クールビズ対応素材の性能評価

久次米 正 弘 KUJIME Masahiro
ユニチカガーメンテック株式会社

1. はじめに

クールビズ (COOL BIZ) は、2005年夏から環境省を中心に実施している環境対策などを目的とした軽装化キャンペーンで「夏のエアコン温度設定を28℃に」と呼びかけている。既に多くの会社のオフィス環境では実践されており、定着してきたといえる。このようなオフィス環境に対応できる衣服が各社から出されているが、着用される環境は28℃前後のオフィスだけでなく屋外もあり、さらには着用する人の作業内容はVDT作業から力仕事まで様々である。使用状況により涼しくするために必要な生地性能が異なるため、クールビズ対応素材の機能および評価方法は多岐にわたる。現在、各社が出しているクールビズ対応の素材を調べてみると、涼しくするためのアプローチとしては、大きく次の3つの手法に分類される。

- ①人体からの放熱を促す (熱移動特性)
 - ②かいた汗を効率よく処理する (水分移動特性)
 - ③太陽光に含まれる赤外線を遮蔽する (赤外線遮蔽性)
- 各アプローチと評価方法を表1に示す。以降はそれぞれの評価方法について個別に解説する。

表1 クールビズ対応素材のアプローチと評価方法

特性 (アプローチ)		評価方法
熱移動	放熱性	保温性, 熱伝導性
	通気性	通気度
	接触冷感	接触温冷感 (Qmax)
水分移動	吸湿性	吸湿率, 吸湿差
	吸水性	滴下法, スポット法, バイレック法
	速乾性	拡散乾燥速度
	ドライ感	水分移行性, 密着性, 湿潤摩擦抵抗
赤外線遮蔽性		赤外線遮蔽性
熱・水分移動		発汗シミュレーション

2. クールビズ対応素材の評価方法

2.1 熱移動特性に関する評価方法

人間は常に産熱しており、夏はこの熱をいかに効率よく逃がすかが重要になる。したがって生地の性能としては、生地を通した熱の逃げやすさ (放熱性) や換気のし

やすさ (通気性) が必要となる。また、接触温冷感のような瞬間的な熱移動についても冷感に強い影響を与える。

2.1.1 放熱性

熱伝導性をあげて人体からの放熱を促進させる素材の評価には保温性試験 (JIS L1096 A法やASTM D1518) がある。通常、保温性試験は冬素材を評価する試験だが、熱を逃がしやすい夏向けの素材は「保温力が低い素材」といえるためこの測定を用いる。保温性試験機 (図1) の熱板に生地を置き、熱板を所定温度に維持するために必要な電力 (= 生地を通して逃げた熱量) を測定し、保温力の指標である保温率およびCLO値などを算出する。

図1 保温性試験 (放熱性評価)

クールビズ対応素材に対する明確な基準はないが、一般的なワイシャツで保温率8～12%程度、0.05～0.08 CLO程度であり、これらの数値が低いほど放熱性が高いといえる。また、製品 (衣服) の性能を評価する場合は、サーマルマネキンを用いる。

2.1.2 通気性 (JISL1018, 1096)

組織・密度を粗くすることにより換気を促す素材は通気性試験 (フラジール法) にて評価する。この測定にはフラジール形通気度試験機 (図2) を用いる。その測定原理は生地を通して空気を吸い込み、生地前後の差圧が125Paのときに生地を通過する空気量を測定するものである。単位は $\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、この数値が大きいくほど通気性が高いといえる。

クールビズ対応素材の基準は、アウター素材で $50\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 以上、インナー素材で $100\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 以上が一般的である。なお、通常のワイシャツは10～ $50\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 程度である。

図2 フラジール形通気度試験機

2.1.3 接触温冷感 (Qmax)

