逆算からみた繊維性能

桑野 富夫 KUWANO Tomio
大阪府クリーニング研究所

繊維製品の消費性能を考えると必要となるのが、着用性能とともにメンテナンス性にあると考えて、クリーニングの実際（限界）からアパレルおよびテキスタイルの方々へ情報を発信したいと思います。

1. はじめに

クリーニングという行為は、消費者が着用や保管といった行動の後になされるものであり、新しい状態での試験結果やデザイナーなどが想定している範囲を超えた部分でのトラブルが発生し、そのほとんどがクリーニングによるものとして消費者が判断している現状があります。

どのようなトラブルが起こるかを分類したのが右上の表です。

1.1 クレーム事例分析

現実にクレームとして消費生活センターや私どもに鑑定依頼が来るものでも変退色事例が多いのですが、この変退色の原因として注意したいのが、汗や皮脂による変退色とガス退色、紫外線による退色があります。

変退色が増えた要因としては染色技術の変化が一番に考えられるでしょう。EUにおける環境規制から含金染料の使用が規制され、反応性染料へ変化していること、世界の染色工場である中国でのフィックス処理、ソーピング処理問題もあるでしょうし、日本のような高温多湿の気候での着用による様々な問題に関しても試験方法や管理基準が乖離していることなどに問題としてあるでしょう。

クリーニング業も営利活動を行うものであるからには費用対効果を最大にする必要があり、且つその作業の対象となるものが同一のものではなく、たとえ同一の商品があったとしても着用（使用）された状況がすべて異なるという、基本的な制約の中で試行錯誤を繰り返し蓄積された最大公約数的技術として現在に至っています。

このような色々な問題の中からクリーニングが関係するものを検証してみたいと思います。

1.2 クリーニング工程から見てくるもの

商業クリーニングにおいては、ドライクリーニング（有機溶剤を用いた洗浄と乾燥後のスチーム仕上げ）、ランドリー（水と洗剤、アルカリ剤を用い、脱水後濡れたままプレスする）、本来ならばドライクリーニングすべき、衣料品にドライクリーニングでは除去できない水溶性汚れが多いことから、繊維製品にダメージを極力与えないような水洗いを行うウェットクリーニングに大別されます。

1.3 ドライクリーニングのメカニズム

ドライクリーニングは、有機溶剤が用いられ、汚れの油脂分を溶解することで衣類から脱落させ、除去するという原理で洗浄が行われるものであり、その特性として水溶性汚れの代表である塩分や蛋白質、糖類などの除去性能が水洗いと比較すると低いことにあります。ただし、このような水溶性汚れは、排気ガス等に含まれる油分や皮脂などによって被覆された状態である場合が多く、油性成分の絶対量は少ないとしても繊維表面との接触面積は、油性物質がほとんどを占めているとも考えられ、この油性成分を除去する意味では、ドライクリーニングは有効な洗浄方法と考えられるでしょう。

ドライクリーニングの特性と日本の気候および消費者の着用行動などから生じる事故事例としては、汗成分による変退色事故や皮脂（脂肪酸）の酸化による変退色、ポリウレタン素材の脆化促進、水溶性物質の残留による風合い硬化などが経時的に生じることが考えられます。

1.4 VOC規制について

日本では欧米と異なり、石油系溶剤によるドライクリーニングがほとんどであるという特異性がありますが、石油系溶剤は揮発性有機化合物（VOC）規制対象物質となっており、現状では大気汚染防止法による規制対象施設からは除外されていますが、一部都道府県においては条例で規制しているところもあり、今後は回収乾燥設備を用いた工程が望まれる洗浄方法であることをご理解ください。次に多く用いられているテトラクロロエチレン（パークロロエチレン）は大気汚染防止法、水質汚濁防止法等による厳しい排出規制を受けています。このよ

うな情勢から、繊維製品に付けられる洗濯絵表示や付記表示において「タンブラー乾燥禁止」という表現は各法令による規制面からも避けるべきものとして、今後の対応が求められていると思います。

