

ウェットクリーニング（水系洗浄）の新概念 新洗浄原理と方法の考察と検証

株式会社ハッピー 橋本 英夫

1. はじめに

1-1 背景

衣服メンテナンス業の一種であるクリーニング業界は今、低価格競争に陥っている。総務省家計支出統計による1世帯あたりの年間支出額と、住民基本台帳に基づく世帯数により算出されるクリーニング業界の市場は、1992年の約8170億円をピークに毎年減り続け、2011年には、約3899億円に激減している。

このようなクリーニング市場激減の背景には、「ファストファッションの台頭(買う方が安い)」、「家庭洗濯機の高性能化」、「デフレ経済による安価競争」等が考えられる。「安い・早い」という利便性や生産の効率化を求め過ぎた大量生産・大量消費の経営を続けても、顧客が真に求める技術的付加価値は高められず、さらに低価格競争に陥るだけであり、クリーニング市場を回復させることは困難だろう。

また、全国百貨店協会が発表した2011年の全国百貨店売上高は6兆1525億円で、ピークだった1991年の9兆7130億円の約3分の2まで落ち込んでいる。百貨店の売上高の約4割強は、衣料品が占めているため、衣料品販売の低迷が問題となっている。これにも様々な要因があると思うが、消費者によるクリーニングに対する不満が、衣料品販売低迷の要因の一つと考えている。

なぜなら、当社が2008年に実施した衣服購買調査：消費者一人（年収1000～5000万円）アンケートによると、クリーニングに出すことで、衣服の寿命が短くなることを知っているという回答が50%を超えた。高級な衣服を購入するのをためらう理由としては、「流行」「価格」がトップで、続いて「高品質・高級な衣服を買ってもクリーニングでキレイにならない」「すぐに着られなくなると思うと購買意欲が薄らいでしまう」という答えが多い。特に、メンテナンスが難しいとされる

デリケートな素材を用いることが多いラグジュアリーブランド製品はメンテナンスが難しい。つまり、「すぐに着られなくなる衣服に高いお金を出すのは無駄遣いになるから安価な衣服でガマンする」という理由で、買い控えている層が確実に存在することが明らかになったのである。一方、衣服がキレイになり、衣服の寿命が長くなるメンテナンスのサービスが、仮にあるのなら「より品質の高い高級な衣服を買う」という回答が全体の約80%を占めた。消費者の多くは高級衣服の購買意欲があるものの、十分なメンテナンスができないことの経済的デメリット（負の負担）に問題意識を持っていることがわかった。

衣服販売の低迷は、クリーニング業界だけでなく、アパレル業界・繊維業界・流通小売業界・物流業界と、幾多の業界へ波及してしまう。衣服メンテナンス業の見地からこのような問題を解決するには、顧客が真に求めるクリーニングサービスを根本的に見直し、技術的付加価値を高めて衣料のメンテナンスにおけるイノベーションを創造することが必要不可欠である。

1-2 環境と揮発性有機化合物（VOC）

現在の商業洗濯において、生産性を重視したドライクリーニングに頼る現状をあらためて見直さなければならない時期がきている。ドライクリーニングでは、塩素系有機溶剤と石油系有機溶剤の2種類が主に使用されており、このうち、塩素系有機溶剤は、高い発ガン性や神経障害との因果関係が数多く報告されている（2006年7月15日付ワシントンポストより）。一方、石油系有機溶剤については、光化学オキシダントの原因物質として知られている。

これら揮発性有機化合物（VOC）による環境汚染問題について、2007年6月に、京都大学で開催された「第13回 地下水・土壤汚染とその防止対

策に関する研究集会」で、株式会社イー・アール・エスの佐藤利子女史より、「ドライクリーニング溶剤による土壤・地下水汚染に対する法制度を利用した対策・管理および未然防止について」が発表された。当発表では、VOC の管理と未然防止のための法制度と取り組みが、アメリカと日本の例を対比して紹介されている。

また、ヨーロッパにおいては、塩素系有機溶剤による環境・健康被害対策に早期に取り組み、VOC の排出規制について厳しく法制度化されている。特に、ドイツでは、塩素系有機溶剤の使用制限に関する罰則規定が厳しいこともあり、1991 年に 1 万 5 千台稼働していた塩素系有機溶剤のドライクリーニング用洗濯機が、2000 年には 2720 台に激減している。