接触温冷感 (Qmax) とは生地表面にふれた瞬間の温冷感を表す数値である。サーモラボII型試験機を用い、暖めた銅板を試料に接触させた瞬間 (0.2sec 後) の熱移動量を測定する。銅板に生地が触れた瞬間からほぼ1秒以内で迎える熱移動のピークが接触温冷感であり (図3)、この値が大きいほど生地に触れた瞬間に「ヒヤッ」とする感覚が強いといえる。

クールビズ対応素材の基準は $0.10\text{W}/\text{cm}^2$ 以上 (銅板と試料の温度差 10°C のとき) であり、これ以上で触れたときの冷感が強いといえる。また経験上、2点の接触温冷感の差が $0.01\text{W}/\text{cm}^2$ 以上 (温度差 10°C のとき) あれば、実際生地に触ったときの冷感に差があると認識できるといえる。

図3 接触温冷感 (Qmax)

2.2 水分移動特性に関する評価方法

人間がかく汗には、水蒸気と液体の2種類がある。水蒸気の汗は比較的快適な状態や多量発汗初期に出る汗で、多量発汗初期の衣服内の急激な湿度上昇を緩和するための生地性能としては吸湿性が必要となる。また、液体の汗は多量発汗の状態にかく汗で、生地性能では吸水性・速乾性やドライ性能が必要となる。この様に発汗状態により生地に要求される性能が異なってくる。

2.2.1 吸湿性

多量発汗初期において衣服内の湿度は急上昇するが、衣服に十分な吸湿性があれば、衣服内の湿度上昇は緩和される。人間は急激な変化に対して強い不快感を抱く傾向があるため、吸湿素材によって湿度上昇が緩和されることにより不快感は軽減される。従来の吸湿性評価は吸湿率で行っていたが、これは絶乾状態からの吸湿能力であるため実際とは異なる。通常は比較的快適な状態 (低湿状態) から発汗量が増し衣服内が高湿度になった状態までの吸湿できる能力が重要なことから高湿状態と低湿状態の吸湿率の差で評価する。

吸湿差 = (30°C 90% RH の平衡水分率) - (20°C 65% RH の平衡水分率)

明確な基準はないが、吸湿性があるといわれる綿が4~5%程度であるため、4%がひとつの目安になるといえる (ちなみに、レーヨンは7~9%、ウールは13~17%、ポリエステルは1%以下)。

2.2.2 吸水性

液状発汗は全身から同時に発汗するのではなく、特定の部位から発汗し始める。その部分的にかく汗をすばやく吸いかつ大きく広げて速く乾かす素材のことを吸汗・速乾素材という。基本的な評価項目としては、吸水性と乾燥性の2種類がある。

①滴下法 (JIS L1907)

JISに規定されている方法で、吸水スピードを評価する。試料に1cmの高さから水を1滴滴下して、その水が吸水しきるまでの時間を測定する (図4)。吸水素材の基準は、一般的に12秒以下であるが、高吸水を謳う場

図4 吸水性試験1 (滴下法とスポット法)

合は数秒以内が望ましい。

②スポット法

滴下法の延長で実施する試験で拡散性を評価する方法。滴下した水が生地上で拡散する面積を測定する (図4)。水を滴下してから5分後の拡散面積が綿で 600mm^2 以上、合繊で 800mm^2 以上あれば拡散性が高いとされる。綿は繊維内部に吸水するため、合繊に比べると拡散面積が小さくなる。

③バイレック法 (JIS L1907)

水を吸い広げる能力をみるためにバイレック法という試験がJISに規定されている。短冊状の試料の一端を水に漬け、10分後の水の吸い上げ距離 (cm) を測定する (図5)。一般的に吸い上げ距離が8cm以上であればよいと

される。この試験でも綿は繊維自身が吸水するため吸い上げ距離が吸水加工された合成繊維に比べると小さくなる。ちなみに吸水加工された合成繊維では10cmを超えるものも少なくない。