1.5 ランドリーの特徴

ランドリーの場合には、濡れた状態での（乾燥）プレスが行われることから高温が用いられ、襟芯等に用いられる接着芯地の収縮や劣化の促進、染料の昇華や脱色事故が起こりやすいといえますし、低料金による大量処理が一般化したことから定型的な機械処理がほとんどとなっており、デザインシャツの変形や肉厚ボタンの破損などの事故も絶えません。また、洗浄効果を向上させるために酸素系漂白剤が常用されており、一部シャツ等に用いられる含金染料によるストライプ部分の脆化・損傷事故も起こることもあります。

洗浄の際の負荷量、すぎ回数、水量や洗剤や助剤（アルカリ剤・漂白剤等）のバランスが悪く、くすみが生じたり、アルカリ焼けと呼ばれる黄変や洗剤が分解されて生じた脂肪酸による黄変が、プレス後や保管中に生じることも考えられます。

2. ドライクリーニング

2.1 実際のクリーニングの工程と問題点

クリーニングの現場では、様々な汚れを付着させ、多種多様な着用・保管がなされた繊維製品が持ち込まれることが生産現場と異なる部分であり、これら进行处理するには最大公約数的処理基準を設けて処理するしか方法がないことから、洗浄品質を管理することが難しいということを理解され、起こり得る様々な事象を相互にフィードバックできる体制作りが望まれます。

クリーニングが実際にどのように行われているかを理解することは、繊維製品の企画および製造にかかわる方々に対しても有益だと考え、国内で一般的に行われているクリーニング工程と問題点を整理することにします。

2.2 ドライクリーニングの種類

ドライクリーニングは塩素系有機溶剤（パークロロエチレン）を使用したもの（引火性がないことからEUおよび米国で主流）と石油を精製し、作られた石油系溶剤を用いたものと一部にフッ素系溶剤、シリコン溶剤、臭素系溶剤、リモネンを用いたものなどがありますが、現時点では国内においては石油系溶剤が主流ですので、特に石油系溶剤を中心に解説します。

2.3 石油系ドライクリーニング

機械自体の構造も単純であり、価格も安い洗浄・脱液までを行うドライ機と乾燥機を組み合わせるタイプが石

油系ドライの中でも最も多く、機構的には単一の溶剤タンクと溶剤を汲み上げ溶剤をろ過するフィルターを通過させた後に、洗浄ドラムへ送るポンプによって構成されています。

水洗いと異なり、溶剤はろ過され繰り返し洗浄の用途に用いられます。溶剤タンクには洗浄によって溶剤中に溶出した汚れ物質を含んだ溶剤がいつも存在することになり、汚れた溶剤は洗浄前にフィルターを通過し、汚れ物質を除去し清浄化された状態で衣類と接触することになります。

フィルターはアコーディオン状に作られた紙フィルターを最外部に持ち、内部には活性炭や活性アルミナなどの脱酸剤を有するもので、紙フィルターでリントや固形物を、カーボンで色素などを、脱酸剤で脂肪酸を吸着させ清浄化するものです。このフィルターの能力が低下すると溶剤は汚れた状態のまま洗浄に供されることになり、逆に衣類に汚れが付着した状態になることから洗剤濃度、フィルター圧、溶剤流量、溶剤の着色状況などを常時管理し適正レベルに保つ必要があります（溶剤管理と呼ばれている）。しかし適正レベル値をどのように設定するのかには一層の検討が必要でしょう。

またフィルターで清浄化するとはいえ、汚れを含んだ溶剤が常時ベースタンクにあることから、水分を含んだリント（糸くず等）はタンク底部に蓄積し、それに洗剤分、脂肪酸、水分等の汚れ物質も蓄積することから、定期的なタンク洗浄も行われることが望ましいと考えます。

