

【公開版】

令和元年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「高吸放湿機能、高発熱機能を付与したポリエステル繊維を  
実現する新規な繊維加工技術の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和2年3月

担当局 近畿経済産業局  
補助事業者 公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

## 目 次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 第 1 章 研究開発の概要                         | 1  |
| 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標                  | 1  |
| 1-1-1 研究開発の背景                         | 1  |
| 1-1-2 研究目的及び目標                        | 2  |
| 1-1-3 目的及び目標に対しての実施結果                 | 4  |
| 1-2 研究体制                              | 5  |
| 1-2-1 研究組織・管理体制                       | 5  |
| 1-2-2 研究者・協力者                         | 6  |
| 1-3 成果概要                              | 8  |
| 1-4 当該研究開発の連絡窓口                       | 9  |
| 第 2 章 本論                              | 10 |
| 1. 吸湿発熱アクリル粒子の高度化の課題への対応              | 10 |
| 【1-1】天然系カチオン性吸放湿成分と吸湿発熱アクリル粒子のハイブリッド化 | 10 |
| 2. IK ハイブリッド粒子の微粒子化と水分散・安定化課題への対応     | 10 |
| 【2-1】IK ハイブリッド粒子（微粒子化）の開発             | 10 |
| 【2-2】IK ハイブリッド粒子の乾燥化開発                | 11 |
| 【2-3】IK ハイブリッド粒子の分散安定化の開発             | 12 |
| 【2-4】IK ハイブリッド粒子分散液の経時安定性開発           | 13 |
| 3. IK ハイブリッド粒子の繊維への固着課題への対応           | 14 |
| 【3-1】IK ハイブリッド粒子の繊維への加工条件の開発          | 14 |
| 4. IK ハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅ろう度の課題への対応   | 15 |
| 【4-1】IK ハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅ろう度評価      | 15 |
| 第3章 全体統括                              | 24 |
| 3-1 複数年の研究開発成果                        | 24 |
| 3-2 研究開発後の課題・事業化展開                    | 24 |

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### 1-1-1 研究開発の背景

近年、繊維製品においては市場のニーズに応えるため、さまざまな機能性を付与した繊維が開発され、より高いレベルで消費者のニーズに応えるべく性能の向上、複数の機能付与研究が進められている。

従来、冬期の地球温暖化対策のひとつとして、暖房時の室内温度 20℃を推奨する WARM BIS も 2030 年に向け「19℃を目途に過度にならないように適切に調整に努める」と再設定し、衣料についても機能性インナーの着用を推奨している。

インナーの市場規模は小売ベース 2007 年 1 兆円を割り込み右肩下がりの傾向であった。ここ数年では 2011 年 9,450 億円をピークに 2015 年では 9,100 億円と連続して減少している。2010 年ユニクロ ヒートテックの爆発的なヒットを皮切りに各社が機能性インナー市場に参入し一時は盛り返したが、ここ最近はブランドイメージが先行し性能が伴わないために市場が縮小傾向にある。特に発熱系インナーでは、某大手量販店において 2012 年度 3000 万着の販売数が 2015 年度は 500 万着と 1/6 となり商品の差別化のため発熱機能向上が強く望まれている。

なお、これまで機能加工衣料は、その成分が入っていれば機能性能が不十分であっても販売されていたが、現在、百貨店、大手量販店からは保湿ならば水分率、発熱であれば何℃上昇と具体的なデータが必須になってきている。

このような業界の切実な要望に応え、機能性衣料のさらなる高度化と低コストを求める消費者の要望に応えるべく高機能ポリエステル繊維加工技術の開発が望まれている。

現在、多くのメーカーが発熱系インナーを販売しているが、衣服内温度を 1℃以上上昇させる製品は 1 社のみ、その製品も原系製造で放湿性はなく、原系の色が限られているため製品の色目も 2 色に限られている。消費者からは、低コスト、衣類内快適性、幅広い色目、柄のファッション性を求める声が多く聞かれている。

ところで、繊維には汗などの水蒸気を吸収すると熱を発生させる性質（吸湿発熱）があり、図 1-1 に示す通り、繊維素材の吸湿発熱性能として天然繊維のウールが最もすぐれているが、それでも 1℃には達していない。ポリエステル素材ではほとんど吸湿発熱しない。

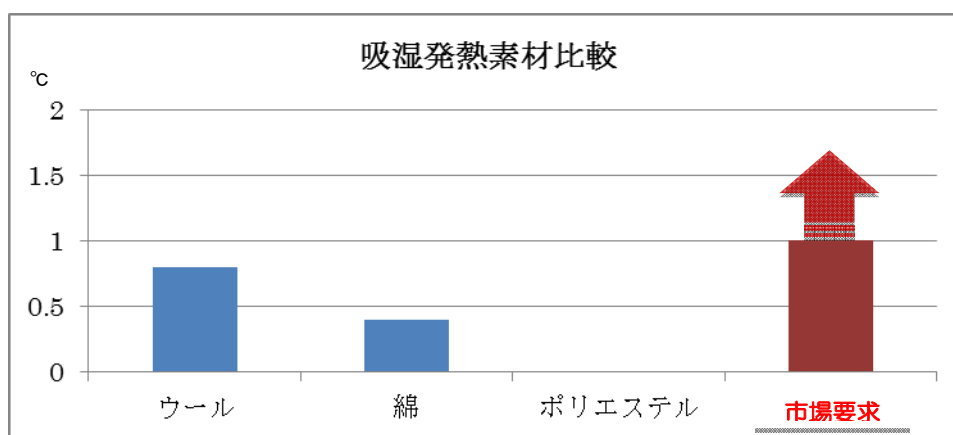


図 1－1 吸湿発熱素材比較

そこで本研究開発では、このような業界の切実な要望に応え、機能性衣料のさらなる高度化を達成するため、ウール以上の吸湿発熱の機能を付与した新規な高機能ポリエステル繊維を実現する繊維加工技術を開発する。そのため、具体的にはポリエステル繊維に 1℃以上の発熱機能を付与することが目標となる。この場合、単に衣類内温度のみ上昇させても湿度が高ければ消費者は不快と感ずるので、吸放湿性を保ちながら発熱させることが重要である。

### 1－1－2 研究目的および目標

#### 【研究目的】

従来技術としてポリエステル繊維に機能性を付与するには、繊維素材自体に練りこむ方法がある。従来の練りこみ技術ではポリエステル系の強度を保持するために、吸湿発熱成分の添加量が制限され十分な吸湿性が得られないため、発熱性が 0.1～0.5℃と消費者が快適に暖かく感じる温度に達していない状況である。

こうした状況からこれらの課題を解決するために、吸湿発熱アクリル樹脂の高度化に資するポリエステル繊維への新たな繊維加工技術により、吸放湿性を向上し消費者が快適に暖かく感じる 1℃以上の発熱機能の繊維加工技術の開発を目指す。

また、従来技術は専用設備にて吸湿発熱系を製造後に紡績、編立又は織布を経て生地に行っていることから、生産に日数を要し、短期間での生産や少ロット対応ができていない状況であった。これらの課題を解決するために、特別な系を必要とせず、汎用生地を用いて多色に対応し、小ロットから連続して製造することで生産性を向上する。生産期間を短縮

することにより生産コストの低減ができる地域産業に貢献する繊維加工技術の開発を目的とする。

【研究目標】

1. 吸湿発熱アクリル粒子の高度化の課題への対応
  - ・吸湿性 25℃×80%RH での水分率と放湿性 25℃×40%RH での水分率を向上。
2. IK ハイブリッド粒子の微粒子化と水分散・安定化課題への対応
  - ・平均粒子径 1.5  $\mu\text{m}$ 以下。
  - ・40℃×1 か月平均粒子径を2次凝集することなく維持する。
3. IK ハイブリッド粒子の繊維への固着課題への対応
  - ・初期吸放湿性 25℃×80% RH の水分率と 25℃×40%RH の水分率差が 0.5% 以上。
  - ・洗濯 20 回後も 80%（水分率差 0.4%）以上の性能を保つこと。
4. IK ハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅牢度の課題への対応
  - 1) 吸湿発熱。吸湿発熱 1℃以上。
    - 洗濯 20 回後も 80%（0.8℃）以上の性能を保つこと。
  - 2) 引裂強さ 7N 以上。引張強さ 1 5 0 N 以上。
  - 3) 変退色  $\Delta E 0.5$  以下。
  - 4) 耐光堅ろう度 3-4 級。
  - 5) 洗濯堅ろう度（A-2）変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。
  - 6) 汗堅ろう度（酸・アルカリ）変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。
  - 7) 摩擦堅ろう度（乾・湿）乾 4 級以上、湿 3 級以上。
  - 8) 昇華堅ろう度（1 2 0℃×8 0 分）3 級以上。
  - 9) ドライクリーニング堅ろう度（A-1・B-1）変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。
  - 10) 塩素処理水堅ろう度 3 級以上。
  - 11) 発汗サーマルマネキンによる発熱性の評価。

