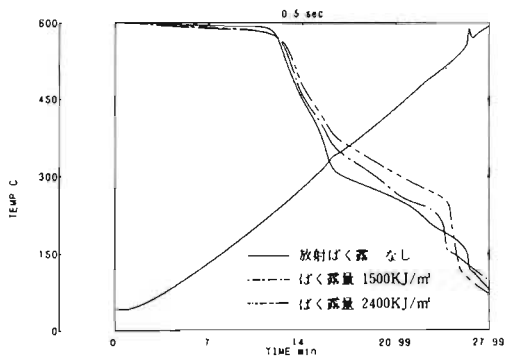


図5 供試体No. 2 の熱重量曲線比較図

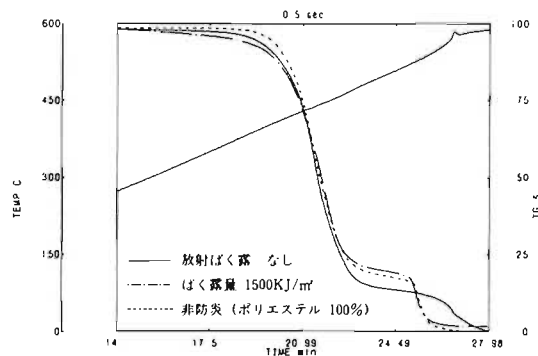


図9 供試体No. 3 と非防災布の熱重量曲線比較図

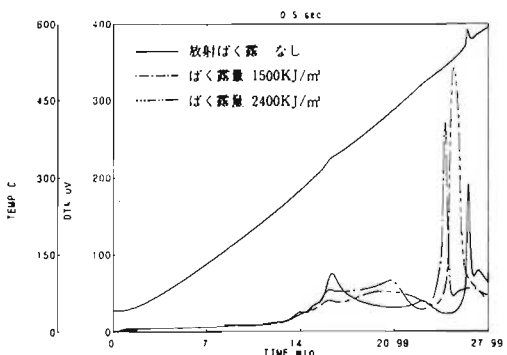


図6 供試体No. 2 の示差熱曲線比較図

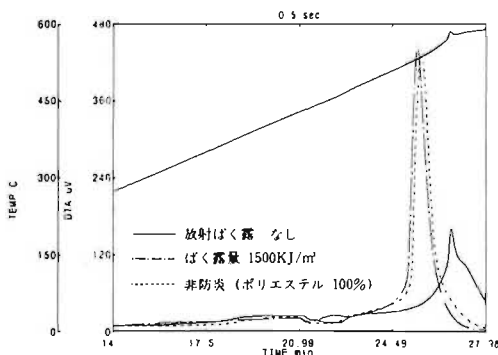


図10 供試体No. 3 と非防災布の示差熱曲線比較図

析を行った結果、残さ中の炭素以外の元素ではリンが主成分として確認され、供試体No.1の難燃剤はリン化合物が用いられていることが判った。

一方、図3及び4は、供試体No.1及びJISに定める綿100%（非防災）の比較図であるが、これを見ると明らかに残さ量の違い及び示差熱の発熱量の違いが確認できる。そして、新しい供試体No.1に放射ばく露させると防災性能を有する曲線から非防災の曲線の方へ曲線が移行している傾向が認められ、防災性能の変化の様子が判る。ただし、今回使用した分析計では、残さ中の炭素を分析できなかったことから、リンの含有量を定量できず、放射ばく露による影響の要因が難燃剤の減少によるものとの断定はできなかった。

図5及び6は、供試体No.2の比較図であるが、これも放射ばく露による影響が認められる曲線を示したが、綿100%のような明確な傾向は見られなかった。なお、難燃剤はアンチモン化合物と思われる。

図7～図10は、供試体No.3の放射ばく露したもの、していないもの及びJISに定めるポリエステル100%（非防災）の比較図である。これも前2の供試体と同様に明らかに放射ばく露による影響が認められ、また図9、10を見ると、放射ばく露量1,500KJ/m²の供試体は、非防災のJIS布と同じ曲線を示し、難燃機構が動いていないことが判る。そこで、この供試体についても難燃機構解明のため、ガスクロマトグラフやフーリエ変換赤外分光光度計を用いて、分解生成物の成分分析を試みたが、解明するまでは至らなかった。なお、難燃剤は臭素あるいはその化合物と思われる。

供試体No.4についても今までと同様に放射ばく露による影響が大きく見られる結果であった。特に、図12の示差熱曲線を見ると、発熱開始温度が放射ばく露していないものと比べると30～40°C早くなっており、また発熱量も数段大きくなっている。従って、これらの性状変化が45°法燃焼試験において燃焼拡大した要因ではないかと推測される。

アクリル100%の供試体No.5は、図13及び14に示すとおり第二段分解温度や発熱開始温度が500°C以上と高く、また加熱終了温度の600°Cでも反応が終了していないことから、今回の分析条件で放射ばく露による影響を断定はできないが、傾向としては他の供試体と同じく開始温度に変化が見られることから、影響はあったと推測される。

