

吸水速乾性の測定条件による影響の評価

Evaluation of the effect by measurement conditions on water absorbing and quick drying

材料技術部 繊維・高分子科 遠藤悠都 大竹翔太 東瀬慎

主に夏季・スポーツ衣料で、汗の素早い吸収と乾燥を両立した吸水速乾性が求められている。この吸水速乾性を評価する方法として ISO 17617 B 法や AATCC 201 が知られているが、試験条件や測定方法が異なっている。本研究では、ISO 17617 B 法と AATCC 201 の 2 つの試験規格による吸水速乾性評価の比較と、試験条件としてホットプレート温度、風速及び給水量による吸水速乾性への影響を評価し、考察を進めた。試験条件による乾燥速度の変化を系統的に調べ、測定方法によって生じる課題と応用可能性を示した。

Key words: 吸水速乾性、機能性評価、ISO 17617、AATCC 201

1. 緒言

衣料には用途に合わせた様々な機能性が求められており、特に夏季衣料やスポーツ衣料等の着用者の発汗を想定した製品では、汗の素早い吸収と乾燥を両立する吸水速乾性が求められている。さらに、地球温暖化や気候変動による猛暑の増加により、夏季の暑さ・発汗対策は必須となり、人間の肌が直接触れる衣料は特に重要な役割を担っている。

衣料の高機能化に伴い、機能性を評価するための試験方法も開発が進んでいる。現在、吸水速乾性を評価する試験方法としては、ISO 17617¹⁾や AATCC 201²⁾が知られている。これらは、生地少量の水を吸収させ、乾燥過程での重量や表面温度を経時的に測定し、乾燥するまでの時間とその速度を算出する試験となっている。ISO 規格は主に材料特性を評価する試験として³⁾、AATCC 規格は実際の衣服着用環境を想定した試験として条件が設定されており、試験条件や測定方法が異なっている。

本研究では、綿およびポリエステル繊維の織物生地を使用し、ISO 17617 B 法と AATCC 201 の 2 つの試験方法によって得られる結果の比較と、AATCC 201 における変数であるホットプレート温度、風速、給水量を変化させることで、吸水速乾性の指標である乾燥速度 [mL/h] に与える影響を評価した。

2. 実験

2. 1. 試験片作成

綿およびポリエステルの試験用添付白布(平織)を、直径 85[mm]の円形または一辺 150[mm]の正方形に、各 2[枚]切り出した。切り出した試験片を、50[°C]に温めた 1[g/L]の非イオン界面活性剤水溶液で 10[min]洗浄した後、水洗・乾燥させた。その後、標準状態(20[°C]、65[%RH])に保たれた空間中で十分に調湿した。

2. 2. 試験方法による吸水速乾性の評価

2. 2. 1. ISO 17617 B 法

ISO 17617 B 法に準拠し、図 1 のように、風防付きの電子天秤に直径 100[mm]のシャーレを乗せ、蒸留水 0.1[mL]を滴下した直後に試験片を被せて吸水させ、5[min]間隔で重量を測定した。測定は標準状態の空間中で行った。

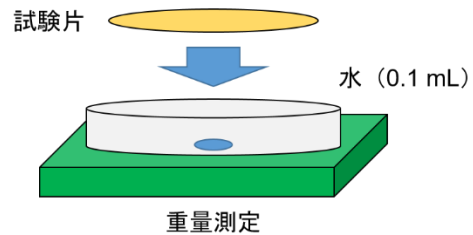


図 1 ISO 17617 B 法のイメージ図

試験前の試験片の重量、滴下した水の重量および測定値から、乾燥率[%]を算出した。乾燥率を時間に対してプロットし、60[min]までのプロットから回帰直線を算出した。回帰直線を乾燥率 100[%]に外挿して得られる時間を乾燥時間[min]として、乾燥速度[%/min]を算出した。乾燥率と乾燥速度の算出には以下の式を用いた。

$$\text{乾燥率}[\%] = \frac{\text{乾燥した水の重量}[\text{g}]}{\text{滴下した水の重量}[\text{g}]} \times 100$$

$$\text{乾燥速度}[\%/\text{min}] = \frac{100[\%]}{\text{乾燥時間}[\text{min}]}$$

2. 2. 2. AATCC 201

AATCC 201 に準拠し、図 2 のように、ホットプレート温度を 37[°C]、風速を 1.5[m/s]に設定した生地速乾性測定器 (James Heal 社製 ProDry) に試験片を乗せ、蒸留水 0.2[mL]を吸収させて (時間=0[s])、放射温度計で生地表面温度の経時変化を測定した。測定は標準状態の空間中で行った。