### 1-1-3 目的及び目標に対しての実施結果

#### 1. 吸湿発熱アクリル粒子の高度化の課題

吸湿発熱アクリル樹脂と天然系カチオン性吸放湿成分をスラリー状態で固定化を実施した。得られた吸放湿発熱樹脂はFT-IRの解析により天然系カチオン性吸放湿成分の固定化と恒温恒湿試験での吸放湿性能の向上を確認、吸湿発熱アクリル樹脂の高度化目標を達成した。高度化吸放湿発熱アクリル樹脂開発名「IKハイブリッド粒子」。

#### 2. IKハイブリッド粒子の微粒子化と水分散・安定化課題

平均粒子径 $5\mu\text{m}$ のIKハイブリッド粒子をビーズミル分散機により平均粒子径 $1.5\mu\text{m}$ 以下を達成した。得られた微粒子化IKハイブリッド粒子は、水分散下で1か月間の凝集を制御、平均粒子径 $1.5\mu\text{m}$ 以下を維持した安定な水分散スラリーの開発目標を達成した。

#### 3. IKハイブリッド粒子の繊維への固着課題

IKハイブリッド粒子の固着に有効な樹脂と加工条件を開発し、洗濯前（0回）、洗濯後（20回）の未処理繊維との吸放湿水分率差の目標を達成した。

#### 4. IKハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅ろう度の課題

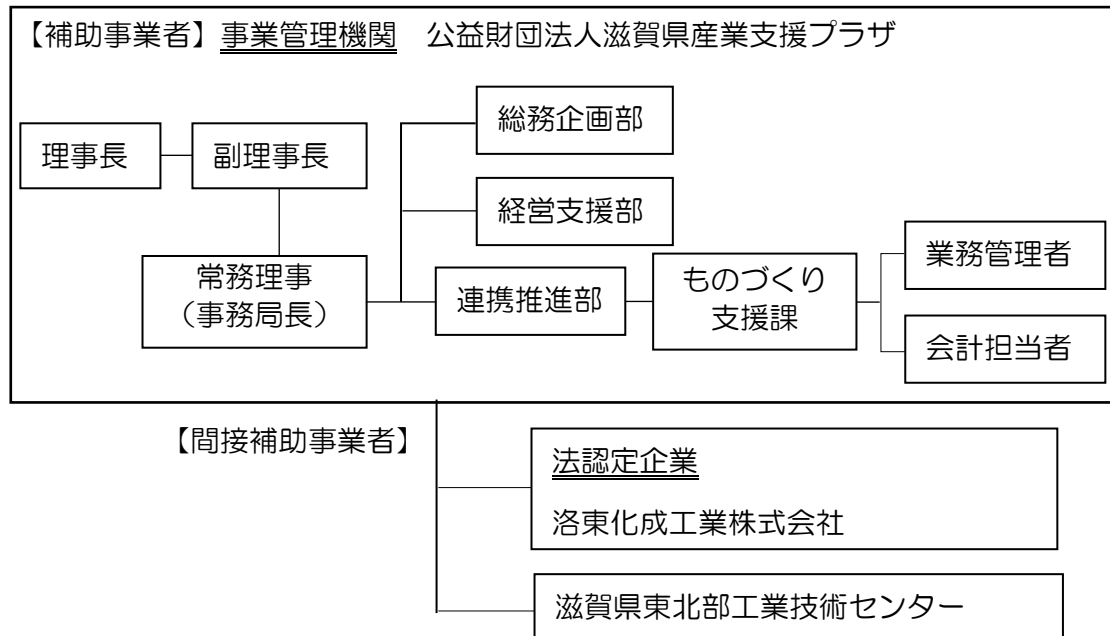
IKハイブリッド粒子樹脂分散液を加工した繊維（ポリエステル）と未加工の同一繊維との比較を恒温恒湿条件で実施した。結果、初期発熱温度差 $1^{\circ}\text{C}$ 以上、洗濯20回後の発熱温度差 $0.8^{\circ}\text{C}$ を得るなど繊維衣料品に必要な基本物性および染色堅ろう度に対する目標を達成することができた。なお、測色色差計による変退色試験については課題が残ったが、これについては継続して原因調査を行い、改良を進めていく。

また、発熱性能は着衣時の発熱性を発汗時の衣服内や寝床内温湿度変化の測定が可能な、発汗サーマルマネキンにより吸湿発熱性能を確認した。

## 1-2 研究体制

(研究目標・管理体制、研究者氏名、協力者)

### 1-2-1 研究組織・管理体制



総括研究代表者（PL）  
氏名：大橋 知史  
所属組織：洛東化成工業株式会社  
所属役職：取締役 研究開発部 部長

副総括研究代表者（SL）  
氏名：谷村 泰宏  
所属組織：滋賀県東北部工業技術センター  
所属役職：繊維・デザイン係 係長・専門員

## 1-2-2 研究者・協力者

## ① 研究者氏名

【間接補助事業者】 洛東化成工業株式会社

| 氏 名       | 所属部署・役職      | 実施内容（担当テーマ）                            |
|-----------|--------------|----------------------------------------|
| 大橋 知史（PL） | 取締役 研究開発部 部長 | 【1】 【2-1】 【2-2】 【2-3】<br>【2-4】 【3】 【4】 |
| 井田 寛      | 研究開発部 次長     | 【1】 【2-1】 【2-2】 【2-3】<br>【2-4】 【3】 【4】 |
| 小石原 正晴    | 研究開発部 課長     | 【1】 【2-1】 【2-2】 【2-3】<br>【2-4】 【3】 【4】 |
| 竹森 慎哉     | 研究開発部 主任     | 【1】 【2-1】 【2-2】 【2-3】<br>【2-4】 【3】 【4】 |
| 水間 真一     | 研究開発部 課員     | 【1】 【2-1】 【2-2】 【2-3】<br>【2-4】 【3】 【4】 |

【間接補助事業者】 滋賀県東北部工業技術センター

| 氏 名       | 所属部署・役職            | 実施内容（担当テーマ）                  |
|-----------|--------------------|------------------------------|
| 谷村 泰宏（SL） | 繊維・デザイン係<br>係長・専門員 | 【1】 【4】<br>主にハイブリッド粒子加工技術    |
| 三宅 肇      | 有機環境係 係長・参事        | 【1】 【4】<br>主に吸湿発熱性能・吸放湿性膜の計測 |
| 岡田 倫子     | 繊維・デザイン係 主査        | 【1】 【4】<br>主に堅牢度等の評価         |
| 松本 正      | 有機環境係 主任主査         | 【1】 【4】<br>主に粒子のハイブリッド化      |



## ② 事業管理機関

【間接補助事業者】公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

| 氏 名   | 所属部署・役職                                      | 実施内容                                |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| 平井 圭介 | 連携推進部 部長                                     | プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務                 |
| 篠原 弘美 | 連携推進部 副部長<br>(兼 ものづくり支援課 課長)                 | プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務                 |
| 船越 英之 | 連携推進部<br>ものづくり支援課 副主幹                        | プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務                 |
| 松本 貴雄 | 連携推進部<br>ものづくり支援課<br>サポイン事業推進<br>コーディネートスタッフ | プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務、間接補助事業先との連絡調整業務 |

