

研究論文

カーテンの照射蓄熱特性の評価

丹羽昭夫*¹、廣瀬繁樹*¹

Evaluation of the Irradiation Thermal Storage Characteristic of Curtain

Akio NIWA*¹ and Shigeki HIROSE*¹Owari Textile Research Center *¹

本研究は、インテリア素材の照射蓄熱特性の評価に関するものである。これは繊維製品が照射熱を閉じられた空間に蓄熱する能力を評価するものである。熱容量を把握した受熱体の温度変化より、照射蓄熱速度を算出する。そして同時に照射熱を測定し、これにより照射蓄熱速度を補正することで平準化できることを確認した。この方法は熱の移動量の定量的な評価が可能となるため、エネルギー効率の評価等への応用が可能となる。

1. はじめに

近年、地球温暖化の懸念から、インテリア製品を中心として繊維製品においても、エネルギー使用削減効果が期待される保温性、遮熱性など、製品の熱特性に関する機能性向上が求められている。このため、最近では保温性カーテン等各種機能性をもったカーテン生地が開発されている。保温性カーテンでは、太陽光を蓄熱して、室内の熱を外に逃さない熱特性評価が求められる。

現在、規格化された試験法があり、定量的な試験を行える¹⁾。しかし、これらは費用が高額で時間もかかる。一方、各検査機関では独自の簡便な方法が開発されている²⁾。しかし、特定の熱特性しか評価できない、照射熱の変動のため試料間の比較評価しかできない等の問題がある。また、結果は温度変化によって表示するため、熱量の移動量が分かりづらく、エネルギー効率の評価などへの応用が困難である。以上のことから迅速、簡易、低コストかつ定量的に行える試験法は存在しない。

著者らは、簡便な遮熱性迅速評価技術確立すべく、

「遮熱性迅速測定装置」を考案した³⁾。これはサーモラボ装置（カトーテック㈱製）を利用して照射熱の強さを評価する方法である。図1に示したように、サーモラボ装置のBTボックス（以下BT）は、恒温発熱体を備えている。これは本体からの電力供給により、恒温発熱体からの熱損失を補い一定温度に維持される。これに熱が照射されると熱損失量が減少するため消費される電力量が小さくなる。これによりBTに照射される照射熱の強さを測定できる。この原理を用いて遮熱性を求める。

しかし、この装置は試料を透過する放射熱のみを評価するものであり、遮熱性という特定の熱特性しか評価できない。そこで、冬向けインテリア生地の試作開発段階で簡便に評価できる総合的な熱特性評価技術を開発し、産地の商品企画力の強化を図る。

2. 実験方法

2.1 照射蓄熱特性の測定システム

本研究では、繊維製品が照射熱を閉じられた空間に蓄える能力を評価する。ここでは空間と外界を遮断する試料に熱照射されたとき、閉じられた空間に熱を蓄える速度を照射蓄熱速度と称する。

図2に示したように、熱容量を把握した受熱体を断熱箱に入れ、開口部に試料を取り付けた。試料面にレフランプで熱を照射し、受熱体の温度の変化を測定した。そして熱照射開始直後及び平衡に達した後の照射遮断直後の温度変化より照射蓄熱速度を算出した。

