羊毛特性に関する研究

羊毛の光による劣化

三輪幸弘、藤田和孝

1．はじめに

羊毛は、日光に長く当たっていると、劣化（黄変、脆化）していく。そして、光による劣化は、熱により促進される。

本報では、日本では多く使用されている、太陽光に近似した人工光－サンシャインカーボンアーク灯光－による羊毛の劣化について、黄変指数、引張・破裂強さ、力学（引張、剪断、曲げ、圧縮）・表面特性等の変化を検討した。

また、羊毛への光の照射波長の影響についても確認したので報告する。

2．実験方法

（1）サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛の劣化

1）試料

羊毛布は、染色堅牢度試験用添付白布［㈶日本規格協会製、モスリン）を使用した。

2）照射条件

使用機器：サンシャインロングライフウェザーメーター［スガ試験機㈱製、WEL-SUN-HCH-B型］

温　　度：ブラックパネル温度（BPT）
63±2℃（標準条件）
83±2℃（高温条件）

湿　　度：40－50%RH

照射時間：75－450 h（カーボン交換75 h 毎）

3）黄変指数の変化

使用機器：自記分光光度計［日立㈱製、U-3200型、150Φ積分球付属］

測定面積：Φ2㎝（試料5枚重ね）

測定方法：JIS L1081（羊毛繊維試験方法）
黄変指数法
（Norton-Nichollsの式）

黄変指数（YI）
＝［（R650－R425）／R550］×100

ここに、R650：650 nmの分光反射率
R550：650 nmの分光反射率
R425：425 nmの分光反射率
（標準の光D_{65}／10度視野）

黄変指数の変化（ΔYI）
＝（照射後のYI－照射前のYI）

4）引張・破裂強さの変化

使用機器：オートグラフ［島津制作所㈱製、AG-500A型］

測定方法：JIS L1096（一般織物試験方法）

測定条件：標準時

引張強さ（たて方向）
：定速伸長形
つかみ間隔10cm（幅2.5cm）
引張速度10cm/min

破裂強さ：定速伸長形法

保持率（%）＝（G／G_0）×100

ここに、G_0：照射前の引張・破裂強さ
G：照射後の引張・破裂強さ

5）力学・表面特性

使用機器：KES－FBシステム［カトーテック㈱製］

測定条件：標準条件（剪断、曲げ、圧縮、表面特性）

高感度条件（引張特性）

6）赤外分光による表面分析

使用機器：FT-IR［日本電子㈱製、JIR-5300型］

測定条件：ATR法

［KRS-5結晶（入射角45°）］

分解能　：4cm^{-1}

積算回数：200回

検出器　：TGS

（2）羊毛への光の照射波長の影響

1）試料

梳毛糸［染色堅牢度試験用添付白布の羊毛布のたて糸（番手19 tex、平均繊維直径21.4 μm）］を、台紙（濾紙を貼り付けた白厚紙、大きさ 8cm×10cm）に糸を1本ずつ巻いて並べた［糸巻き密度約50本/cm（/50nm）］。