## ③ 協力者

| 氏 名  | 所属部署・役職                     | 実施内容                                       |
|------|-----------------------------|--------------------------------------------|
| 津田 真 | 一般社団法人日本繊維技術士<br>センター（JTCC） | 繊維技術の専門家として、本研究開発における市場情報および具体的ニーズ情報の調査、提供 |

## 1-3 成果概要

吸放湿性発熱素材、IK ハイブリッド粒子の開発により、IK ハイブリッド粒子樹脂分散液へ発展することができ、繊維（ポリエステル）への固着を達成。目標である 1℃以上の発熱機能を有する繊維（ポリエステル）の開発を実現。

| 開発項目                               | 目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 実績                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 吸湿発熱アクリル粒子の高度化の課題への対応           | 吸湿性 25℃×80%RH での水分率と放湿性 25℃×40% RH での水分率を向上する。                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 吸湿性 7.3%、放湿性 22.2%の向上が認められ高度化を達成した。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2. IK ハイブリッド粒子の微粒子化と水分散・安定化課題への対応  | 平均粒子径 1.5 μm以下。40℃×1 か月平均粒子径を2次凝集することなく維持する。                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 初期平均粒子径と 40℃×1 か月後の平均粒子径 1.5 μm以下を達成した。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3. IK ハイブリッド粒子の繊維への固着課題への対応        | 初期吸放湿性 25℃×80% RH の水分率と 25℃×40% RH の水分率差が 0.5%以上。洗濯 20 回後も 80%（水分率差 0.4%）以上の性能を保つこと。                                                                                                                                                                                                                                                    | 初期水分率差 0.5%以上、洗濯 20 回後の水分率差 0.4%以上を達成した。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. IK ハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅牢度の課題への対応 | 1) 吸湿発熱性 1℃以上。洗濯 20 回後も 80% (0.8℃) 以上の性能を保つこと。2) 引裂強さ 7N 以上。引張強さ 150N 以上。3) 変退色 ΔE0.5 以下。4) 耐光堅ろう度 3-4 級。5) 洗濯堅ろう度 (A-2) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。6) 汗堅ろう度 (酸・アルカリ) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。7) 摩擦堅ろう度 (乾・湿) 乾 4 級以上、湿 3 級以上。8) 昇華堅ろう度 (120℃×80 分) 3 級以上。9) ドライクリーニング堅ろう度 (A-1・B-1) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上。10) 塩素処理水堅ろう度 3 級以上。11) 発汗サーマルマネキンによる発熱性の評価。 | 1) 吸湿発熱温度 1.0℃以上、洗濯 20 回後の吸湿発熱温度 0.8℃ 2) 引裂強さ 7N 以上、引張強さ 150N 以上 3) 変退色 ΔE0.5 以上 4) 耐光堅ろう度 3 級以上 5) 洗濯堅ろう度 (A-2) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上 6) 汗堅ろう度 (酸・アルカリ) 変退色/酸 4 級以上、汚染/酸 3 級以上 7) 摩擦堅ろう度 (乾・湿) 乾 4 級以上、湿 3 級以上 8) 昇華堅ろう度 (120℃×80 分) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上 9) ドライクリーニング堅ろう度 (A-1・B-1) 変退色 4 級以上、汚染 3 級以上 10) 塩素堅ろう度 3 級以上 11) 発汗サーマルマネキンでの吸湿発熱を実証。<br>上記各目標値に対し、3) 項を除き、すべて目標を達成した。 |

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

連携推進部 ものづくり支援課 参与 山本 博之

〒 520-0806 滋賀県大津市打出浜2番1号 コラボしが21内

電 話 077-511-1414 FAX 077-511-1418

E-mail : h-yamamoto@shigaplaza.or.jp

【法認定管理機関】

洛東化成工業株式会社

取締役 研究開発部 部長 大橋 知史

〒 520-2277 滋賀県大津市関津4丁目5番1号

電 話 077-546-0333 FAX 077-546-7051

E-mail ohashi@rakuto-kasei.co.jp

## 第2章 本論

## 1. 吸湿発熱アクリル粒子の高度化の課題への対応

## 【1-1】天然系カチオン性吸放湿成分と吸湿発熱アクリル粒子のハイブリッド化

高度化処理には、天然系カチオン性吸放湿成分を用い吸湿発熱アクリル粒子に吸着させ吸湿性能と放湿性能の高度化を実施した。

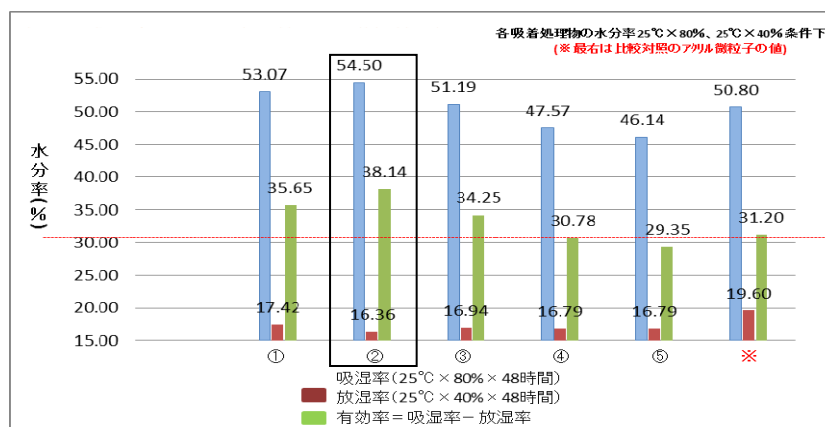


図1 吸湿、放湿性評価

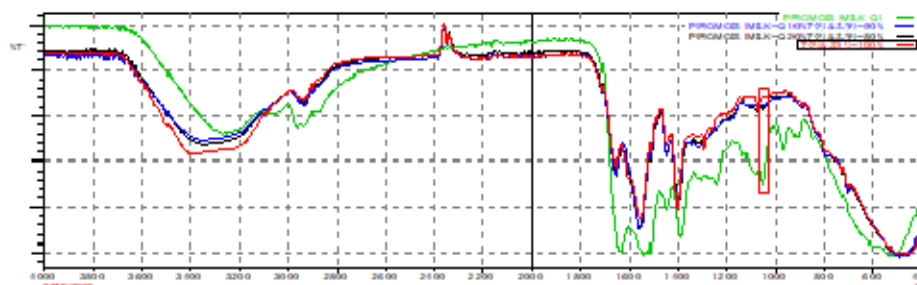


図2 高度化粒子のFT-IR分析(②開発品)

図1に示す②開発品は、吸湿発熱アクリル粒子(※)との比較により、吸湿率 7.3%、放湿率 22.2%の向上が認められ、高度化を達成。また、図2で示す高度化粒子は FT-IR 分析により天然系カチオン性吸放湿成分の吸着を確認できた。

(開発名「IK ハイブリッド粒子」)

## 2. IKハイブリッド粒子の微粒子化と水分散・安定化課題への対応

## 【2-1】IKハイブリッド粒子(微粒子化)の開発

## 【公開版】

IK ハイブリッド粒子を繊維加工に適した平均粒子径  $1.5 \mu\text{m}$  以下に調整する分散条件の開発をおこなった。

表 1 分散条件・微粒子化評価

| ビーズミル処理条件   |       |              |                 |                      |                |             |              |                        |     |                | 処理時運転記録、処理物評価                      |                      |                            |
|-------------|-------|--------------|-----------------|----------------------|----------------|-------------|--------------|------------------------|-----|----------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| 処理時間<br>(分) | ビーズ種類 | ビーズ径<br>(mm) | ビーズミル<br>容量 (L) | ビーズミル<br>周速<br>(m/s) | ビーズ添加<br>量 (g) | 処理液量<br>(g) | ギャップ<br>(mm) | ホッパー攪<br>拌回転数<br>(rpm) | 冷却  | 液送量<br>(L/min) | 処理液出口<br>温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 入口圧力<br>最大値<br>(Mpa) | メジアン径<br>( $\mu\text{m}$ ) |
| 0           | ジルコニア | 0.50         | 1.46            | 10                   | 420            | 12,600      | 0.15         | 300                    | 水道水 | 0.4            | 26                                 | 0                    | 4.622                      |
| 30          |       |              |                 |                      |                |             |              | 400                    |     |                | 28                                 | 0                    | 3.066                      |
| 60          |       |              |                 |                      |                |             |              | 300                    |     |                | 28                                 | 0                    | 2.441                      |
| 90          |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 28                                 | 0                    | 2.055                      |
| 120         |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 28                                 | 0                    | 1.831                      |
| 150         |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 28                                 | 0                    | 1.612                      |
| 180         |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 28                                 | 0                    | 1.469                      |
| 210         |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 29                                 | 0                    | 1.334                      |
| 240         |       |              |                 |                      |                |             |              | 310                    |     |                | 29                                 | 0                    | 1.228                      |