これら5種類の供試体を総体的に見ると、いずれの供試体においても放射ばく露による影響が認められ、示差熱分析により防災性能への影響の判定が可能であ

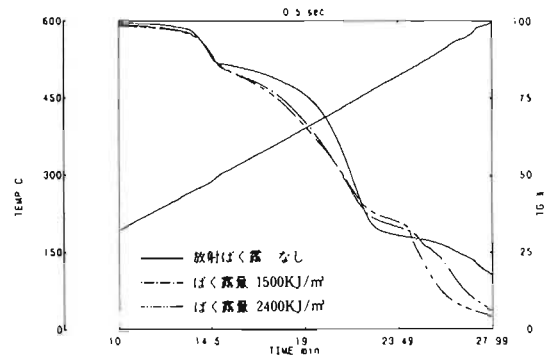


図11 供試体No.4の熱重量曲線比較図

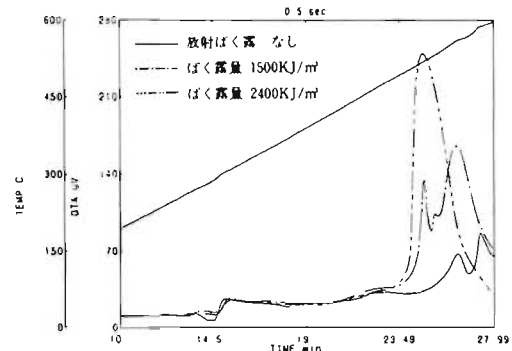


図12 供試体No.4の示差熱曲線比較図

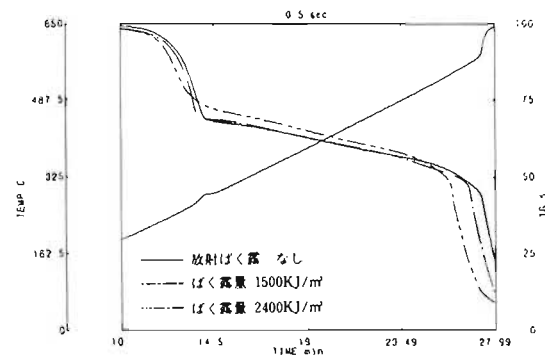


図13 供試体No.5の熱重量曲線比較図

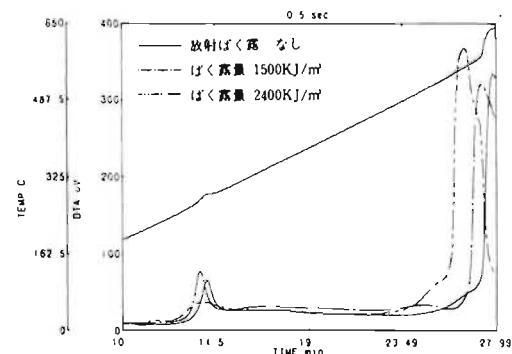


図14 供試体No.5の示差熱曲線比較図

ることが判明した。ただし、これらはいずれも新しい供試体と比較したものであり、また、供試体No.2やNo.5のように45°法燃焼試験において、極端な性能変化が見られないもの、さらに放射ばく露量の違いと45°法燃焼試験結果が一致していないものについては、今後、他の分析方法も含め、検討を続けていく必要がある。

また、本実験では人工的に促進劣化させた供試体についてのみ行った結果であり、実際の使用環境においては紫外線の照射角度や日照時間など様々な要因があり、一概に使用環境をシミュレートして何年経過するとこのような状態になるとは結論づけられないところがある。従って、これらについてもその相関性を把握し、危険性が介在するならば、その対策についても検討していかなければならないと考える。

4 まとめ

今回の実験結果では、放射ばく露量1,500KJ/m²以上の紫外線を照射することにより、各種素材の防災性能へ影響を与え、着火すると延焼拡大する可能性のある素材もあることが確認された。

特に素材難燃と言われるものは、昨年の実験結果でも実証されたようにその素材自身にリン化合物やハロゲン化合物の難燃剤を重合させるなどして、繊維そのものが改質されているため、影響を受けないものと予想していたが、結果的には紫外線照射を大量に受けても影響されないと断定することができない結果となった。

以上のことから、最近の防災カーテンといえども長期にわたる紫外線照射を受けるなど、環境条件によっては永久に防災性能を維持しているとは限らないことが確認された。

防災カーテンなどが火災初期において延焼媒体となった場合、社会的な影響も予想されることから、今後は、使用環境や使用年数と放射ばく露量の関係、さらには、より多くの素材についての検証なども続けていく必要があると考える。

参考文献

- 1 消防科学研究所報 第31号 1994年
- 2 「新素材・50選」特徴と実用化の現状（日経B P社）
- 3 防災ニュースNo.115 1993年8月（財）日本防災協会
- 4 島津アプリケーションニュース 熱分析37
- 5 繊維学会誌 Vol.43 No.7 (1987)坂庭光夫
- 6 材料の評価技術 人工促進暴露試験の問題点 1989年3月 峰松陽一（芝浦工業大学）