技術レター

ユニフォーム上の汚れ発生メカニズムに関する研究

明歩谷　英樹*

Research on Dirt Generation Mechanism on Uniform

MYOUBUDANI Hideki*

1. 緒　　言

野球用ユニフォーム分野において、汚れ対策（防汚）は、選手が練習後ユニフォームを各自家に持ち帰り、毎日のように洗濯をしているが、その汚れは落ちにくく、洗濯機メーカーや洗剤メーカー、素材メーカーなどが苦慮しているところである[1)]。これらの汚れは繊維と繊維の間に入り込んだものであり、落とすことが不可能であるとまで言われている。

当研究では、野球用ユニフォームに付着する汚れについて、汚れの付着状況や汚れ物質を把握することで、その発生メカニズムを明確化することを目的とした。

2. 調査研究

2.1　ユニフォーム上での汚れの状況把握

高校野球部員が長年着用し、スライディングなどにより付着した汚れの状況を、電子顕微鏡観察や顕微鏡観察などを行い調査した。

2.1.1　試料

試料 1：野球部員が着用したズボン

ズボンの洗濯は JIS　L　0217　番号 103 により 1 回洗濯処理を行った。洗濯用合成洗剤は「ライオン（株）製スーパートップ」を用いた。また、洗濯後の乾燥はつり干しにて実施。

試料の素材情報を以下に示す。

素材：ポリエステルフィラメント加工糸
（150 デニール/48 フィラメント/−）

編み組織：天竺

2.1.2　試験方法

日本電子社製　走査型電子顕微鏡 JED-2200

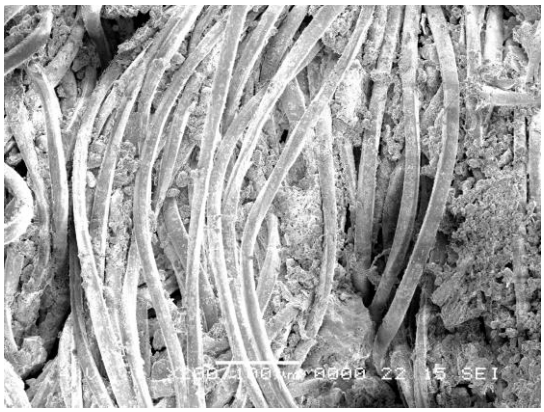

図 1　着用ズボン（試料 1）

図 2　洗濯後ズボン（試料 2）

を用いて、拡大観察を行った。

2.1.3　試験結果

洗濯前後の拡大比較写真を図 1、図 2 に示す。

着用ズボンである試料 1 の電子顕微鏡表面写真を見ると繊維と繊維の間にグランドの土と思われる粒状物質が多く確認できる。その粒状物質は洗濯後（試料 2）の電子顕微鏡観察では大部分が脱落し、繊維の隙間に入り込んでいたほとんどの土が洗濯で落ちていることがわかった。また、洗濯後試料のフィラメント（繊維 1 本）

* 素材応用技術支援センター

自体に注目するとフィラメント表面が凸凹になるなど変形が見られ、フィラメントへの物理的な損傷があることがわかった。

2.2　汚れ付着物質の分析

ユニフォームに付着している汚れ物質にどのような元素が含まれているのか定性分析を行った。

2.2.1　試料

試料 1：野球部員が着用したズボン
試料 2：試料 1 を洗濯処理したズボン
試料 3：ズボンから取り出した泥
試料 4：A 社防汚加工ズボン（未使用品）

2.2.2　分析方法

日本電子製走査型電子顕微鏡 JED-2200 のエネルギー分散形 X 線分析装置を用いて、分析を行った。

2.2.3　分析結果

表 1 には各試料毎に検出された元素をまとめて示す。

分析結果から、洗濯前後で検出元素が同じであることから考えて、電子顕微鏡による拡大観察で確認できなかったが、微少な泥の成分が洗濯後にもフィラメント表面に留まっていると考えられる。

2.3　汚れ付着量試験

洗濯後のユニフォームにどのぐらいの汚れが残存しているのか、汚れの定量試験を行った。

表 1　分析結果

	検出元素
試料 1	炭素、酸素、鉄、アルミニウム、ケイ素
試料 2	炭素、酸素、鉄、アルミニウム、ケイ素
試料 3	炭素、酸素、鉄、アルミニウム、ケイ素、カルシウム
試料 4	炭素、酸素