IK ハイブリッド粒子スラリーを、ビーズミル連続システムを用いて処理条件と粒度の関係の検討に取り組んだ。IK ハイブリッド粒子 20%スラリーの分散処理時間による粒度評価の結果を表 1 に示す。処理時間 180min で平均粒子径  $1.5 \mu\text{m}$  以下となる結果が得られた。

### 【2-2】IKハイブリッド粒子の乾燥化開発

残留する余分な天然系カチオン性吸放湿成分を除去し乾燥による固定化に取り組んだ。

#### 〈IK ハイブリッド粒子乾燥物〉

乾燥条件：定温乾燥機  
乾燥温度／ $105^{\circ}\text{C} \times 4\text{h}$

乾燥条件：真空凍結乾燥機  
凍結温度／ $-50^{\circ}\text{C} \times 20\text{h}$   
乾燥温度／ $25^{\circ}\text{C} \times 24\text{h}$



写真 1



写真 2

乾燥条件により外観、状態の違う乾燥物を得た。定温乾燥機で得られた写真1は、凝固し、硬く大きな凝集体となったが、真空凍結乾燥で得られた写真2は、もろく崩れやすいパウダー状であった。写真2の開発により本研究に適した乾燥物を得ることができた。

## 【2-3】 IKハイブリッド粒子の分散安定化の開発

IK ハイブリッド粒子乾燥物（写真2）を水へ再分散させた液を安定化させる。分散にはホモジナイザーを用いて平均粒子径 1.5  $\mu\text{m}$ 以下の分散安定化の条件を検討した。

## 〈評価条件と平均粒子径〉

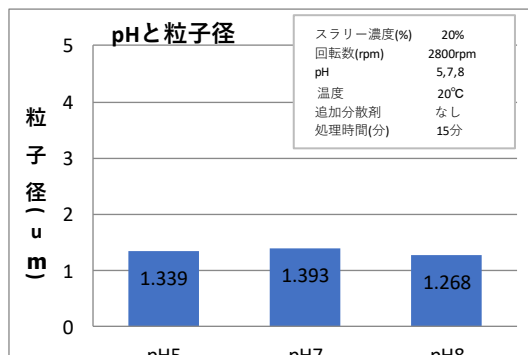


図3 pHと粒子径

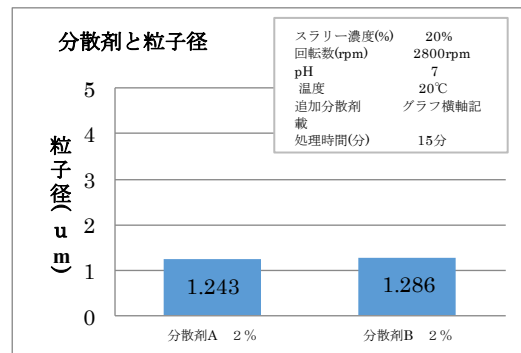


図4 分散剤と粒子径

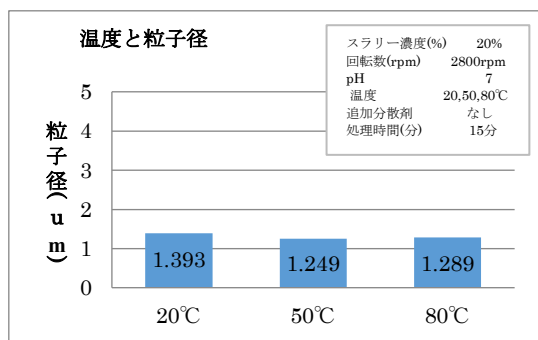


図5 温度と粒子径

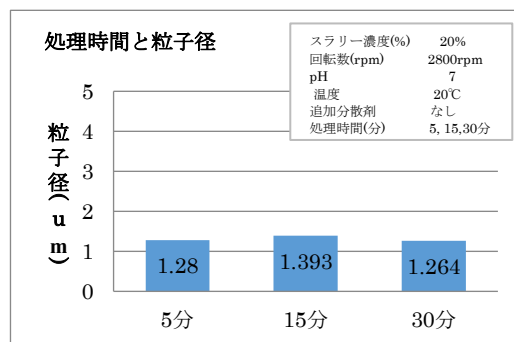


図6 処理時間と粒子径

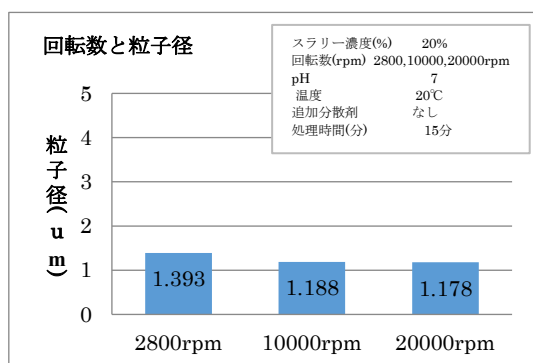


図7 回転数と粒子径

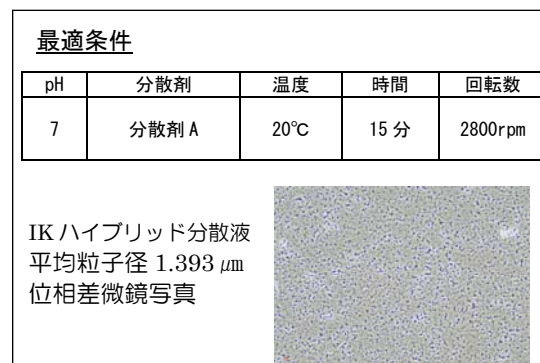


図8 最適条件

図3から図7の個々の評価項目にて、平均粒子径 1.5  $\mu\text{m}$ 以下の IK ハイブリッド粒子を分散安定化させる最適条件を図8に示す。得られた IK ハイブリッド粒子分散液を Pad-

Dry 法で未染色ポリエステルジャージに処理し吸湿発熱評価を実施した。

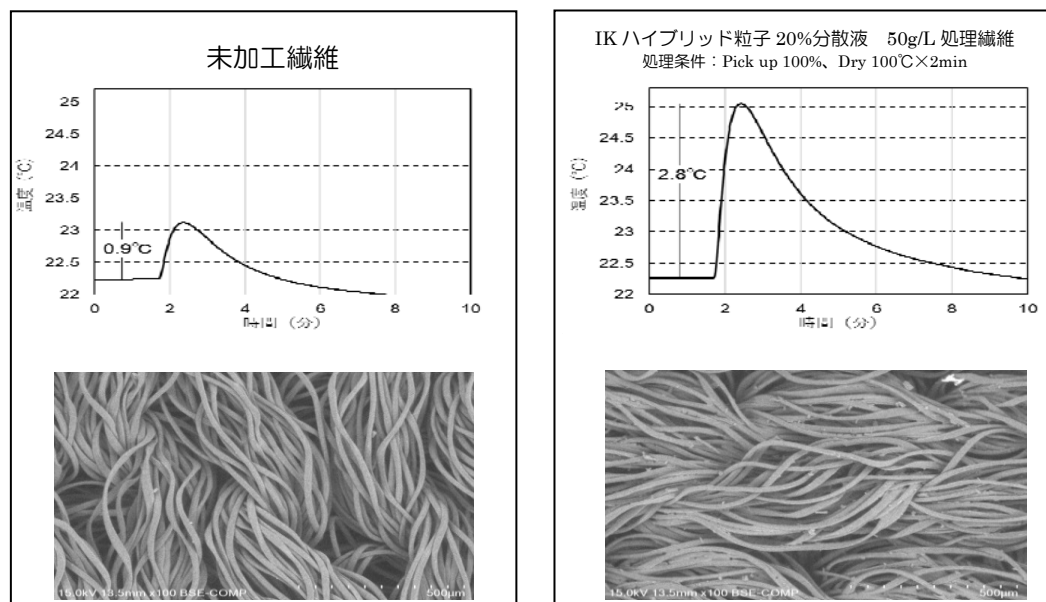


図 9 吸湿発熱評価(未加工繊維) 図 10 吸湿発熱評価(IK ハイブリッド粒子加工品)