日本では、ドライクリーニングによる VOC 排出抑制は自主的な取り組みに委ねられているが、環境・健康問題がグローバル化している今日において、欧米を中心に各国に広がっているドライクリーニング溶剤使用における規制強化の動向に鑑みると、生産性を重視したドライクリーニングに頼る現状を改めて見直さなければならない時期に来ているのではないだろうか。

1-3 洗濯取扱い絵表示の改訂における商業洗濯（ウェットクリーニング）について

2014 年に予定されている JISL0217（繊維製品の取扱いに関する絵表示記号及び表示方法）の改正

（ISO 絵表示と整合化）により業者による「水洗い」、いわゆるウェットクリーニングが可能であることを示す商業洗濯取扱い絵表示（以下「ウェットクリーニングマーク」と示す）が導入される。

クリーニング業界紙（ゼンドラ新聞社「全ドラ」2012 年 7 月 1 日号トップ面）によると、『今までは、参考であったケアラベルに業者向けの表示化が初めて規定されることになり、パークや石油系ドライの表示やウェットの絵表示が登場する』とし、また、『ウェットは、普通・弱い・非常に弱いの三つの規定がある』としている。さらには、『今まで、補完的メニューとしていたウェットを単体メニューとする必要性もあり、それ以前に、ウェットの技術を備えておくことが求められてくる』とある。

この記事から理解できることは、次代を見据えた先進的な業者（プロ）においては、ウェットクリーニングを意識しており、一つの洗浄・仕上げ方法として、その準備に入っていると考えられる。

以上を考察していくと、クリーニング業の現場では、洗浄後のアイロン仕上げを考慮しつつ、いかにして纖維にダメージを与えずにシミ汚れを除去するかという「洗濯方法」を考案しなければならない。その洗濯方法は、業者によって千差万別であるが故に、ウェットクリーニングの定義を決めるることは難しいと思われる。

したがって持論ではあるが、衣服をメンテナンスする立場からすると、ウェットクリーニングマークの 3 段階絵表示の基準が、纖維への物理的機械力の強弱を評価数値（基準）で規定すれば、その評価数値に合わせて、どの洗濯方法を用いるのか、または取り入れるべきかの判断は、業者（プロ）に委ねるのが良いのではないかと思量する。

以上を考察すれば、ウェットクリーニングという言葉および定義を消費者に徹底して周知する必要があることを付記しておく。

1-4 水系洗浄（ウェットクリーニング）と仕上げの二律背反

化石資源や地球環境、健康被害、さらには建築基準法の第 48 条における第 3 種危険物取扱と都市計画法との兼合いの課題など、グローバル化が進む纖維製品（衣料）のメンテナンスを考えると、1-2 でも少し触れたように、有機溶剤（ドライクリーニング）に頼るのでなく、水という溶剤を選定しなければならなくなるのは、近い将来の必然的課題になる。

前項でも触れたように、国内の洗濯取扱い絵表示を国際整合化する場合には、商業洗濯と家庭洗濯の明確な棲み分けを図ることで、プロによるウェットクリーニングの価値が高まると考える。

これにより、プロ向けのメンテナンスが必要か、家庭向けのメンテナンスで足りるか、という各纖維製品メーカーによる製品仕様も正確になり、洗濯仕様も明確になってくる。

とは言え、水洗いやドライクリーニングを含めた既存の洗浄方法では、衣服の汚れ落ちに関する洗浄効果と、衣服の纖維と形態の維持に関する洗浄効果が二律背反して存在する。

つまり、纖維を保護し形態を崩すことなく洗い上げ、一方の仕上げ面において生産工程数もドライクリーニングに勝るとも劣らない効率を生む水系洗浄の実証実験が必要不可欠になる。

そこで、有史以来の洗浄原理である「たたく・ねじる・もむ」という方法から脱却し、「ドライクリーニング」と「水洗い」における二律背反を克

服した新しい水洗いの原理・方法を発見・発明した。

この洗浄方法では、ドラム内壁に設けられた S ラインカーブを回転し、満水にしたドラム内に複雑な流れを発生させることで、衣服が宇宙遊泳をするようにフワフワと広がる。この衣服の洗浄される様が無重力状態にあるかのように見えたことから、この洗浄方法を「無重力バランス洗浄」と名称化した。