2）照射条件

使用機器　：分光老化試験機［スガ試験機㈱製、SPW-6型］

光　　源　：キセノンショートアーク灯（空冷1kW）

分光方式　：反射形平面回折格子

照射面積　：波長方向約6cm×高さ4cm

波長範囲　：250nm－550nm

放電電流　：40A

スリット幅：2mm

照射時間　：黄変が生じるまで（6h）

3）測色条件（色の変化）

使用機器　：微小面分光測色計［スガ試験機㈱製、MSC-5NS型）］

測定面積　：Φ0.8mm

測定位置　：照射面の10nm毎で、それぞれの中心

測定項目　：照射前後の黄変指数の変化（標準の光D_{65}／10度視野）

4）測定条件（強さの変化）

使用機器　：定速伸長形（同前記）

つかみ間隔：4cm

引張速度　：4cm/min

測定位置　：照射面の25nm毎で、それぞれの中心（測定本数20本）

測定項目　：切断エネルギー（E）

切断エネルギーの変化（ΔE）

＝（照射部のE）／（未照射部のE）

3．結果と考察

（1）サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛の劣化

サンシャインカーボンアーク灯光照射（平均放射照度 252W/m^2）により、羊毛布の劣化試料を作成した。

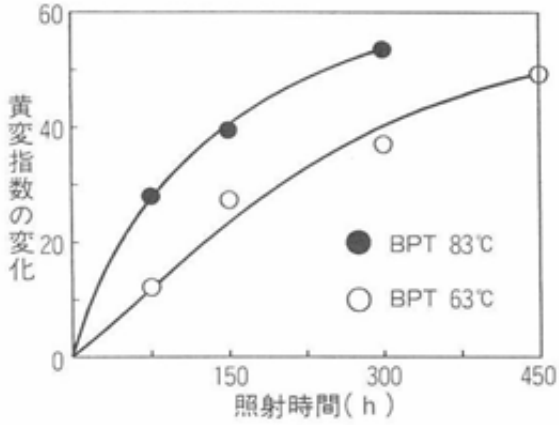

図1　サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛布の黄変指数の変化

黄変指数の変化を図1に示す。黄変指数は照射時間とともに増加した。黄変は高温条件（BPT83℃）で促進され、照射時間 75－300 hで、標準条件（BPT63℃）の1.2－1.4倍であった。

引張強さの変化を図2－1に、破裂強さの変化を図2－2に示す。引張強さは照射時間

とともに低下した。破裂強さは初めの照射75hで著しく低下（BPT63℃で34%、BPT83℃で31%）し、その後も徐々に低下した。引張・破裂強さの低下も高温で促進され、照射時間150－300hで、引張強さは1.3－1.2倍、破裂強さは1.2－1.1倍であった。

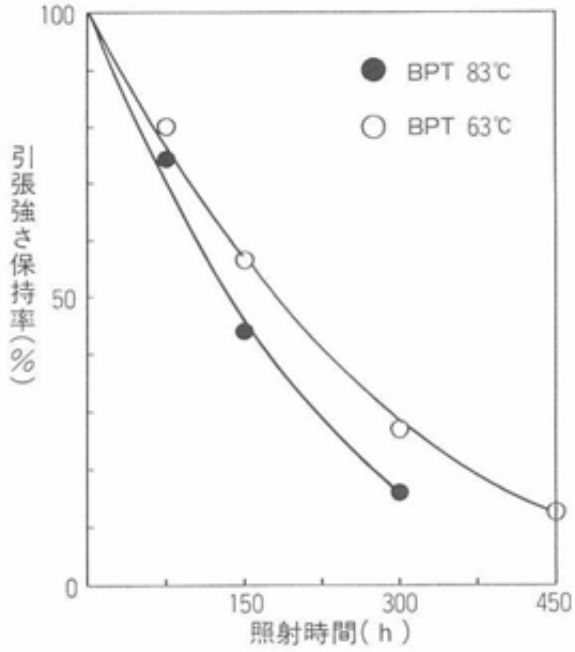

図2－1　サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛布の引張強さの変化

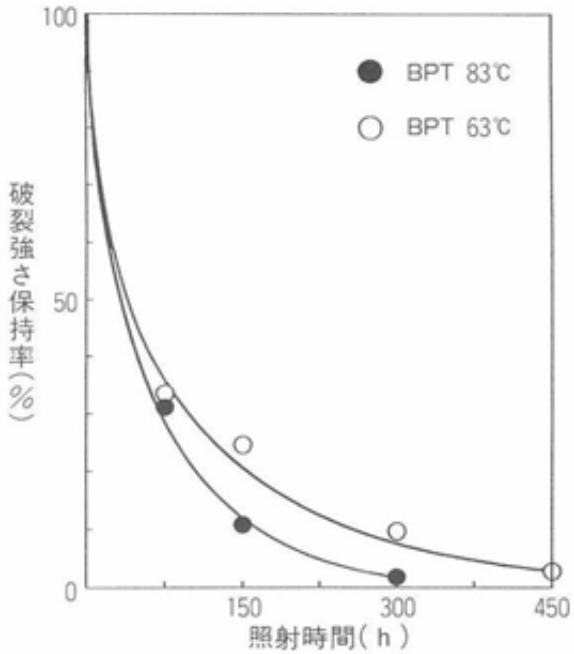

図2－2　サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛布の破裂強さの変化

表1　サンシャインカーボンアーク灯光照射による羊毛布の力学・表面特性の変化
(a)BPT63℃、(b)BPT83℃

(a)

BPT63℃		照射時間(h)				
特性項目	単位	0	75	150	300	450
B	gf·cm²/cm	0.041	0.043	0.042	0.042	0.044
G	gf/cm·degree	0.30	0.28	0.29	0.30	0.29
2HG5	gf/cm	0.42	0.44	0.44	0.51	0.68
RT	%	85.3	82.2	84.7	74.0	73.1
RC	%	58.7	56.4	56.3	55.2	53.5
MIU	—	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21
SMD	micron	5.4	5.8	6.1	6.0	6.0