図5 吸水性試験2（バイレック法）

2.2.3 拡散乾燥速度

乾燥性評価法として拡散乾燥性試験がある。この試験は、各社類似した方法を採用しているが、条件などが若干異なる（水分の与え方や水の量など）。方法の一例を次に示す。

ガラス板上に蒸留水を0.2g滴下し、その上に試料を置く。このセットの重量を経時的に測定することで蒸散率（%）を求める（図6）。

蒸散率（%）＝セットの重量減少（g）／滴下した水の重量（0.2g）× 100

図6 拡散乾燥性試験

蒸散率の経時変化のグラフ（図7）を示す。ほぼ乾燥した状態（蒸散率90%）になるまでの時間を評価するが、乾燥性の良いものは合繊40分、綿60分以内に乾燥する。

図7 拡散乾燥性試験（測定例）

2.2.4 ドライ性能

①水分移行性

吸水性が良くても保水能力が低いと一度吸った汗が肌へ逆戻りし、濡れ感や不快感を感じやすくなる。このような現象を評価するものに水分移行性試験がある。試料の肌側面に0.2gの水を滴下した後、濾紙を当てその上から荷重を加えて、濾紙に逆戻りした水分量を測定する（図8）。与えた水分量に対して逆戻りした水分量が20%以下であれば、濡れ感が少ないといえる。

図8 水分移行性試験

②密着性

生地が濡れてくると水の表面張力で肌に吸い付くようにまとわりつくことがある。このようなまとわりつく現象が起こりにくいかを評価する方法に密着性試験がある。圧縮試験機を用いて所定水分量に濡らした試料を所定圧力まで押した後に反転させたときに生じるマイナスの力（密着力）を測定する（図9）。密着力の測定の一例（図10）を示す。密着力が低い素材ほど濡れたときのまとわりつきが少ない。

図9 密着性試験

図10 密着性試験測定例（水分率と密着力）

③湿潤摩擦抵抗力

濡れた生地との摩擦抵抗性を評価する方法である。濡らした短冊状の生地とゆっくり動く金属ローラーとの摩擦抵抗力を測定する（図11）。乾湿の摩擦抵抗力を測定して、その差が小さいほどドライ感が高いといえる。

図11 湿潤摩擦抵抗力試験

2.3 赤外線遮蔽性

太陽光に含まれる赤外線は計算上では真夏の炎天下で60kgの人の体温を1時間で5.5℃上昇させるほどのエネルギーを持つ。クールビズ対応素材とはいえオフィス環境だけでなく屋外での仕事が多い場合は、赤外線に対処することが重要になる。この赤外線を効果的に遮蔽することにより、人体への熱負荷を低減させるのが赤外線遮蔽素材である。

評価方法は、レフランプや太陽等の赤外線放射源と人体に見立てた黒体の間に試料を設置し、赤外線照射による人体に見立てた黒体の温度変化を測定する（図12）。黒体の温度が低いほど体内に入ってくる熱量が小さいといえる。実際の測定においては未加工品や比較品との相対評価になる。

図12 赤外線遮蔽性試験

2.4 発汗シミュレーション

再現性の高い衣服内のシミュレーションを行い、熱と水分の移動特性を同時に評価する方法として、発汗シミュレーターがある。発汗シミュレーターは様々なタイプが発表されているが当社で開発した発汗シミュレーター（図13）を紹介する。この発汗シミュレーターは、人体の皮膚を模擬し発熱体の表面から汗を出すことができる。発汗量は不感蒸泄から多量発汗（15～1500g/m²/hr）までコントロールでき、温度制御方法も従来の定温制御に加え発熱量をコントロールする定電力制御が可能になっている。発汗シミュレーターの使用例を図

図13 発汗シミュレーター 模式図

14に示す。発汗量が増加した場合の衣服内の湿度をシミュレーションしており、吸湿性の大きく異なるウールとポリエステルと比較を行っている。吸湿性の高いウールの方が発汗初期における衣服内の湿度を低く保てているのがわかる。