吸湿発熱は、初期 20℃×40%、加湿 20℃×80%RH の条件で評価した。図 9 に示す未処理繊維の発熱温度が 0.9℃に対して、図 10 に示す IK ハイブリッド粒子分散液を処理した繊維の発熱温度は 2.8℃であり、未加工繊維との温度差は 1.9℃であった。これにより、IK ハイブリッド粒子の吸湿発熱が有効に機能することを実証した。

#### 【2-4】IK ハイブリッド粒子分散液の経時安定性の開発

【2-3】で得られた IK ハイブリッド分散液を 40℃の条件下で 1 ヶ月間静置し、保管時の経時安定性（凝集性）を評価した。

目標；平均粒子径 1.5 μm以下を保持すること。

表2 IK ハイブリッド粒子の分散条件と平均粒子径

| 分散機     | 処理量 | 時間／条件            | 粒子径 μm<br>分散直後 | 粒子径 μm<br>40℃安定性結果 |
|---------|-----|------------------|----------------|--------------------|
| ホモジナイザー | 1L  | 15min / 2,800rpm | 1.393          | 1.078 / 1month     |

表 2 に示す結果により機器の適正条件を得て、2 次凝集しない安定な分散液を得た。

### 3. IKハイブリッド粒子の繊維への固着課題への対応

#### 【3-1】IKハイブリッド粒子の繊維への加工条件の開発

IK ハイブリッド粒子、樹脂バインダー、架橋剤を一定濃度で分散した液をポリエステル染色繊維（写真 3、写真 4）に Pad-Dry 法で処理した加工繊維を作製し、吸放湿水分率差目標の洗濯前（0 回）0.5%以上、洗濯後（20 回）0.4%以上を保持する加工条件の検討を行った。

〈ポリエステル評価繊維〉

ニット／白、ピンク、黒

織物／白、ピンク、黒



写真3 ポリエステル染色繊維(ニット)

写真4 ポリエステル染色繊維(織物)

#### Pad-Dry 法

処理条件：処理機器/自動マングル・ピンテンターベーキングテスター

Pad 処理/マングル圧 2 kg/cm<sup>2</sup>、Dry/100℃×2min、Set/160℃×2min

加工薬剤濃度単位：%

表 3 洗濯前（0 回）の加工繊維の吸放湿率と水分率差評価

| IKハイブリッド微粒子<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | ①水分率％<br>(25℃×80％) | ②水分率％<br>(25℃×40％) | 水分率差％<br>(①－②) |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|--------------------|--------------------|----------------|
| 未処理                     |     |     |     |     | ニット 白   | 0.44               | 0.24               | 0.20           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 6.50               | 2.19               | 4.31           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 6.25               | 1.88               | 4.37           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 6.79               | 2.20               | 4.59           |
| 未処理                     |     |     |     |     | ニット ピンク | 0.44               | 0.26               | 0.18           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 6.43               | 2.26               | 4.17           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 6.28               | 2.02               | 4.25           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 6.71               | 2.23               | 4.48           |
| 未処理                     |     |     |     |     | ニット 黒   | 0.43               | 0.24               | 0.19           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 6.99               | 2.42               | 4.57           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 6.63               | 2.19               | 4.44           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 7.03               | 2.34               | 4.69           |
| 未処理                     |     |     |     |     | 織物 白    | 0.44               | 0.26               | 0.19           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 4.41               | 1.51               | 2.90           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 4.32               | 1.44               | 2.88           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 4.33               | 1.54               | 2.79           |
| 未処理                     |     |     |     |     | 織物 ピンク  | 0.45               | 0.23               | 0.22           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 4.40               | 1.56               | 2.84           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 4.19               | 1.42               | 2.77           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 4.25               | 1.50               | 2.76           |
| 未処理                     |     |     |     |     | 織物 黒    | 0.42               | 0.23               | 0.19           |
| 10                      | 30  | －   | －   | 20  |         | 4.43               | 1.61               | 2.82           |
|                         | －   | 30  | －   |     |         | 4.08               | 1.34               | 2.74           |
|                         | －   | －   | 30  |     |         | 4.51               | 1.63               | 2.88           |



表 4 洗濯後（20 回）の加工繊維の吸放湿率と水分率評価

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | ④水分率%<br>(25℃×80%) | ⑤水分率%<br>(25℃×40%) | 水分率差%<br>(④-⑤) |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|--------------------|--------------------|----------------|
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 白   | 0.44               | 0.24               | 0.20           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 3.39               | 2.02               | 1.37           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 3.08               | 1.85               | 1.24           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 3.09               | 1.94               | 1.15           |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット ピンク | 0.44               | 0.26               | 0.18           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 3.26               | 1.98               | 1.29           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 3.15               | 1.87               | 1.27           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 2.93               | 1.83               | 1.10           |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 黒   | 0.43               | 0.24               | 0.19           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 3.41               | 2.21               | 1.20           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 3.08               | 2.03               | 1.05           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 2.95               | 2.03               | 0.92           |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 白    | 0.44               | 0.26               | 0.19           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 2.13               | 1.21               | 0.92           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 2.02               | 1.16               | 0.87           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 1.79               | 1.06               | 0.72           |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 ピンク  | 0.45               | 0.23               | 0.22           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 2.08               | 1.23               | 0.85           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 2.03               | 1.14               | 0.90           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 1.79               | 1.06               | 0.73           |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 黒    | 0.42               | 0.23               | 0.19           |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 2.20               | 1.45               | 0.75           |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 1.87               | 1.20               | 0.67           |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 1.82               | 1.17               | 0.65           |

IK ハイブリッド粒子の固着に有効な 3 種類の組成の異なる樹脂を開発し、評価繊維への加工処理を行った。加工条件、吸放湿率、水分率差を表 3、表 4 に示す。加工条件と洗濯前（0 回）、洗濯後（20 回）の未処理繊維との吸放湿水分率差に対して目標を達成する結果を得た。

#### 4. IKハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅ろう度の課題への対応

##### 【4-1】IKハイブリッド粒子加工繊維の基本物性、堅ろう度評価

IK ハイブリッド粒子樹脂分散液を評価繊維に対して【3-1】の条件で処理した加工繊維を作成。吸放湿性、発熱性、物性評価（破裂試験、引張試験）、染色堅ろう度の評価を実施した。また、着用時の発熱評価を、発汗サーマルマネキンで実施した。