現在において、この「無重力バランス洗浄方法」は、その原理による方法特許および装置特許を国内 (JP3841822, JP3863176) はもとより、アメリカ (US7650659, US7810361, US7823421, US8061163), ヨーロッパ (EP1860225), 中国 (CN759496), 韓国 (KR10-0839089, KR10-0820475), ロシア (RU2394118), オーストラリア (AU2006224031) など、海外でも取得しているが、原理と理論の立証の完成は見ていない。

本論では、無重力バランス洗浄方法を実機化して生産ラインに組み込み、実証実験の結果から得られた理論とその実証成果を記述する。

2. 新しい水系洗浄の方法と原理

2-1 無重力バランス洗浄方法の開発に至る経緯

京都では、一昔前まで河川で反物を流して、染めの後の余分な染料を流す、いわゆる「友禅流し」が行われていた (Fig.1)。

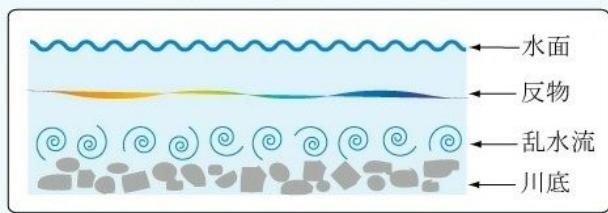


Fig.1 友禅流し（断面イメージ図）

この「友禅流し」からヒントを得て、繊維に負担をかけずに洗浄できる方法として、大量の水のなかで被洗物が自然に漂うような洗い方を考案した。しかし、一反の反物の長さは、12~13 メートルもあり、人工の河川を造るために、それ以上の長尺が必要となる。これを工場内に設置するのは実質困難であり、仮に工場内に人工の河川が造れたとしても、水量の確保や環境の問題が起きることは容易に想像された。したがって、長尺のものをわずか 60 センチメートルの円の中に縮小・縮減し、「友禅流し」と同様の効果を得られないかという発想に至った。そして、ドラムの中に水を満水に張り、その中に水の流れを作ることで被洗

物が内壁に当たることなく、ドラムの中で漂わせるという無重力バランス洗浄方法という洗浄原理を発明した…開発当初は、ドラムの回転によって遠心力が発生し、被洗物がドラム内壁に「へばり付いてしまう」ことが予測されたが、ドラム内壁の S ラインカーブによって解決された (2-2 参照)。

無重力バランス洗浄方法の開発にあたり、実際にテスト用の手回し式ドラムを製作し、5 種類の比重のボールを使い、凹凸のピッチや高さの異なる様々な S ラインカーブを描く内壁とドラムの回転速度とを組み合わせて、2295 通りのテストを行った。

このテストで、ドラム内壁における S ラインカーブの形状と回転数の組み合わせによっては、テスト用ボールがドラム内で円弧を描いて回転する様子が観測された (Fig.2)。

その結果、S ラインカーブを描く内壁と回転数の組み合わせでは、ドラムの内側に小さな水流ができる（渦界流），さらにその内側に潮目のような流れの壁（潮界流）ができることがわかった。

また、この S ラインカーブを内壁に設けたドラムにリボンを入れて回転させると、その回転数によって、リボンがドラム内で潮界流に沿って自然に広がっていく様子が観測された (Fig.3)。