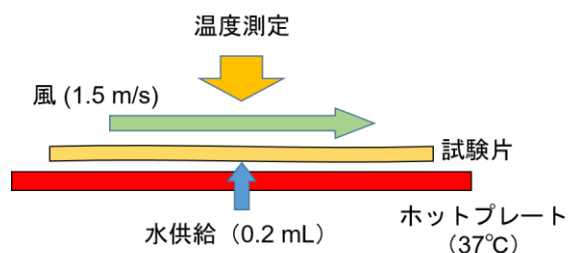


図2 AATCC 201 のイメージ図

測定した生地表面温度を時間に対してプロットし、算出される回帰直線の傾きが最大となるような連続する7点を取り、得られた回帰直線を乾燥終了直前の回帰直線とした。同様に、算出される回帰直線の傾きが最小となるような連続する25点を取り、得られた回帰直線を乾燥終了後の回帰直線とした。乾燥終了直前の回帰直線と乾燥終了後の回帰直線の交点における時間を乾燥時間とし、給水量と乾燥時間から、以下の式により乾燥速度を算出した。

$$\text{乾燥速度}[\text{mL/h}] = \frac{\text{給水量}[\text{mL}]}{\text{乾燥時間}[\text{h}]}$$

2. 3. 試験条件による吸水速乾性の評価

2. 3. 1. ホットプレート温度

ホットプレート温度を 22, 30, 37, 45, 50[°C]として、生地速乾性測定器を用いて、2. 2. 2. AATCC 201 と同様の試験を行った。

2. 3. 2. 風速

風速を 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5[m/s]として、生地速乾性測定器を用いて、2. 2. 2. AATCC 201 と同様の試験を行った。

2. 3. 3. 給水量

給水量を 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5[mL]として、生地速乾性測定器を用いて、2. 2. 2. AATCC 201 と同様の試験を行った。

3. 結果

3. 1. 試験規格による吸水速乾性の評価

3. 1. 1. ISO 17617 B 法

ISO 17617 B 法での吸水速乾性試験によって得られた乾燥時間および乾燥速度を表1に示す。試験によって得られた乾燥率の時間変化のグラフを図3に示す。
(赤/黄：綿、青/緑：ポリエステル)

表1 ISO 17617 B 法による試験結果

	綿		ポリエステル	
乾燥時間 [min]	105.1	109.6	68.3	71.4
乾燥速度 [%/min]	0.95	0.91	1.47	1.40
乾燥速度 [mL/h]	0.057	0.054	0.087	0.083

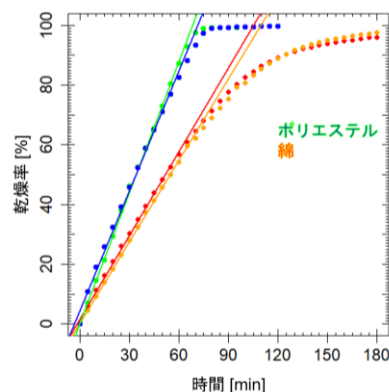


図3 乾燥率の時間変化

3. 1. 2. AATCC 201

AATCC 201 での吸水速乾性試験によって得られた乾燥時間及び乾燥速度を表2に示す。試験によって得られた表面温度の時間変化のグラフを図4に示す。(赤/黄：綿、青/緑：ポリエステル)

表2 AATCC 201 による試験結果

	綿		ポリエステル	
乾燥時間 [s]	400.2	406.2	262.3	270.4
乾燥速度 [mL/h]	1.799	1.772	2.745	2.663

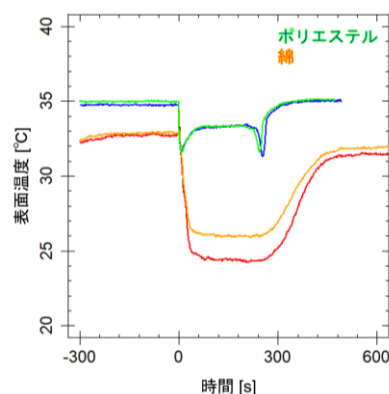


図4 生地表面温度の時間変化

3. 2. 試験条件による吸水速乾性の評価

3. 2. 1. ホットプレート温度

プレート温度を変化させたときの乾燥速度の変化を図5に示す。(赤：綿、青：ポリエステル)

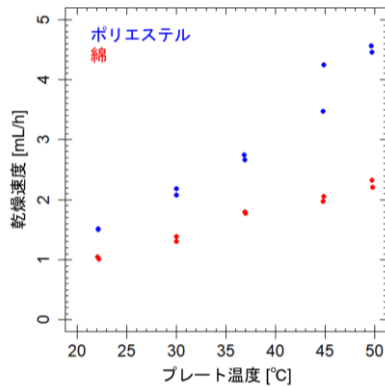


図5 プレート温度による乾燥速度の変化

3. 2. 2. 風速

風速を変化させたときの乾燥速度の変化を図6に示す。(赤：綿、青：ポリエステル)

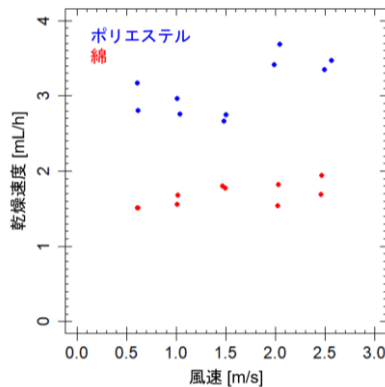


図6 風速による乾燥速度の変化

3. 2. 3. 給水量

給水量を変化させたときの乾燥速度の変化を図7に示す。(赤：綿、青：ポリエステル)