(b)

BPT83℃	照射時間(h)		
特性項目	75	150	300
B	0.043	0.042	0.042
G	0.30	0.30	0.29
2HG5	0.42	0.53	0.65
RT	84.2	81.8	76.5
RC	56.8	54.1	54.2
MIU	0.22	0.22	0.23
SMD	5.5	6.2	6.5

力学・表面特性の変化を表1に示す。B（曲げ剛性）の増加は小さく、G（剪断剛性）はほとんど変化しなかった。2HG5（剪断ヒステリシス）は大きく増加（照射時間300hのBPT63℃で21%、BPT83℃で55%）した。回復性を示す、RT（引張レジリエンス）、RC（圧縮レジリエンス）は減少した。MIU（摩擦係数）は増加し、SMD（表面の凹凸の変

動）も増加した。Bairdら［1］の日光による結果と比較すると、ほぼ同様の傾向にあるが、SMDの変化は、日光ほど著しくはない（照射時間 300 h のBPT63℃で11%、BPT83℃で20%）。

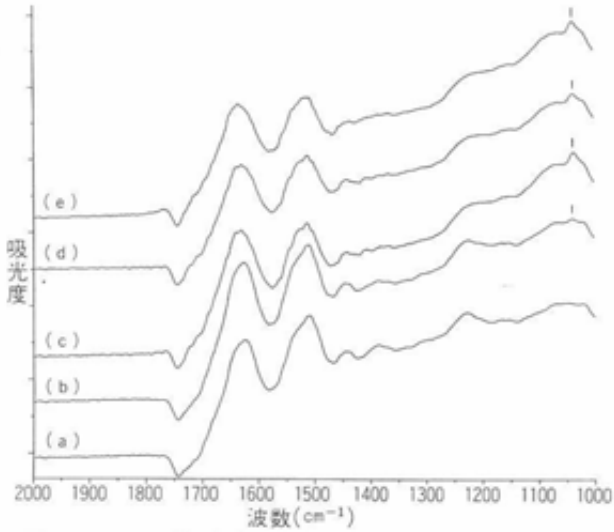

図3－1　羊毛布のFTIR－ATRスペクトル（1000－2000cm^{-1}）
（a）未照射、（b）照射150h(BPT63℃)、
（c）照射300h(BPT63℃)、
（d）照射150h(BPT83℃)、
（e）照射300h(BPT83℃)

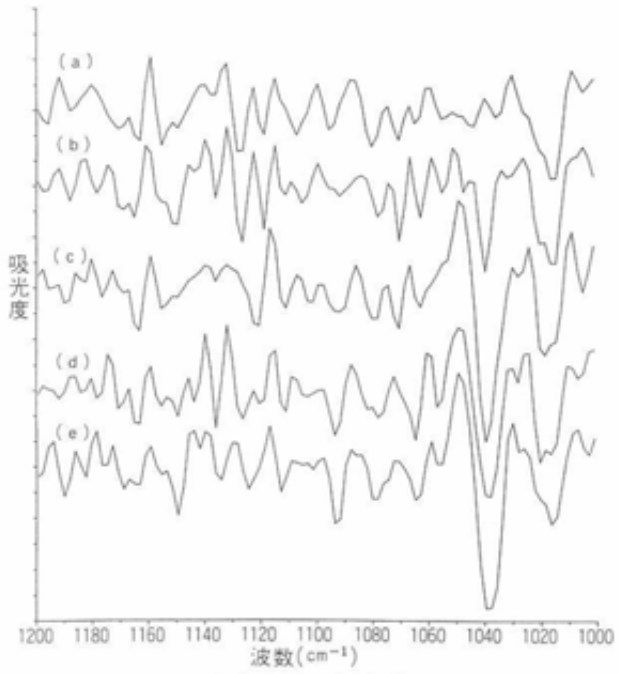

図3－2　羊毛布の2次微分FTIR－ATRスペクトル(1000－1200cm^{-1})
（a）未照射、（b）照射150h(BPT63℃)、
（c）照射300h(BPT63℃)、
（d）照射150h(BPT83℃)、
（e）照射300h(BPT83℃)

未照射、照射時間150、300 h のFTIR（フーリエ変換型赤外分光）－ATR（減衰全反射）スペクトルを図3－1に、その2次微分スペクトルを図3－2に示す。Carrら［2］は、2次微分FTIR-ATR分析により、日光に照射された羊毛のシスチン結合のシステイン酸（構造：－SO_3^-、波数：1040cm^{-1}）への変化等を検討している。FTIR-ATRスペクトルから、照射によって波数1040付近にシステイン酸のピークが現れ、その2次微分スペクトルから、照射時間とともに増加することが分かる。これは、表面脆化のよい目安となる。