さらに潮界流の内側には、被洗物が無重力状態にあるかのように漂う擬似無重力状態が発生することが発見された (Fig.4)。

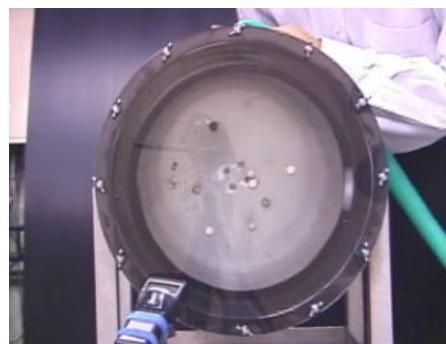


Fig.2 比重 1.0 のボールによるテスト

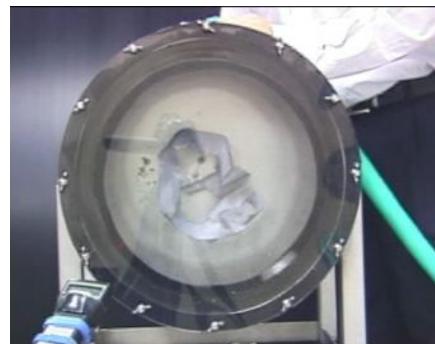


Fig.3 リボンによるテスト

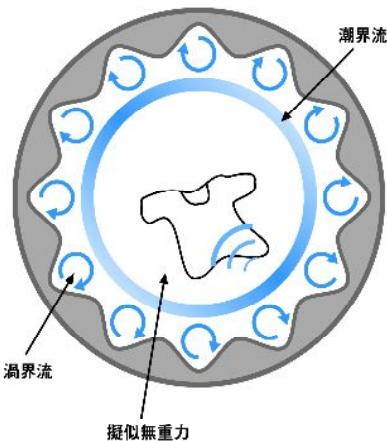


Fig.4 無重力バランス洗浄方法のドラム内模式図

2-2 無重力バランス洗浄方法の原理

手回し式ドラムを用いたテストにより、満水にしたドラム内の擬似無重力状態が、被洗物をドラム内壁に衝突させずに水中に浮遊させる洗浄（無重力バランス洗浄方法）を可能とすることがわかった。そして、この無重力バランス洗浄方法における擬似無重力状態は、ドラム内壁を構成するSラインカーブの回転により、渦界流と潮界流とが発生して形成されることも発見された。

これらの発見から、無重力バランス洗浄方法の原理は、次のように考えられる。

エスラインカーブの内壁がドラムを満水にした水中を回転するため、Sラインカーブの凸部分（突起）がドラム内壁側の水を搔くようにして、Sラインカーブの凹部分（窪み）の水をドラムの周方向に移動させる。ドラム内壁に構成されるSラインカーブは、滑らかな曲面を形成されるため、Sラインカーブの凹部分の曲面に沿うような流れが形成され、この凹部分で回転するような渦状の流れ（渦界流）が発生する。

さらに、この渦状の流れは、ドラムの周方向の回転に合わせて回転することで、ドラム内壁近傍に沿って連続した流れを形成する。このドラム内壁に沿う流れ（潮界流）がドラム内壁近傍に発生することで、ドラム内壁への被洗物の衝突が防がれる。

ドラムの内壁側にSラインカーブの回転による水流が発生する一方で、ドラムの中心側の水はSラインカーブの回転の影響を受けないため、ほぼ滞留した状態となる。すなわち、ドラムの内壁側ではドラムの周方向に沿って流速の速い流れが発生する一方で、ドラムの中心側はドラムの周方向の流れは緩くなる。これにより、ドラムの径方向

に沿って、ドラム内に流速の異なる層が発生し、潮界流の内側に圧力分布が形成される。

また、潮界流の内側領域は、流速の異なる層に基づく圧力分布による影響だけでなく、ドラムの周方向の回転による遠心力が作用する。これらの圧力分布や遠心力の作用により、潮界流の内側には、複雑な流れが発生する。

この潮界流の内側に発生する水流は、ドラムを充填させた水による浮力により水中に浮いた衣服を広げる。したがって、潮界流の内側に、衣服を浮遊させる擬似無重力状態が形成される。

このように、ドラム内に水を充満した状態で、内壁のSラインカーブを回転させることで、内壁への衣服の衝突を防ぐ潮界流を形成すると同時に、潮界流の内側に擬似無重力状態を発生し、衣服を広げるように浮遊させて洗浄する「無重力バランス洗浄方法」が実現される。

2-3 無重力バランス洗浄方法による汚れ落ち

無重力バランス洗浄方法の汚れ落ちについて検証する。無重力バランス洗浄方法の汚れ落ちを検証するため、EMPA（スイス連邦材料試験研究所）製の綿による汚染布「EMPA105（現：EMPA103）」を使用して、ドライクリーニング・無重力バランス洗浄方法・通常の水洗いそれぞれの汚れ落ちを比較した（Fig.5）。