照射された熱をBTにより同時に測定し、これにより補正することで照射蓄熱速度の平準化を図った。

この試験法と実際の室内との関係を図3に示す。試験

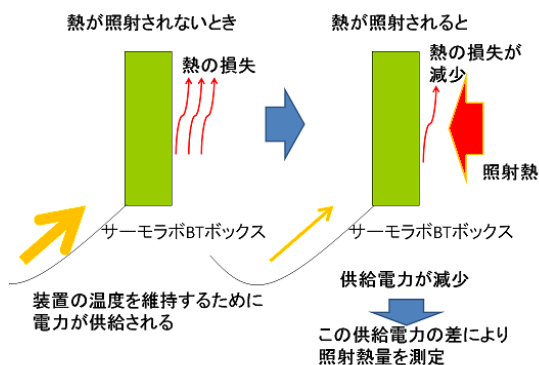


図1 BTによる照射熱の評価

*1 尾張繊維技術センター 機能加工室

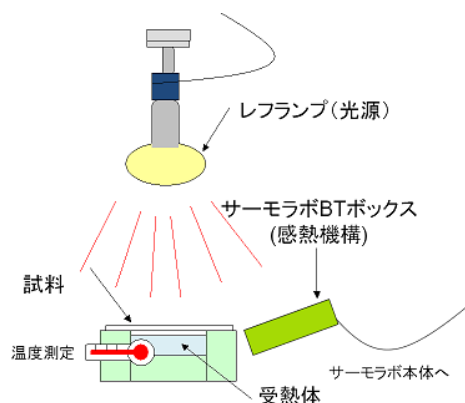


図2 照射蓄熱特性の測定システム

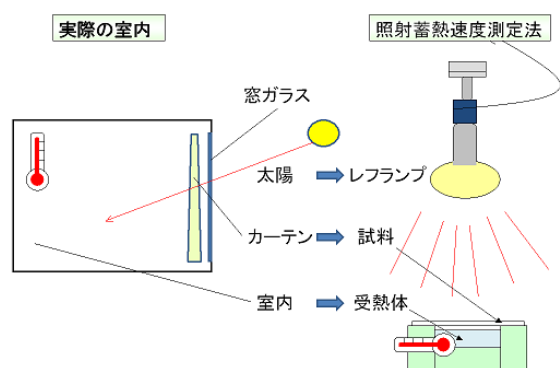


図3 本試験法と実際の室内との関係

法でのレフランプは、実際の室内では太陽光、試料は窓を仕切るカーテンで、閉じられた空間及び受熱体は室内に相当する。照射蓄熱速度は熱量として定量的に表示するため、太陽光からの熱量の流入量が評価できる。そのため空調のエネルギー使用の効率を求める上で重要なデータとなる。

2.2 照射蓄熱特性評価のための受熱体の作成、熱照射測定

受熱体として 14.4 g のアルミ製ヒートシンクを使用した。アルミ製ヒートシンクを使用することでその比熱、質量より熱容量が把握でき、照射蓄熱速度を熱量で表示できる。これに平面型熱電対を張り付け、発泡スチロールの箱型容器に入れた（図4）。その上に試料をのせ、アルミ箔を貼った厚紙製の試料押さえで固定した（図5）。



図4 受熱体の写真



図5 試料を取り付けたところ

これに上方より 30cm 離して 300W フラッドレフランプを照射し、ヒートシンクの温度を 5 秒間隔で記録した。ヒートシンクの温度が平衡に達したところで光源を遮断し、その後の温度変化も記録した。

気温は、レフランプ照射熱が当たらない場所に平面型熱電対を空中につりさげ、同様に 5 秒間隔で記録した。

試料はレースカーテン、淡色及び濃色のカーテンの 3 種類を使用した。

測定は温度 20℃、65%RH の環境下で行った。

2.3 照射熱の測定

BT を図2のようにレフランプより 30cm 離して置き、レフランプにより熱を照射して、BT 熱損失量（消費電力の 1 分間平均値）により照射熱 W を測定した。

BT 温度と気温との差 ΔT については BT 温度を 60℃ に固定し、同時に気温を測定して下記計算式により熱損失量 L 値を求めた。

計算式中 L_{100} は ΔT に比例すると考えられるため、気温 20℃を基準とした熱損失量を計算した。熱照射時も BT 温度は変化しないため、 L_{100} をもとにして補正を行った。 L_{100} 値と L 値の差($L_{100}-L$)をレフランプ照射熱とした。

$$L_{100} = \frac{(60-20) \times W_{100}}{60-T_{100}}, \quad L = W + \frac{T-20}{60-20} L_{100}$$

L : 熱損失量の計算値(W)

L_{100} : 100%遮蔽時の熱損失量の計算値(W)

W : BT熱損失量の測定値(W)

W_{100} : 100%遮蔽時のBT熱損失量の測定値(W)

T : 気温(℃)、 T_{100} : 100%遮蔽時の気温(℃)