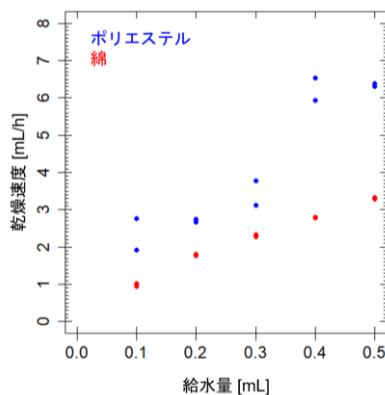


図7 給水量による乾燥速度の変化

4. 考察

4. 1. 試験規格による吸水速乾性の評価

4. 1. 1. ISO 17617 B 法

表1に示す綿及びポリエステルの乾燥速度の平均値はそれぞれ、0.93[%/min]、1.44[%/min]となりポリエステルの方が、乾燥速度が大きい結果となった。図3より、ポリエステルは一定速度で水の乾燥が進み、約70[min]で完全に乾燥した。一方、綿の60[min]以降で乾燥率曲線の傾きの減少、つまり乾燥速度の減少が見られた。これは、綿は紡績糸であり、繊維内部へ浸透した水が内部に保持され続けたことにより、水の乾燥が抑えられたためと考えられる。今回、吸水時から180[min]まで乾燥率の測定を行ったが、180[min]経過後も完全に乾燥することではなく(乾燥率~97[%])、算出された乾燥時間と実際の乾燥時間の間に大きな差があることが分かった。

4. 1. 2. AATCC 201

表2に示す綿及びポリエステルの乾燥速度の平均値はそれぞれ、1.786[mL/h]、2.704[mL/h]となり、こちらもポリエステルの方が、乾燥速度が大きい結果となった。図4より、表面温度の時間変化のグラフの形状は素材によって異なることがわかる。綿では吸水直後から表面温度が低下し、乾燥終了直前で表面温度の上昇がみられた。一方、ポリエステルでは吸水直後(時間=0[s])と乾燥終了直前に表面温度の低下がみられた。また、綿・ポリエステルともに、乾燥中に表面温度が一定となる、乾燥平衡状態が確認された。綿では、この乾燥平衡状態での表面温度が給水前(時間<0[s])と比べて大きく低下しており、これが綿素材の汗冷えの要因と考えられる。このように、生地表面温度の測定は吸水速乾性評価だけでなく汗冷え感の評価としても、活用できる可能性がある。

4. 1. 3. 二つの試験規格による結果の比較

ISO 17617 B 法と AATCC 201 の2つの試験規格で得られる乾燥速度を比較すると、AATCC 規格の結果が ISO 規格の結果に対して、綿では32.2倍、ポリエステルでは31.8倍となり、ともに約32倍も乾燥が加速されることが分かった。2つの試験規格の測定条件の違いとして、AATCC 201 では生地を37[°C]に保たれたホットプレート上に乗せて、1.5[m/s]の風を当てながら測定を行っており、これらの試験環境が乾燥速度に大きな影響を与えていると考えられる。

4. 2. 試験条件による吸水速乾性の評価

4. 2. 1. プレート温度

図5より、プレート温度を増加させることで、綿・ポリエステルともに乾燥速度が直線的に増加した。2つの素材を比較するとポリエステルのグラフの傾きが大きいことがわかる。これはプレート温度の上昇による生地表面への熱の伝達が素材によって異なり、ポリエステルの方がこの効果が大きいためと考えられる。

4. 2. 2. 風速

図6より、風速を増加させることで、綿・ポリエステルともに乾燥速度が増加する傾向に見られた。ホットプレートにより温められた生地に室温の風が当てられることで、風速の増加とともに乾燥中の表面温度が低下したが、風流による水の蒸発を促進する効果が大きく、乾燥速度が増加したと考えられる。

4. 2. 3. 給水量

図7より、給水量を増加させることで、綿・ポリエステルともに乾燥速度が増加した。給水量の増加により水が拡散するため、乾燥が大面積で進行するようになり、時間当たりの乾燥水量である乾燥速度は増加したと考えられる。

5. 結言

2つの試験規格による吸水速乾性の評価を比較すると、AATCC 201による乾燥速度はISO 17617 B法の32倍大きく、ホットプレートと風による乾燥の加速の効果を定量的に示すことができた。

3つの試験条件であるプレート温度、風速及び給水量を変化させることで乾燥速度が変化することを系統的に確認した。3つの試験条件の増加とともに乾燥速度が増加する結果となった。

AATCC 規格のような生地表面温度を経時的に測定する試験は、吸水速乾性の評価だけでなく、汗冷え感や熱伝導性等の他の機能性・物性の評価に応用できる可能性がある。

参考文献

- 1) ISO 17617:2014 Textiles — Determination of moisture drying rate.
- 2) AATCC Test Method 201-2014. Drying rate of fabrics: heated plate method.
- 3) 倉本幹也. 日本から ISO 化した試験法(1)—吸水速乾性—. 繊維学会誌. 2016, vol.72, no.11, p.514-517.