【洗濯条件】

<ドライクリーニング>

石油系有機溶剤

洗浄時間：10分

<無重力バランス洗浄>

洗浄洗剤：日華化学「サンフレンド BX」

中性

界面活性剤：—

洗浄温度：40°C

洗浄時間：10分

ゆすぎ時間：5分

ゆすぎ回数：2回

<通常の水洗い>

洗浄洗剤：花王アタック

弱アルカリ性

界面活性剤：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ポリオキシエチレンアルキルエーテル

洗浄温度：40°C

洗浄時間：10分

ゆすぎ時間：5分

ゆすぎ回数：2回



Fig.5 人工汚染布による洗浄方法比較実験

この人工汚染布を使った洗浄実験結果から、無重力バランス洗浄方法は、通常の水洗いと比較して、汚れ落ちは劣っているが、ドライクリーニングと比較して、カーボンブラック／オリーブオイル、血液、ワインで明らかにドライクリーニングより汚れが落ちていることがわかる。

このように、無重力バランス洗浄方法は、通常の水洗いよりは洗浄力が劣るもの、ドライクリーニングよりは汚れ落ちがよい。つまり、無重力バランス洗浄方法も水洗いでであることから、ドライクリーニングで対応できなかつた汚れを落とすことが可能であることがわかる。

2-4 繊維への影響の有無(第三者機関による評価 その1)

無重力バランス洗浄方法による繊維への影響の有無について、2006年、ドイツNRW州立ニーダーライン大学に試験を依頼した。

その内容は、シルクおよびウール素材に、ワイン、ケチャップ、潤滑油、血液、化粧品、標準的な汚れを大学で付与したものを、無重力バランス洗浄方法で洗浄したあとの、汚れの除去度合い、繊維の損傷、風合い、通気性等々の物性試験をおこなつたものである。その試験結果は、以下のとおりである。

(1) 走査型電子顕微鏡による検査

シルクについて、通常の水洗いをおこなった場合、繊維表面の外観が大きく変化するはずだが、無重力バランス洗浄方法では、洗浄前後で外観の変化はほとんど見られなかった。また、ウールについても損傷や変化の痕跡を残すことなく、すべての汚れのタイプが洗浄によりきれいになっている。

(2) 表面粗さ

ウールおよびシルクとともに、洗浄前と比べて、摩擦係数はまったく変わらなかった。

(3) 曲げ特性

ウールにおいて、クリーニング工程による変化は認められない。また、シルクに関しては、洗浄前よりも柔軟性を増している。

(4) 弹性特性

弾性特性について、ウールおよびシルクとともに、洗浄前と比べて、ほとんど変化しなかつた。

(5) 通気性

ウールについては、洗浄前と比べてあまり変化しなかつた。シルクについて、洗浄前と比べて、低下していることが確認された。(現在では、この課題は解決している。)

以上(1)～(5)の結果より、無重力バランス洗浄方法はほとんど繊維に影響を与せず、風合いもそのままで、繊維の特性がほとんど変化していないと評価された。

2-5 形状の変化の有無(第三者機関による評価その2)

無重力バランス洗浄方法の繊維に与える損傷度合について、2006年、ドイツのホーエンシュタイン研究所に測定評価を依頼した。

同研究所は当社に対し、アパレルメーカーが「水洗い不可」としたウール素材のメンズ、スーツ1着、ウールレーヨン混防素材のレディス、ジャケットとスカート各1着、合計4着を試験材として提供してきた。

同研究所の評価試験では、収縮と表面構造において起こり得る変化を評価する目的で、上記洋服4着の試験材を用いた事前予備調査を実施した。事前予備調査において、試験材は、未処理の新品状態で、まずホーエンシュタイン研究所で採寸される。そして、当社で各試験材に対して無重力バランス洗浄方法による水洗い5回とプレスを行い、その後同研究所で再度採寸し、変化が認められるかどうかを調査した。

その後に、これらの試験材について、寸法の変化、プレス仕上げの質および表地と裏地の双方における表面品質の変化について評価を行った。これらの評価について、ホーエンシュタイン研究所代表のSchloss Hohenstein氏から2006年9月16日付けに受け取った評価証は、以下のとおりである。