2.4 石油系ドライクリーニングの洗浄方法

石油系ドライクリーニングの洗浄方法にはいくつかの方法があり、それぞれに特徴があるので紹介します。

2.4.1 チャージシステム

現状のドライクリーニングにおいて最も多く採用されていると思われる洗浄方法は、チャージシステムと呼ばれるものであり、ベースタンクの洗剤濃度を一定に保ち、溶剤を常時循環させ洗浄する方法です。

石油系ドライ溶剤は引火性もあり、防爆目的からも洗剤が不可欠です。

洗剤ごとに規定された濃度になるように溶剤タンクへ洗剤を投入し、溶剤を常時循環させながら洗浄する。洗浄開始から、およそ3分間に汚れ物質が溶剤中に溶出するといわれていることから、逆汚染を最小限にするために最低でも10数分間の循環洗浄が必要であるといわれています（ポンプ能力によって異なる）。

1タンク、チャージ洗浄

総溶剤量に対して、一定濃度の洗剤を必要としますが、毎回投入せずに数回分をまとめて投入すると、洗浄回ごとの濃度差が生じ過剰な場合にはベタ付きが生じたり、逆汚染が発生することがあります。また洗浄回数ごとの洗浄品質に差が生じることが考えられます。

2.4.2 バッチシステム

次はほとんど採用されていないが、すすぎ工程を採用することが可能な溶剤タンクを2個持ち、蒸留装置を有するパーク機などに採用されているバッチ（溜め洗い）方式があります。

これは溶剤を循環させずに溜めた状態で洗浄するもの。汚れが溶け出した液に接触することで逆汚染しやすいが、洗剤を洗浄ドラムに投入した場合には高濃度の洗剤で洗浄することが可能となり、汚れ除去効果は高い場合が多い。しかし洗剤濃度が高濃度のままだとベタ付きなども生じやすくすすぎ工程が必要な洗浄方法であるので一般的な石油系ドライクリーニングには不適当と考えられます。

1タンク、バッチ洗浄

2.4.3 バッチ&チャージシステム

石油系溶剤を使用した洗浄方法で最適と思われる洗浄方法は、以下に述べるバッチ洗浄（溜め洗い）とチャージ洗浄を組み合わせた方式です。最初にバッチ洗浄を行うが、洗剤を洗浄ドラムに投入することで少ない洗剤使用量で汚れを効率よく衣類から剥離しておき、そのままオーバーフロー洗浄に移行し濯ぎ出す方式で、バッチ時にのみ洗剤濃度を高めるので洗剤消費量も少なく、オーバーフロー工程で過剰洗剤や汚れがすすぎだされることから、汚れの残留やべた付きも減らすことができるのが特徴です。

また、毎回洗剤が洗浄ドラムに投入されることから洗浄ごとの洗剤濃度をある程度均一に保つことができるといえます。

1タンク、バッチ・オーバーフロー洗浄

2.5 洗浄時間の設定

ドライクリーニングにおける洗浄時間の設定は、汚れ除去および逆汚染防止のためにフィルター性能やポンプ能力によって設定される必要がありますが、長時間にわたって機械力が加わることで縫製や合成皮革、接着芯地などポリウレタン樹脂への影響、溶剤温度の上昇によって界面活性が活発となり染料の流出なども考えられます。乾燥においても、長時間溶剤と接触することから生じ