W 値はプロッター出力の電圧ロガーによる 5 秒間隔での記録値より 1 分間分を平均する方法で行った。

2.4 照射蓄熱速度の算出

図6のように、レフランプ照射前は照射蓄熱速度、放熱速度ともに 0 である。ここで照射を開始すると蓄熱のみが行われる。この蓄熱の速度を照射後照射蓄熱速度とした。

その後、温度が平衡状態になると照射蓄熱速度が放熱速度と等しい状態である。ここで照射を遮断すると放熱のみが行われる。今回はこの放熱を蓄熱と等しいと考え、この放熱の速度を遮断後照射蓄熱速度とした。

照射後及び遮断後 30 秒から 150 秒の間の温度変化速度 $dT(℃/s)$ を求め、これに受熱体の比熱と質量を乗じ、測定開口部の面積により除したものを計測照射蓄熱速度とした。

計測照射蓄熱速度に照射熱基準値を乗じ、レフランプ照射熱で除したものを補正照射蓄熱速度とした。計測照

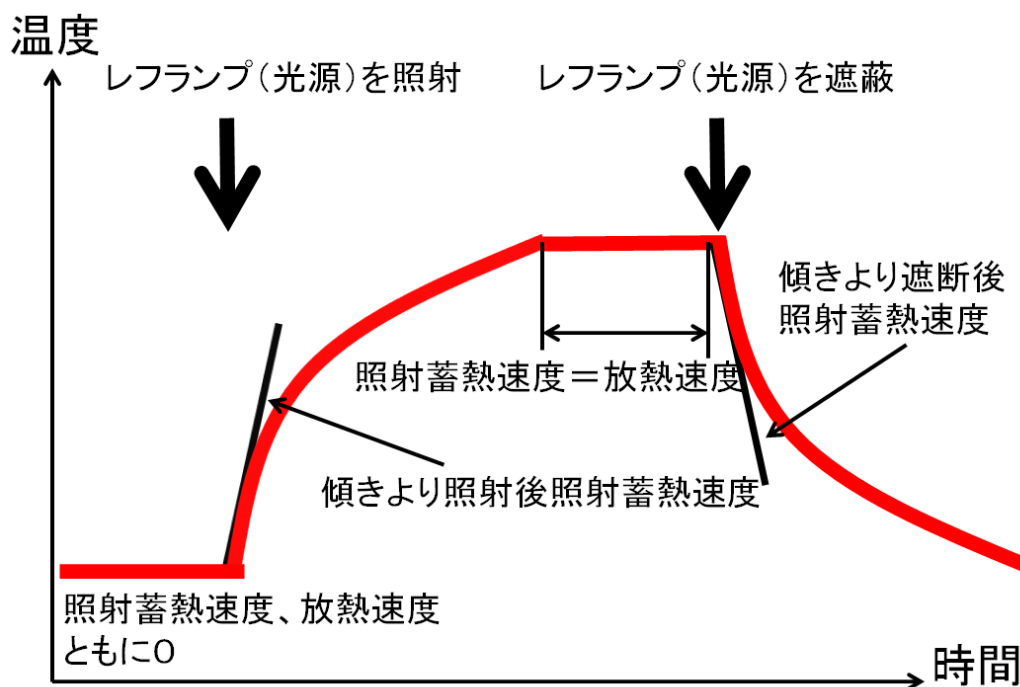


図6 照射蓄熱速度の測定タイミング

照射蓄熱速度及び補正照射蓄熱速度は下式のとおりである。

照射熱基準値 L_0 は、交流 100V 接続時のレフランプの BT で測定された熱量より決定した。

$$\text{計測照射蓄熱速度 (W/cm}^2\text{)} = \frac{dT \times C \times m}{A \times 60}$$

$$\text{補正照射蓄熱速度 (W/cm}^2\text{)} = \frac{\text{計測照射蓄熱速度} \times L_0}{(L_{100} - L)}$$

C : アルミニウム比熱(J/g・°C)、 m : 受熱体質量(g)、
 A : 開口部面積(cm²)、 L_0 : 照射熱基準値(W)