(1) 寸法の変化

洋服寸法の変化はすべて、たて方向、よこ方向ともにごくわずかで、有機溶剤を用いた洗浄処理の場合の通常許容範囲内に収まっている。

(2) プレス仕上げの質

洋服はすべて美しくプレスが掛けられている。

(3) 洋服の外観

それぞれの繊維表面は、新品と比較して、まったく、もしくは、ごくわずかしか変わらない。

それぞれの洋服の裏地には、若干のシワが見られる。これは、水に曝したことによって繊維が膨潤した結果であり、水洗い中に衣類にかかった機械力とは無関係である。

(4) 評価

この水系洗浄方法で洗浄した洋服は、有機溶剤を用いて洗浄した繊維と比較して、許容範囲を超

える寸法変化も肉眼で確認できるいかなる変化も見られない。

このホーエンシュタイン研究所の試験結果により、無重力バランス洗浄方法を用いて洗浄した場合、形状の変化がなく洗浄でき、ドライクリーニングで洗浄した場合と、同程度の洗いあがりを実現していることが証明されたものと考えられる。

3. 繊維を傷めない水系洗浄

3-1 洗濯機による機械力の測定

既存の水洗い用の洗濯機は、ドラム式、アジテータ式、パルセータ式の3種類の洗濯機に分類されるが、いずれの種類の洗濯機も、「たたく・ねじる・もむ」という機械作用に基づいて、洗濯時の洗浄力を得ている。この洗濯機による機械作用は、洗浄効果を高める一方で、衣服の繊維に損傷を与えるという欠点がある。

洗濯機による衣服が受ける機械作用を評価する方法として、デンマーク技術研究所(Danish Technological Institute, Clothing and Textile Institute: 以下DTIと示す)で開発されたMA(Mechanical Action)2)~4)がある。

3-2 水洗いによる衣服へのダメージ

水洗いによる衣服の繊維に与える負担を検証するため、DTIのMA布を使用して、洗濯機の機械作用を測定した。

測定に使用した洗濯機は、日本プレス製作所社製のドラム式洗濯機(IDEAL180A)とし、以下の2条件で測定した。

【条件1】ドラム内の洗浄液を深度3~4(約50~60ℓ)にした状態で、常温の水による10分間の搖すり洗いを行った後、タンブル乾燥。

【条件2】ドラム内の洗浄液を深度3~4(約50~60ℓ)にした状態で、常温の水による10分間の搖すり洗いを行った後、自然乾燥。

結果、機械作用の弱い水洗いで行った場合であっても、条件1のようにタンブル乾燥を行うと、MA値は64となり、繊維へのダメージが大きいことがわかった(Fig.6)。

それに対して、条件2のように自然乾燥を行った場合、MA値が55となり、タンブル乾燥に比べて小さくなるものの、やはり繊維へのダメージは小さくない(Fig.7)。

また、家庭用洗濯機として、Panasonic 社製のパルセータ式洗濯機（NA-F70PX6）を用いて、以下の条件 3 による洗濯条件で DTI の MA 布による測定を行ったところ、ほつれた部分の糸がほぼ切断され、測定不能となった (Fig.8) .