##### 1) 吸湿発熱

目標／

洗濯前（0 回）の環境変化後 3 分以内に未加工繊維との温度差目標 1.0℃以上。

洗濯 20 回後 1) の性能基準の 80%を保持。未加工繊維との温度差目標 0.8℃以上

実績／吸湿発熱温度 1.0℃以上、洗濯 20 回後の吸湿発熱温度 0.8℃を達成。

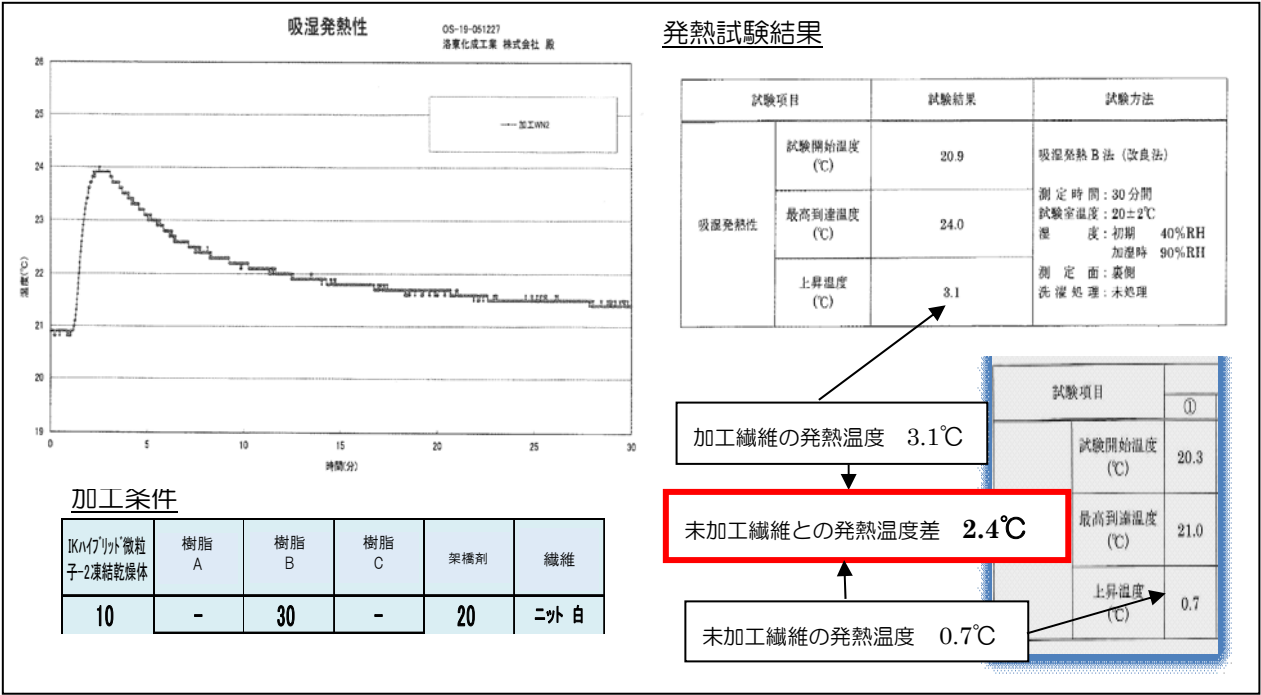


図 11 洗濯前 (0 回) の吸湿発熱評価

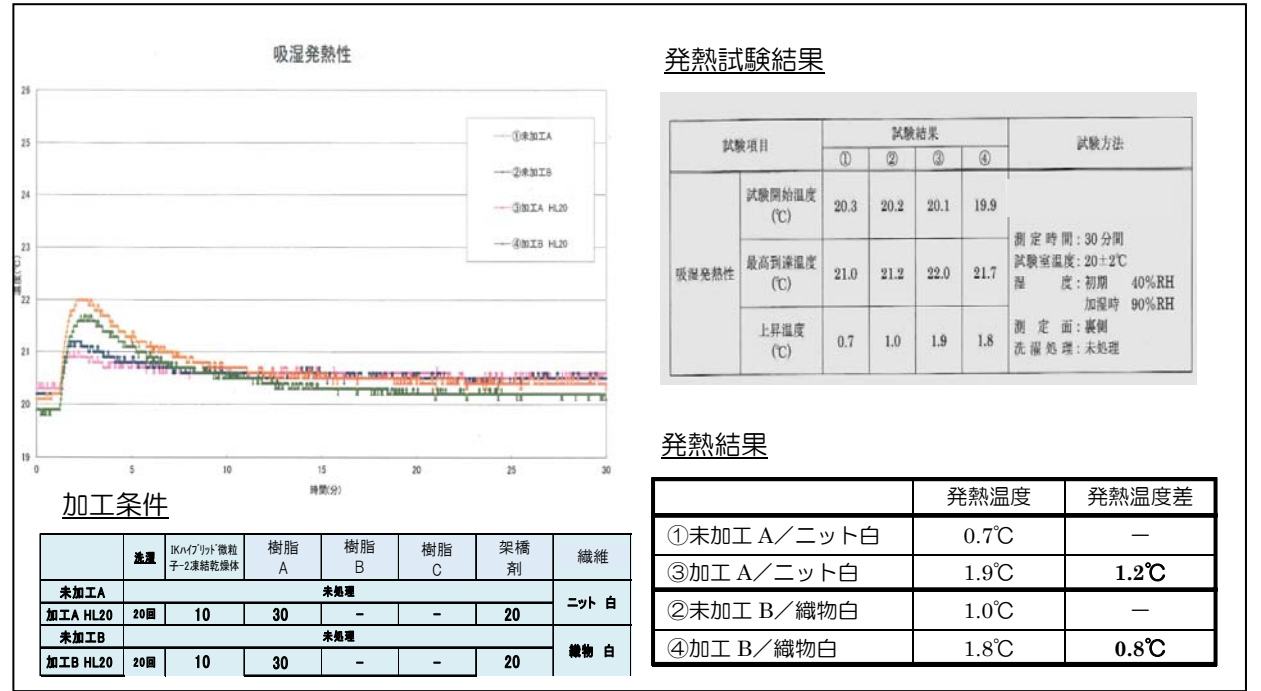


図 12 加工繊維洗濯 20 回後の吸湿発熱評価

吸湿発熱の結果を図 11、図 12 に示す。図 11 では未加工繊維の発熱温度 0.7°C に対して加工繊維の発熱温度 3.1°Cであり、発熱温度差 2.4°Cの結果を得、1°C以上の

## 【公開版】

発熱機能があることを実証した。また、図 12 はニット白の未加工繊維の発熱温度 0.7℃に対して加工繊維の発熱温度 1.9℃であり発熱温度差 1.2℃、織物白では未加工繊維の発熱温度 1.0℃に対して加工繊維の発熱温度 1.8℃であり発熱温度差 0.8℃の結果を得、目標を達成する結果であった。

- 2) 強度試験／引張強さ (JIS L1096 A 法 ストリップ 法)  
目標／150N 以上 実績／150N 以上を達成

表 5 強度試験／引張強さ

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 架橋剤 | 繊維     | 引張強さ (N) |     |
|------------------------|-----|-----|-----|--------|----------|-----|
|                        |     |     |     |        | 経        | 緯   |
| 未処理                    |     |     |     | 織物 白   | 918      | 517 |
| 10                     | 30  | —   | 20  |        | 822      | 266 |
|                        | —   | 30  |     |        | 682      | 334 |
| 未処理                    |     |     |     | 織物 ピンク | 924      | 503 |
| 10                     | 30  | —   | 20  |        | 716      | 311 |
|                        | —   | 30  |     |        | 832      | 302 |
| 未処理                    |     |     |     | 織物 黒   | 943      | 501 |
| 10                     | 30  | —   | 20  |        | 650      | 336 |
|                        | —   | 30  |     |        | 743      | 479 |

- 強度試験／引裂強さ (JIS L1096 D 法 ハンディ ム法)  
目標／7N 以上 実績／7N 以上を達成

表 6 強度試験／引裂強さ

| IKハイブリッド微粒<br>子ー2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維     | 引裂強さ (N) |       |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|----------|-------|
|                        |     |     |     |     |        | 経        | 緯     |
| 未処理                    |     |     |     |     |        | 30.05    | 26.66 |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  | 織物 白   | 21.66    | 17.16 |
|                        | —   | 30  | —   |     |        | 23.35    | 14.85 |
|                        | —   | —   | 30  |     |        | 59.96    | 66.94 |
| 未処理                    |     |     |     |     |        | 30.37    | 25.79 |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  | 織物 ピンク | 21.73    | 15.20 |
|                        | —   | 30  | —   |     |        | 23.96    | 14.79 |
|                        | —   | —   | 30  |     |        | 47.81    | 67.17 |
| 未処理                    |     |     |     |     |        | 36.51    | 30.20 |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  | 織物 黒   | 21.86    | 16.10 |
|                        | —   | 30  | —   |     |        | 23.19    | 16.70 |
|                        | —   | —   | 30  |     |        | 46.47    | 68.10 |