る様々な事象や作業環境への溶剤の充満などのトラブルの発生も考慮しなければならないために強制的な乾燥は必要なのです。

2.6 ドライクリーニングにおける事故事例

ドライクリーニングは油性の有機溶剤を用い溶剤を繰り返して洗浄することから、水洗いとは異なる事故が生じることがあるので検証してみましょう。

2.6.1 溶剤の液温管理から

ドライクリーニングの汚れ除去システムは汚れ粒子の表面に衣類と汚れを接着する成分として存在する油脂分を溶解し、機械力と界面活性を利用して再付着を防ぎ除去するものですが、溶剤温度が上昇することで油脂溶解力や界面活性効果が向上し、結果的に染料と同じように繊維上に存在する染料を溶出したり、分散染料を容易に繊維内から流出させることが起こる場合があります。特にポリエステル繊維に用いられる分散染料のうち、赤系染料は分子量が小さなものが多用されていることから、ドライ溶剤の液温が25℃を超えることによって、事故が多発する危険性が高く、これを防ぐには溶剤温度を一定以下に保つ必要がありますが、国内で使用される石油系ドライ機のほとんどには、このような冷却装置は設置されておらず、現実には30℃以上の液温にて洗浄されているのが現状です。よってJISにおけるドライクリーニング試験でも温度設定と副素材等の試験が必要でしょう。

2.6.2 溶剤残留に伴う事故

前述したように石油系ドライクリーニングでは洗剤分の存在が不可欠であり、そのために高密度織物やボンディング加工、ラミネート加工された衣類の場合には縫い糸付近に洗剤や汚れ成分が線状に残留（キワ付）が生じる場合があります。これらの現象は表面と裏面の乾燥速度や脱液効率の違いによって残留溶剤量に差が生じ、残存量の多い部位から少ない部位への溶剤の移動が、縫い糸による毛細管現象によって生じることが原因と考えられます。

同じように内部にスポンジ構造を有する合成皮革製品に関してもキワ付や溶剤残留が起こるものであり、キワ付や溶剤による化学やけどを防ぐためにも、ボンディング加工やラミネート加工、合成皮革、高密度織物を用いた衣類にはタンブラー乾燥を行えるような企画が望ましいと考えるものです。

2.6.3 脂肪酸によるポリウレタン樹脂の脆化

ドライクリーニングは溶剤をフィルターで繰り返し、ろ過して使用しますが、ろ過時に除去しきれない脂肪酸(特に低級脂肪酸)が多く存在した場合には、ポリウレタン樹脂に対して悪影響を与える場合があります。ポリウレタン樹脂はその構造から紫外線や加水分解によって、徐々に劣化することが知られていますが、当所では脂肪酸による溶解事例に遭遇しました。今後は脂肪酸に対する耐性試験も十分に行われる必要があろうと考えます。

脂肪酸によるポリウレタン樹脂の溶解は家庭洗濯においても、洗濯機の節水化(低浴比によるすすぎ)による洗剤残留の増加によっても生じる危険性は大きいにあり、今後一層の検討と消費者への啓蒙が必要ではないでしょうか。

各ポリオールのポリウレタン特性

	共重合 PCD	PCD	PTMG	PHA	PCL
耐熱性	◎	◎	×	○	○
耐候性	◎	◎	×	○	○
柔軟性	○	×	◎	○	○
耐水性	◎	◎	○	×	△
耐カビ性	△～○	△～○	◎	×	×
耐オレイン性	○	○	×	△	△～×
耐エタノール性	○	○	×	△	×

Asahi kasei PCDL T5652

PCD: Polycarbonate diol

PTMG: Poly(tetramethylene glycol)(polyether polyol)

PHA: Poly(5-hexamethylene adipate)(polyester polyol)

PCL: Polycaprolactone polyol (polyester polyol)

◎: excellent ○: good △: fair ×: poor

旭化成ケミカルズ(株) 技術資料

<http://www.asahi-kasei.co.jp/pcdlhp/jp/technical/index.html>

2.7 ランドリーにおける洗浄・仕上げ

ランドリーにおける特徴としては、基本的には高温～中温での洗浄が行われ、乾燥工程がなく高温仕上げによって乾燥と仕上げが同時に進行するものです。

ランドリー対象品のクリーニング料金はかなり低く、ドライクリーニング以上に大量生産を行わなければ収益を確保することができないことから、大量洗浄・機械仕上げ処理が一般化しています。また、仕上げの大量処理システムが普及するとともに洗浄工程の短縮化や使用水量の節約を謳うシステムも現れてきています(一般的な洗浄工程の所要時間約55分)。