【条件 3】浸け置き洗いコースにより常温の水で 10 分間のソフト洗浄を行った後、自然乾燥。

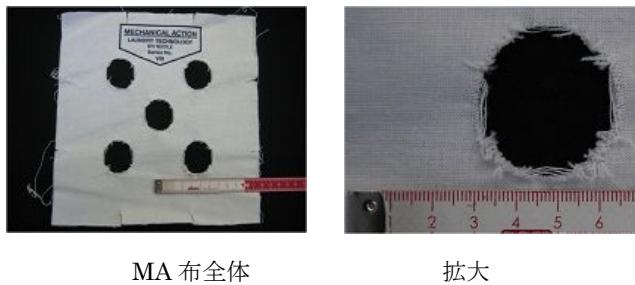


Fig.6 条件 1 の水洗いをした DTI の MA 布

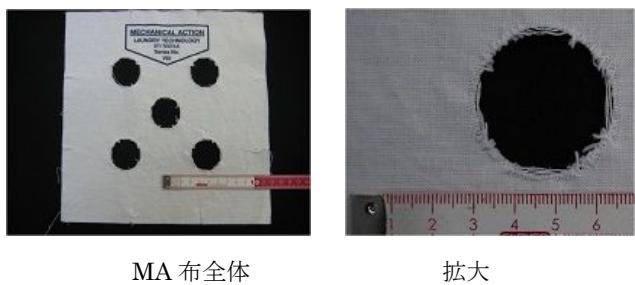


Fig.7 条件 2 の水洗いをした DTI の MA 布



Fig.8 条件 3 の水洗いをした DTI の MA 布

これらの DTI の MA 布を使った試験から、水洗いでは、衣服にやさしいとされるソフトな洗浄を行ったとしても、繊維に与えるダメージは大きいことがわかる。

3-3 衣服へのダメージを低減するドライクリーニング

上記の試験結果からも明らかなように、既存の洗濯機による水洗いでは、衣服にやさしい洗濯条

件であっても、その洗浄効果を得るために機械作用が必要となるため、繊維にダメージが与えられる。その一方で、ドライクリーニングは、水洗いと異なり、繊維の収縮や膨潤がなく、洗浄による繊維へのダメージが小さいとされる。

そこで、繊維に与えるダメージについて、水洗いと比較するために、ドライクリーニングにおいても、DTI の MA 布による測定を行った。測定に使用した洗濯機は、日本プレス製作所社製のドラム式洗濯機（AUTOSOL251A）である、また、その溶剤に石油系溶剤（日本石油化学社製、ニューソル DX ハイソフト）を使用して、10 分の洗濯を行った後、自然乾燥により乾燥させた。

結果、MA 値は 13 となり、ほつれた糸の本数がほとんどなく、繊維に与えるダメージが格段に小さくなることがわかった (Fig.9) .

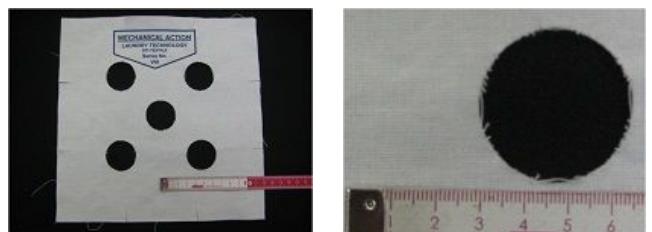


Fig.9 ドライクリーニングした DTI の MA 布

3-4 無重力バランス洗浄方法による衣服へのダメージの検証

水洗いは、ドライクリーニングに較べて、環境に優しく汚れがよく落ちるもの、繊維を傷めるだけでなく、衣服形態の安定性や風合いを損なうため、「洗う」という作業コストと仕上げる作業コスト、いわゆる生産性の低さに多くの問題点がある。一方、ドライクリーニングは、「形状変化させない、素材特性を変化させない」ことが長所となっている。

このことから、水系洗浄にドライクリーニングの長所を取り入れることで、繊維を傷めず、汚れ落ちもよい水系洗浄が実現できる。つまり、ドライクリーニングにおける MA 値「10」以下となる水系洗浄を実現することで、「ドライクリーニング」と「水洗い」における二律背反の問題を克服できる。

そこで、新しく発明した原理による水系洗浄「無重力バランス洗浄方法」について、その衣服の繊維に与える機械作用を検証するため、DTI の MA 布を用い、株式会社ハッピー社内の無重力バラン

ス洗濯機を使用して、条件2と同様、常温の水で10分の洗濯を行った後、自然乾燥により乾燥させた。

結果、MA値は5となり、MA布におけるほつれた糸の本数がまったくなく、ドライクリーニングと比べても、繊維に与えるダメージが小さくなることがわかった（Fig.10）。

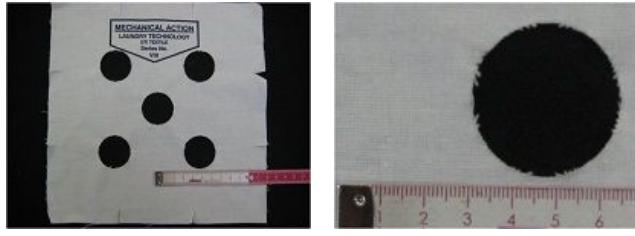


Fig.10 無重力バランス洗浄方法によるDTIのMA布

このように無重力バランス洗浄方法は、水を用いた洗浄であるにもかかわらず、繊維へ与えるダメージがドライクリーニングよりも小さいことがわかる。つまり、無重力バランス洗浄方法は、繊維へのダメージを抑え、衣服のシルエットと風合いを維持させる洗浄といえる。