強度試験／破裂強度 (JIS L1096 A 法 ミ-リ)形法) (追加試験)  
 目標／350 kPa 以上 実績／350 kPa 以上を達成

表 7 強度試験／破裂強度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 破裂強度 (kPa) |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|------------|
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 白   | 564        |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 537        |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 543        |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 623        |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット ピンク | 602        |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 505        |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 499        |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 631        |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 黒   | 546        |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 531        |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 547        |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 627        |

## 3) 変退色／測色色差計

目標／ $\Delta E$  0.5 以下 実績／ $\Delta E$  0.5 以上

※目標を満たす加工条件を見い出すことができなかった。

表 8 変退色／測色色差計

| IKハイブリッド微粒子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 測色色差<br>ΔE |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|---------|------------|
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.00       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | ニット 白   | 6.34       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 6.53       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 5.46       |
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.10       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | ニット ピンク | 4.22       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 5.34       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 3.66       |
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.00       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | ニット 黒   | 0.95       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 1.51       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 1.05       |
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.00       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | 織物 白    | 3.00       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 4.56       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 3.05       |
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.00       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | 織物 ピンク  | 5.97       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 5.68       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 4.08       |
| 未処理                |     |     |     |     |         | 0.00       |
| 10                 | 30  | —   | —   | 20  | 織物 黒    | 3.86       |
|                    | —   | 30  | —   |     |         | 2.88       |
|                    | —   | —   | 30  |     |         | 2.97       |

## 4) 耐光堅ろう度 JIS L0843/キセノンアーク

目標/3 - 4 級以上 実績/3 級以上を達成

表 9 耐光堅ろう度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体<br>20%スラリー | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 耐光染色堅ろう<br>度 (級) |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|------------------|
|                                   |     |     |     |     |         | 変退色              |
| 未処理                               |     |     |     |     |         | 3                |
| 50                                | 30  | —   | —   | 20  | ニット ピンク | 3                |
|                                   | —   | 30  | —   |     |         | 3                |
|                                   | —   | —   | 30  |     |         | 3                |
|                                   |     |     |     |     |         | 3                |
| 未処理                               |     |     |     |     |         | 3                |
| 50                                | 30  | —   | —   | 20  | ニット 黒   | 3                |
|                                   | —   | 30  | —   |     |         | 3                |
|                                   | —   | —   | 30  |     |         | 3                |
|                                   |     |     |     |     |         | 3                |
| 未処理                               |     |     |     |     |         | 3                |
| 50                                | 30  | —   | —   | 20  | 織物 ピンク  | 3                |
|                                   | —   | 30  | —   |     |         | 3                |
|                                   | —   | —   | 30  |     |         | 3                |
|                                   |     |     |     |     |         | 3                |
| 未処理                               |     |     |     |     |         | 3以上              |
| 50                                | 30  | —   | —   | 20  | 織物 黒    | 3以上              |
|                                   | —   | 30  | —   |     |         | 3以上              |
|                                   | —   | —   | 30  |     |         | 3以上              |
|                                   |     |     |     |     |         | 3                |

## 5) 洗濯に対する染色堅ろう度 (JIS L0844 A-2 法)

目標/変退色 4 級以上、汚染 3 級以上

実績/変退色 4 級以上、汚染 3 級以上を達成

表 10 洗濯に対する染色堅ろう度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 洗濯染色堅ろう度（級） |       |            |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|-------|------------|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色         | 汚染（綿） | 汚染（ポリエステル） |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　ピンク | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4           | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4           | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　黒   | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4           | 5     | 4          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4           | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4           | 5     | 4          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　ピンク  | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4           | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　黒    | 4           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4           | 5     | 4          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4           | 5     | 4          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4           | 5     | 4          |

- 6) 汗に対する染色堅ろう度 (JIS L0848 酸、アルカリ)  
 目標／変退色 4 級以上、汚染 3 級以上  
 実績／変退色 4 級以上、汚染 3 級以上を達成

表 11 汗に対する染色堅ろう度〈酸〉

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 汗染色堅ろう度<酸> (級) |       |            |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|----------------|-------|------------|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色            | 汚染(綿) | 汚染(ポリエステル) |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　ピンク | 5              | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5              | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5              | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5              | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　黒   | 5              | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4              | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4              | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5              | 5     | 4          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　ピンク  | 5              | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5              | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5              | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5              | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　黒    | 4              | 4     | 4          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4              | 4     | 4          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4              | 4     | 4          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4              | 4     | 4          |

表 12 汗に対する染色堅ろう度〈アルカリ〉

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 汗染色堅ろう度<アルカリ>（級） |       |            |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|------------------|-------|------------|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色              | 汚染（綿） | 汚染（ポリエステル） |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　ピンク | 4                | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 4                | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　黒   | 4                | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 5                | 5     | 4          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　ピンク  | 5                | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4                | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 5                | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　黒    | 5                | 4     | 4          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4                | 4     | 4          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4                | 4     | 4          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 4                | 4     | 4          |

## 7) 摩擦に対する染色堅ろう度(JIS L0849Ⅱ型乾/湿)

目標／乾摩擦 4 級以上、湿摩擦 3 級以上

実績／乾摩擦 4 級以上、湿摩擦 3 級以上を達成

※目標を満たす加工条件を見い出すことができた。

表 13 摩擦に対する染色堅ろう度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 摩擦染色堅ろう度（級） |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|-----|
|                        |     |     |     |     |         | 乾摩擦         | 湿摩擦 |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット ピンク | 5           | 5   |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5           | 5   |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5           | 5   |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5           | 5   |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 黒   | 4           | 5   |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 3           | 3   |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5           | 4   |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 3           | 4   |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 ピンク  | 5           | 5   |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5           | 5   |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5           | 5   |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5           | 5   |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 黒    | 4           | 4   |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4           | 3   |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4           | 4   |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 3           | 3   |

## 8) 昇華に対する染色堅ろう度(JIS L0854)

目標／3 級以上 (※開発過程で目標を変退色 4 級以上、汚染 3 級以上に再設定)

実績／変退色 4 級以上、汚染 3 級以上を達成

表 14 昇華に対する染色堅ろう度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 昇華染色堅ろう度（級） |       |            |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|-------|------------|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色         | 汚染(綿) | 汚染(ポリエステル) |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　ピンク | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 4           | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　黒   | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 5           | 4     | 4          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4           | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 5           | 4     | 4          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　ピンク  | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 5           | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　黒    | 5           | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4           | 4     | 4          |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 5           | 5     | 5          |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 4           | 5     | 5          |

## 9) ドライクリーニングに対する染色堅ろう度(JIS L0860 A-1 法、B-1 法)

目標／変退色 4 級以上、汚染 3 級以上

実績／変退色 4 級以上、汚染 3 級以上を達成

※目標を満たす加工条件を見い出すことができた。

表 1 5 JIS L0860 A-1 法／パーククロエチレン

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | ドライクリーニング染色堅ろう度<br>(級) |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|------------------------|-----|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色                    | 汚染  |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　ピンク | 4－5                    | 5   |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 3－4                    | 5   |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 3－4                    | 5   |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 4－5                    | 5   |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット　黒   | 4－5                    | 4－5 |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |         | 4－5                    | 4－5 |
|                        | －   | 30  | －   |     |         | 4－5                    | 4－5 |
|                        | －   | －   | 30  |     |         | 3－4                    | 4－5 |

表 1 6 JIS L0860 B-1 法／石油系

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維     | ドライクリーニング染色堅ろう度<br>(級) |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|------------------------|-----|
|                        |     |     |     |     |        | 変退色                    | 汚染  |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　ピンク | 4－5                    | 5   |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |        | 4－5                    | 5   |
|                        | －   | 30  | －   |     |        | 3－4                    | 5   |
|                        | －   | －   | 30  |     |        | 3－4                    | 5   |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物　黒   | 4－5                    | 4－5 |
| 10                     | 30  | －   | －   | 20  |        | 4－5                    | 4   |
|                        | －   | 30  | －   |     |        | 3－4                    | 4   |
|                        | －   | －   | 30  |     |        | 3                      | 4   |