2.3.1　試料

以下に示す試料を採取したが、各試料に付着した汚れの程度にはムラがあった。

試料 2：着用後ズボンを洗濯処理した試料（標準品）
試料 4：A 社防汚加工ズボン（未使用品）
試料 5：A 社防汚加工ズボンを着用後洗濯処理した試料

2.3.2　試験方法

試料を 1cm～2cm 角に切って、約 2gf になるように試料を切り出す。その試料をフラスコに入れ特級メタクレゾール 120ml を加え 80～90℃に加熱し、ポリエステルを溶解する。予め計量しておいたろ紙（1 号　180mm 径）で溶解液をろ過し、溶剤を揮散させ乾燥後、汚れを含むろ紙重量を秤量する。汚れ付着率 S（%）は以下の式によって求めた。

$$S = (r1 - r2) / m \times 100$$

S：汚れ付着率（%）
r1：ろ過前のろ紙重量（gf）
r2：ろ過後のろ紙重量（gf）
m：試料重量（gf）

2.3.3　試験結果

各試料の付着率を表 2 に示す。

洗濯を行った後のズボンにも、ズボンの重量に対して約 10%の汚れが付着していることがわかった。

2.4　再現試験用の汚れ付着方法の検討

JIS　L　1919:2006 繊維製品の防汚性試験方法に準拠し、スライディングなどによる過酷な汚れを、再現できるか検証を行った。

表 2　汚れ付着率

	汚れ付着率(%)
試料 2:標準品	10.1
試料 4:防汚加工品（未使用品）	2.8
試料 5:防汚加工品	12.9

2.4.1　試料

（株）ハニーインターナショナルワープ事業部製たて編み地を使用した。

2.4.2　試験方法

JIS　L　1919:2006 繊維製品の防汚性試験方法 A 法（ICI 形ピリング試験機を用いる方法）A-2 法（密閉形樹脂製袋を用いる方法）に準拠して行った。

粉体汚染物質：高松油脂(株)製泥汚れ試験用人工土

汚れにくさ試験：粉体汚染物質を袋に入れた後、10cm×10cm の試験片を 1 枚入れ、エアポンプで袋いっぱいに空気を封入する。これをピリング試験機に入れ、毎分 60 回転±2 回転で 60 分間操作する。操作後、試験片の四隅を持ち変えて、試験片の中央部を 5 回指で弾き、余分な汚れを取った後、汚染用グレースケールを用いて判定する。

付いた汚れの落ちやすさ試験：上記汚れにくさ試験で汚れを付着させた試験片を JIS　L 0217 の付表 1 の番号 103 に規定の方法にて洗濯を行い、乾燥させた後、汚染用グレースケールを用いて判定する。

2.4.3　試験結果

各試験結果を表 3 に示す。洗濯後の試料を観察すると、実際のスライディングによって付着した汚れとは大きく異なり、粉体汚染物質を振りかけるような今回の JIS の試験方法では、再現できていないように思われる。この結果から考慮すると、スライディングなどによって付着する汚れは、電子顕微鏡でフィラメントが変形したような摩擦熱等によって汚れがフィラメント内部にまで入り込んでいると考えられる。

表 3　防汚試験結果

	たて編み地
汚れにくさ試験	2 級
付いた汚れの落ちやすさ試験	4 級

よってユニフォームの防汚性能を評価するためには、汚れ物質の繊維間への入り込みの他に摩擦熱という要因も考慮する必要があると思われる。

また、グランド用の黒土混合土などを調べていくと今回使用した粉体汚染物質のような無機物質の他に有機物質が含まれることが示されている[2)]。この有機物質にはフルボ酸やフミン酸という物質があり、これら有機物質が繊維の着色の原因物質となっている可能性も考えられる。

従って、再現試験を行うに当たり、汚染物質に有機物質の導入も重要である。

3. 結　　言

(1) 野球用ユニフォームの汚れを調査した結果、汚れには炭素、アルミニウム、鉄、ケイ素の元素が含まれることがわかった。

(2) 洗濯後にて除去できない汚れは、フィラメント内部にまで入り込んでいる可能性を示した。

(3)野球用ユニフォームの汚れを再現するためには、摩擦熱や適切な汚染物質の選定を考慮する必要がある。

参考文献

1) 金澤，角田，“実際系での洗浄の技術と科学”，繊維と工業，vol.61，No.9，2005，p240-244.

2) 渡辺他，“腐食物質分析ハンドブック”，三景社，p14-17.