以下に一般的な洗浄工程を紹介します。

綿100% 白シャツ等対象

工程	水位	温度(℃)	時間(分)	使用薬剤
予洗(1浴目)	低	60	(10)	洗剤・アルカリ剤
本洗(2浴目)	低	70	10	洗剤・アルカリ剤・漂白剤
すすぎ(1回目)	中	60	5	
すすぎ(2回目)	高	常温	3	
すすぎ(3回目)	高	常温	(3)	
糊つけ	低	40	10	糊剤
脱水			10	

色柄シャツ対象

工程	水位	温度(℃)	時間(分)	使用薬剤
本洗(2浴目)	低	50	10	洗剤
すすぎ(1回目)	中	常温	5	
すすぎ(2回目)	高	常温	3	
すすぎ(3回目)	高	常温	(3)	
糊つけ	低	40	10	糊剤
脱水			5	

乾燥工程と仕上工程が同時進行するプレスでは、生産性の問題から高温プレスが普及している影響か、形態安定加工シャツの裂断破損や分散染料の昇華脱色などが生じる事例を見ることがあります。また白度保持や色素汚れ分解目的で酸素系漂白剤が併用されることから、使用されている含金染料が酸素系漂白剤と反応することによる、綿繊維の脆化事故も起こっているようです。これらの事故を削減するには、十分なすすぎや低温でのプレスが望ましいが、生産性(費用対効果)部分で現状の料金体系では実現不可能でしょう。

また、ドライクリーニング同様に、襟やカフス、前立て部などに用いられている接着樹脂のほとんどが、ポリウレタン樹脂であることから、皮脂に含まれる脂肪酸や石鹼、洗剤の分解物である酸による劣化と熱収縮にも注意を要します。

2.8 ウエットクリーニングでの問題点

新しいクリーニング処理方法としてウエットクリーニングがあります。しかし定義としては「本来はドライクリーニングを行うべき衣類を、ドライクリーニングでは除去できない水溶性汚れを除去するために中性洗剤等を使用して行うデリケートな水洗い」とされていますが、ドライクリーニングによる油性汚れの除去後に残る、水溶性汚れを出来る限り除去することを目的とする洗浄方法と定義されていると考えられます。

ドライクリーニング後の水洗いとなると、水質汚濁防止法等の規制により、塩素系有機溶剤であるテトラクロロエチレンでのドライクリーニング後のウエットクリーニングは、相当の排水処理設備を有する施設以外では不可能であり、石油系ドライクリーニング溶剤等を使用するクリーニング所において、十分に乾燥し溶剤を除去した後に行われる必要があります。

また、水洗いといえども限られた資源である「水」を消費するのであり、併せて界面活性剤等も用いられることから環境負荷に対しても冷静な検証が必要でしょう。

現状ではウエットクリーニングに機械力や洗浄水準の基準はなく、それぞれの業者の経験や知識、設備によって処理が行われており、水洗機(洗濯機)による洗浄であっても手洗い以下の低機械力洗浄を実現しているものもあります。洗濯表示に関するISOとJIS基準の整合化に関する、様々な活動が現在進行しているようであり期待するものです。

しかし、水溶性汚れ除去に限らず、汗の残留による変退色の処理までがウエットクリーニングに求められているのが現状であり、漂白剤が多用されることも多く、水による形態変化だけでなく、染料の湿潤堅牢度や耐酸化性能にも考慮することが求められています。

特に水系洗浄における機械力の基準作りは、ドライクリーニングにてキワ付を生じる衣類や脂肪酸による劣化

が問題視される、ポリウレタン樹脂使用衣類の洗浄に最適であり、衣類を製造する者にとってもメンテナンスする立場にとっても必要なものとして、早急な対応が求められているといえるでしょう。