## 10) 塩素処理水に対する染色堅ろう度 (JIS L0884 A 法)

目標／3 級以上 (※開発過程で目標を変退色 3 級以上、汚染 3 級以上に再設定) 変

実績／変退色 3 級以上、汚染 3 級以上を達成

表 1 7 塩素処理水に対する染色堅ろう度

| IKハイブリッド微粒<br>子-2凍結乾燥体 | 樹脂A | 樹脂B | 樹脂C | 架橋剤 | 繊維      | 塩素処理水染色堅ろう度 (級) |       |            |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|-----------------|-------|------------|
|                        |     |     |     |     |         | 変退色             | 汚染(綿) | 汚染(ポリエステル) |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット ピンク | 5               | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 5               | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5               | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 5               | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | ニット 黒   | 4               | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4               | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4               | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4               | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 ピンク  | 4               | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 4               | 5     | 5          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 4               | 5     | 5          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 4               | 5     | 5          |
| 未処理                    |     |     |     |     | 織物 黒    | 5               | 5     | 5          |
| 10                     | 30  | —   | —   | 20  |         | 3               | 5     | 4          |
|                        | —   | 30  | —   |     |         | 5               | 5     | 4          |
|                        | —   | —   | 30  |     |         | 3               | 4     | 4          |



表5から 表 7 は基本物性試験結果を示す。個々の評価項目にて目標を達成する結果が得られた。また、表 8 から表 1 7は染色繊維に対する堅ろう度試験結果を示す。表 9 から表 1 7は目標を達成する結果が得られたが、表 8 は継続課題となった。

11) 加工生地が発汗サーマルマネキンによる評価

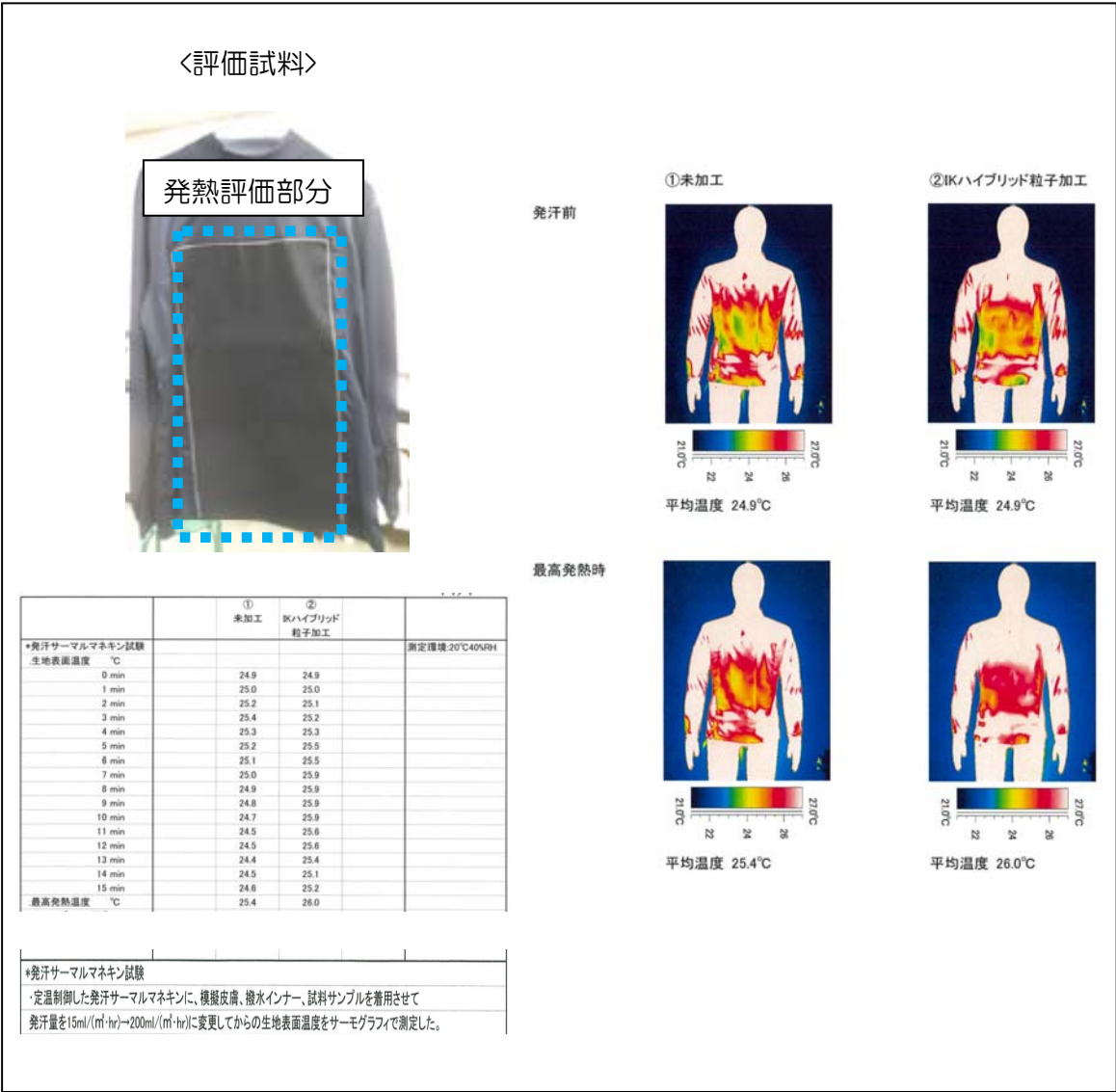


図 13 加工生地が発汗サーマルマネキンによる評価

発汗サーマルマネキンによる吸湿発熱結果を図 13 に示す。IK ハイブリッド樹脂分散液加工繊維は着用発汗時の発熱結果が得られ、良好な吸湿発熱性能を実証した。

## 第3章 全体統括

### 3-1 複数年の研究開発成果

本事業により、平均粒子径 1.5  $\mu\text{m}$ 以下の IK ハイブリッド粒子（高度化吸放湿発熱アクリル樹脂）の独自の製造方法を確立することができた。また、IK ハイブリッド粒子の粒子径を維持する安定な分散条件を確立し、固着に必要な樹脂及び加工条件を開発した。更に、得られた IK ハイブリッド粒子樹脂分散液を加工したポリエステル繊維は、目標とした吸湿発熱機能において、吸湿発熱温度が洗濯前 1℃以上、洗濯 20 回後 0.8℃であり有効な結果が得られた。

本研究開発で開発した吸放湿発熱ポリエステル繊維は、繊維衣料品に必要な基本物性および染色堅ろう度に対する目標を達成することができた。なお、測色色差計による変退色試験については課題が残ったが、これについては継続して原因調査を行い、改良を進めていく。

また、着衣時の発熱性を確認するため、発汗時の衣服内や寝床内温湿度変化の測定が可能な発汗サーマルマネキンにより着用疑似試験を実施し、良好な吸湿発熱性能を実証した。

本研究により、後加工により 1℃以上の発熱機能を付与した新たな吸放湿発熱ポリエステル繊維の開発を実現することができた。

### 3-2 研究開発後の課題・事業化展開

国内発熱系インナー市場は拡大しているものの徐々に頭打ち感がみられ、買い替え需要が中心となる見通しである。今後の動向として、国内市場については機能性能向上によって頭打ち感を払しょくすることは可能であり、さらに海外市場が牽引役となる見込みで、特に欧州・ロシア・中国北部等の寒冷地需要が有望視され国内需要を上回る市場に成長する可能性が大きい。

発熱系繊維は体感しやすさから需要は多い。顧客は、さらなる発熱性能アップ、低コスト、衣類内快適性、幅広い色目、柄のファッション性を求めている。

SPA（製造小売業）、量販店の海外進出が増加しており、これらのルートへ展開する。具体的には、過去に実績のある国内アパレルメーカーを第一の販売先とし、プレゼンテーションを行い、見本を提出し採用を目指す。さらに現在取引のある既存海外代理店へ展開する。具体的には世界的なアパレルメーカーと関係が深い、バングラデシュ、スリランカの代理店にプレゼンテーションを行い、海外繊維加工剤の展示会に出展することによりさらなる顧客の獲得を目指す。

以 上