3. 実験結果及び考察

3.1 照射蓄熱特性評価のための受熱体の作成、熱照射測定

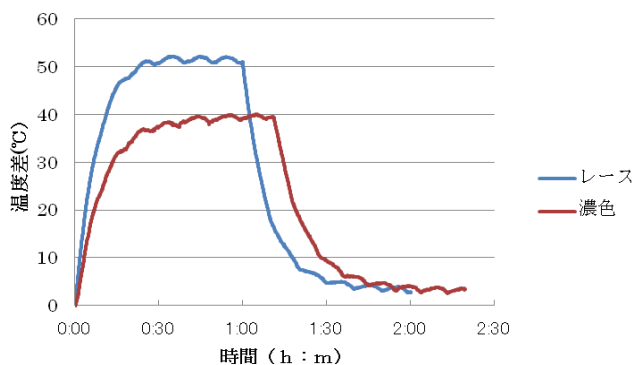


図7 受熱体と気温との温度差変化の例

図7に熱照射試験を行ったときの受熱体と気温との温度差変化の例を示した。ここでは濃色の試料が温度の立ち上がりが急で、また平衡温度が高くなった。しかし、レフランプの照射熱が同じとは限らないので、これだけで濃色の試料の照射蓄熱速度が高いと判断できない。

3.2 照射蓄熱速度の算出

表1に示したとおり、計測照射蓄熱速度は測定ごとにばらつきが大きかったが、これを照射熱測定値($L_{100} - L$)により補正照射蓄熱速度に変換することで、ばらつきが小さくなった。照射熱の変動はランプの寿命などの影響が考えられ、照射熱を BT で測定することで異なる試験での結果を比較できると考えられた。

表2に示したとおり、補正照射蓄熱速度はレースカーテンが厚手のものより高く、厚手では濃色のものがやや高かった。照射後照射蓄熱速度及び遮断後照射蓄熱速度の比較では、特にレースカーテンで照射後照射蓄熱速度

表1 計測照射蓄熱速度の補正照射蓄熱速度への補正例
 (試料はレースカーテン、照射後の照射蓄熱速度)

	計測照射蓄熱速度 (10 ⁻² W/cm ²)	照射熱測定値 ($L_{100} - L$) (W)	補正照射蓄熱速度 (10 ⁻² W/cm ²)
測定 1	4.07	4.87	3.35
測定 2	3.15	3.82	3.30
測定 3	3.41	4.37	3.12
測定 4	3.07	4.02	3.06

表2 各試料の補正照射蓄熱速度（単位は 10^{-2} W/cm²）

試料	照射後	遮断後
レース	3.21	2.54
淡色	2.12	2.18
濃色	2.28	2.37

より遮断後照射蓄熱速度が低くなった。これはレースカーテンでは通気性が高く、遮断後では閉じられた空間と外界で温度差があるために、そのすき間から熱が逃げる。一方、照射後では温度差がないため熱が逃げない。この差により照射後と遮断後の照射蓄熱速度に差が出たと考えられた。

4. 結び

今回の研究により、熱容量を把握した受熱体の温度変化より照射蓄熱速度を算出した。照射熱を測定し、これにより補正することで測定値の平準化を図ることができた。

今後は、保温性カーテンその他各種機能性試料を入手し、測定することで、測定装置の信頼性向上を図る。

また補正に使用する照射熱基準値はレフランプの照射熱より決定したが、より妥当な基準による照射熱基準値を設定する必要がある。そのため、実際の太陽光の熱

量測定を BT で行う。

さらに、レースカーテンで照射後より遮断後の照射蓄熱速度が低くなった。この点を改善するため、試料の上にガラス板などで外気を遮断する試験法を検討する。

この評価技術により、少量の試料で機能性の評価が可能となるため、商品開発費用の低減及び商品企画のスピードアップが図られる。また迅速、簡易、低コストかつ定量的に行えるため、省エネ効果の算出にも利用可能であると考えられる。

謝辞

本研究にあたり、インテリア素材を提供していただいた(株)維研に厚くお礼申し上げます。また、測定装置の情報をご提供いただいたカトーテック(株)に厚くお礼申し上げます。

文献

- 1) 日本工業規格 JIS A 1422, 日本工業標準調査会編
- 2) http://www.kaken.or.jp/guidance/functionality/photorespiration_thermalconversion.html
- 3) 丹羽, 岡田: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 1, 106 (2012)