図14 発汗シミュレーター 測定例1

図15 発汗シミュレーター 測定例2

図15は吸汗肌着のクーリング効果の評価例である。定電力制御で運動を想定した液相発汗時の模擬皮膚温度の変化を測定している。吸汗肌着は比較品に比べて、拡散性が高く模擬皮膚温も低くなっておりクーリング効果が出ている。また、吸汗肌着は運動終了後早く元の模擬皮膚温33℃に復帰しており、運動後の汗冷えが少ないといえる。

3. おわりに

以上、クールビズ対応素材の評価方法について述べた。一般に多く採用されている試験方法を中心に紹介したが、JIS法などで明確に規定されているものは少なく、各社独自の方法を定めているのが現状である。方法、条件及び基準が異なるものも多くあるので、あくまでも一例として紹介している点にご容赦いただきたい。

また、平成15年11月23日に景品表示法（不当景品類及び不当表示防止法）の一部が改正され、商品の効能を謳う場合にその効能を客観的に証明するデータを持つことが必要となっており、クールビズ対応素材もその効果を証明するための評価方法が重要となってくる。

更に今後は主要な項目についての業界統一の試験方法および基準を定める必要があると考える。

久次米 正弘（くじめ まさひろ）

平成5年、京都工芸繊維大学繊維学部高分子学科学士課程修了、同年、ユニチカ(株)入社、(株)ユニチカリサーチラボ、ユニチカガーメンテック(株)にて、繊維製品の消費性能評価および機能性評価の業務に従事。平成17年、衣服の快適性評価法開発の一環で行った「衣服内気流」の研究で繊維機械学会賞を受賞。現在、ユニチカガーメンテック(株)リサーチラボ事業部営業部長代行。

海外資料研究会入会ご案内

世界各国の繊維技術情報を

より早く、より広く、より正確に把握するために

海外資料研究会へご入会下さい

本学会海外資料研究会におきましては、海外各国から、我が国にもたらされる、繊維に関する数多くの情報を逐一検討し、それらを工程別、分野別に分類、整理の上、速やかに訳出し、「海外繊維技術文献集」を通じて定期的におとどけています。

世界各国における研究状況、技術開発および市場動向等、いち早くその関連業界の流れを的確に把握するため、本研究会へのご入会をおすすめします。

事業内容

1. 海外文献、資料の蒐集整備

海外各国より毎月多数の文献、資料、所報、社報、カタログ等を入手しており、これらの整備充実をはかり、その内容を訳出して会員に紹介しています。

2. 海外繊維技術文献集（隔月刊）の刊行

毎月入手する多数の文献や資料等をそれぞれの分野の専門の委員によって、工程別に分類、整理の上、速やかに訳出して紹介する**海外繊維文献抄録**と、繊維並びに繊維機械に関する基礎的研究論文、実際研究および新製品や新しい技術の紹介等、比較的重要と思われるものについては全訳して紹介する**海外繊維技術文献集**を合冊して、機関誌として定期的におとどけます。編集、訳出、査読等は全国各大学、研究所並びに会社所属の専門の方々に依頼し、その正確流暢を期しています。

3. 海外文献紹介講演会、座談会の開催

海外文献に掲載されたもののうち注目すべきもの、あるいは海外で行われた講演会、シンポジウム並びに見本市等につき、随時紹介講演会、座談会を開催します。

4. 海外文献、資料の複写頒布

会員に限り、本会所有の文献、資料の複写頒布を行っています。

5. 申込方法

申込書をご請求下さい。見本誌を進呈しますので、ご希望の方はお申し出下さい。

部会費（割引購読料）年間 **12,600円**（消費税込み）

〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4（大阪化学技術センタービル）

日本繊維機械学会 海外資料研究会 TEL. 06-6443-4691, FAX. 06-6443-4694