（2）羊毛への光の照射波長の影響

羊毛への光の照射波長の影響について、色の変化（黄変・漂白）を図4に、強さの変化（脆化）を図5に示す。数値は、各波長毎に等エネルギーに直さないで、自然条件に近いそのままとした［3］。色の変化は、紫外部（＜400 nm）では黄変し、可視部（400－480nm）では漂白する。強さの変化は、紫外部では脆化し、可視部（＞400 nm）ではほとんど変化はない。これらの結果は、Holtら［4］の結果と一致する。

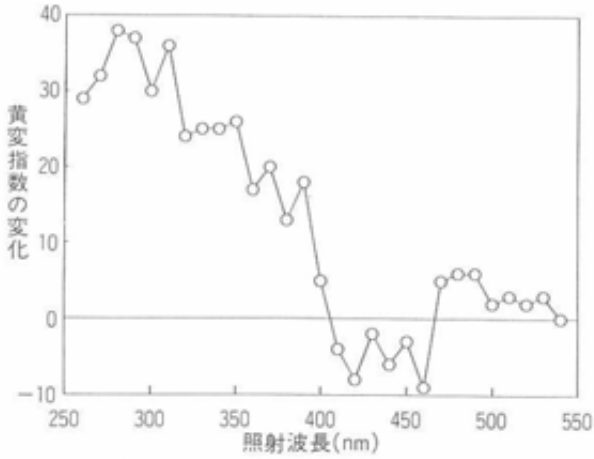

図4　羊毛への光の照射波長の影響（黄変・漂白）

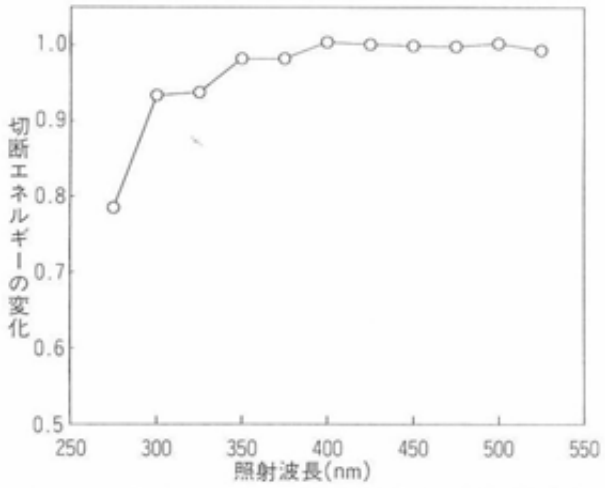

図5　羊毛への光の照射波長の影響(脆化)

4．まとめ

（1）サンシャインカーボンアーク灯光照射による標準条件（BPT63℃）と高温条件（BPT83℃）での羊毛の劣化を検討した。その結果、高温条件では、黄変は 1.4倍、引張強さは 1.3倍、破裂強さは 1.2倍に促進された。また、表面脆化は、KESシステム計測での剪断特性の2HG5（剪断ヒステリシス）の増加、FTIR-ATR分析でのシステイン酸（$-SO_3^-$、1040cm^{-1}）の増加、等がよい目安となる。

（2）羊毛への光の照射波長の影響は、紫外部（＜400 nm）では黄変、脆化し、可視部（400－480nm）では漂白する、ことが確認できた。

謝　辞

分光老化試験機による照射、微小面測色計による測色については、スガ試験機株式会社に御協力いただきました。感謝申し上げます。

参考文献

1．Baird,M.,Carr,C.M.,and Holt,L.A., Effect of Photodegradation on the Mechanical Properties of Wool and Wool/Polyester Fabrics,Textile Res. J.,61,210-213(1991).

2．Carr,C.M.,and Lewis,D.M.,An FTIR spectroscopics study of the photodegradation and thermal degradation of wool,J.Soc.Dyers Colour.,109,Jan.21-24(1993).

3．須賀長市「耐候光と色彩〈改訂版〉」，スガ試験機,1988,pp.96-99.

4．Holt,L.A.,and Waters,P.J.,Factors Affecting the Degradation of Wool by Light-Wavelength,Temperature, Moisture Content,in “Proc 7th Int. Wool Text.Res.Conf.,Tokyo,"vol.Ⅳ, 1985,pp.1-10.