2.9 シミ抜きにおける様々な問題点

クリーニングにおけるもう一つの処理方法にシミ抜き (spotting) があります。

シミ抜きは部分的に強い洗浄作用や漂白作用、溶剤による溶解作用と機械力を用い、繊維に残留する汚れ物質や色素などを分解・除去するものですが、その強力性から染料を流出させることや繊維を溶解、もしくは脆化させるなどの危険性があると同時に、技術者ごとの知識や経験の差と素材情報 (組成・染色方法・付着物の物性、付着時期など) が不明な場合がほとんどであることから、非常にリスクの高い作業なのです。しかも洗浄工程での作業品質の差によってもシミ抜きと称する作業が不必要となることもあるなど、シミ抜きとは洗浄品質によっても左右される要素を有するという定義が難しい技術でもあるといえます。

3. ま と め

クリーニングは顧客が購入した衣類を預かり、メンテナンスすることを業としているのですが、素材情報がテキスタイルおよびアパレルから提供されることは少なく、且つ着用による個別変化が生じているものばかりであり、標準化された処理では対応できない事例が多くあります。

逆に考えれば、繊維性能試験時では出現しないであろう事例や着用による経時変化を知ることができる重要なポイントであり、これら情報が繊維製品の製造および企画に生かされれば消費者への適切な対応も可能となるのではないのでしょうか。ポリウレタン樹脂の加水分解による事故は、クリーニング業界では10年ほど前から問題視されており、消費生活センター等への情報提供もなされていましたが、テキスタイル・アパレル業界での対応

は遅れているのが現状ではないでしょうか。このような着用疲労や経時変化に関する情報は、クリーニング業者に多く集まることが考えられることから、クリーニング業者と繊維製造・企画および販売業者の情報共有が速やかに行われることが望まれます。

最近の事故事例からポリウレタン樹脂の加水分解因子として、皮脂に含まれる脂肪酸が大きく影響を与えるのではないかと考えられる事例も多々あります。脂肪酸による影響試験も早急に検討されるべき問題でしょう。

脂肪酸は反応性染料の劣化・分解にも大きな影響を与えているとも考えられ、これらをコントロールできる技術等が開発されることで、反応性染料の劣化やポリウレタン樹脂の劣化などを遅らすことも可能となるのではと考えます。

また日本は高温多湿であり、カビによる染料の分解、ポリウレタンの劣化なども考えられることから、これらに対する対策も必要であると考えます。特に汗による様々な障害や高密度織物や撥水加工品は、キワ付を防ぐ意味でもウエットクリーニングが不可欠となるであろうことから、ウエットクリーニングの洗浄方法や機械力などの基準をテキスタイル、アパレル、クリーニングの各業界が共同で検討し共有する必要もあるでしょう。

夢の繊維を作ること以前に、繊維製品の性能や限界を消費者に対して広報し、繊維や染色の経時劣化などについての認識を正確に消費者に伝えることと、経時劣化に対応してその変化を遅延することが可能な技術開発が大切でしょう。

繊維製品の未来のためにも製造販売業者とクリーニング業者の間での正確な評価が行える体制やそのための日頃の情報の交換と共通の評価基準が必要となっていると考えています。

参考資料 (順不同)

クリーニングの基礎知識

全国クリーニング生活衛生同業組合連合会

国民生活センター集計資料

桑野 富夫 (くわの とみお)

1975年、福岡大学法学部法律学科卒、SE等を経て1980年よりクリーニング業に従事、2004年4月より大阪府クリーニング生活衛生同業組合大阪府クリーニング研究所所長、大阪クリーニング学院講師、大阪府クリーニング生活衛生同業組合 (<http://www.oc929.net>)、大阪府クリーニング研究所所長 adviser@oc929.net、(財) 全国生活衛生営業指導センター、クリーニング研修講師、クリーニング従事者講習講師、オフィス・ワン tom_3@sb3.so-net.ne.jp、洗濯屋の家頁 <http://www001.upp.so-net.ne.jp/goinkyo/>、御隠居の独り言 http://blog.so-net.ne.jp/cleaning_110/、クリーニングよろず相談 <http://www.azaq-net.com/bbs/bbs.cgi?goinkyo>