4. 「無重力バランス洗浄方法」のまとめ

4-1 無重力バランス洗浄方法の洗浄効果

「無重力バランス洗浄方法」により、従来の水洗いの欠点を打ち消し、ドライクリーニングの長所を取り込むことに成功した。

例えば、背広の場合、表地がウール、芯地に綿・ウール、裏地にレーヨンというように、生地が複合的に使われているが、「無重力バランス洗浄方法」なら、どの素材も収縮しないために、型が崩れず、風合いを損なわずに洗える。さらに、ドライクリーニングに匹敵する生産性を保ちながら、水洗いのメリットである汚れ落ちを実現できる。

従来型の水洗い洗濯機では、ドラムに3割ほど水（浴比1:3～4）を入れて回転させて洗浄するため、洗濯物はねじれ、丸まり、ドラムの内壁に叩きつけられる。これが生地の「収縮」と「傷み」を生み、そして、シルエットを崩す原因になっていた。

一方、無重力バランス洗浄方法は、上述したように、「擬似無重力」の状態で洗うため、水による洗浄であっても、ねじれず、丸まらず、生地を傷めることがない。つまり、「無重力バランス洗浄方法」の場合、物理的機械力が一切加わること

がなく、ドライクリーニングと同程度の洗い上がり感が出せる。

しかも、擬似無重力状態の中で洗浄（水の極小脈動）することにより、被洗物である衣服は大きく広がるため、衣服における界面活性剤と触れ合う面積が大きくなり、高い洗浄効果が得られる。また、いわゆる物理的機械力が加わらないことで、シルクやウールなどの動物繊維の洗浄に適しているといえる。「無重力バランス洗浄方法」は、水洗いの長所である「洗浄力」を引き出した上で、ドライクリーニングよりも、風合いや手触り感が良くなる。

従来の水洗いと「無重力バランス洗浄方法」とで実際にジャケットを洗浄した結果を比較してみると、その洗浄結果は、Fig.11及びFig.12に示すように、明らかに違いがある。

従来の水洗いでは、「収縮」と「傷み」がおこり、シルエットが崩れている。一方、「無重力バランス洗浄方法」は繊維に対する影響がほとんどないため、ドライクリーニングと同程度の洗い上がり感が出せる。



Fig.11 ジャケットによる洗浄比較結果1
無力洗浄方法 従来の水洗い



従来の水洗い 無重力洗浄方法
Fig.12 ジャケットによる洗浄比較結果 2

4-2 各洗浄による仕上げ時間の比較

上記の DTI の MA 布を使用した試験結果から明らかのように、従来の水洗いは、水により繊維が膨潤することから、繊維へのダメージが大きい。これに加え、従来の水洗いは衣類の目詰まりや型くずれを起こし、収縮・膨潤して風合いを損なうという欠点があるだけでなく（浸漬する手洗いの方法でも繊維特性の変化、形状変化が発生する）、繊維素材のもつ性格・特徴をなくしてしまうことも問題である。

これらの理由から、水洗いした衣類を元のカタチに戻すことは大変困難であり、仮に戻せたとしても、ドライクリーニングの約 40 倍の時間がかかる。以下に、実際に背広の仕上げ時間を比較した結果を示す。

- ・ドライクリーニングの場合…約 3 分
- ・水洗い（浸漬）の場合 …約 120 分

このように、水洗いはドライクリーニングに比べて仕上げの生産・作業性が極端に悪くコストが見合わない。そのため、水洗いは環境の面でも洗浄効果の面でも、ドライクリーニングより格段に優れているにもかかわらず、クリーニング業界から敬遠されていた。

一方、無重力バランス洗浄方法により洗浄した背広の仕上げ時間は、約 15~20 分となり、ドライクリーニング（約 3 分）の場合と比べて、5~7 倍の時間がかかるものの、既存の水洗い（約 120 分）と比べると、大幅に時間が短縮される。

4-3 水系洗浄を工業化（インダストリアル化）

上述したように、既存の水洗いの作業工数は、ドライクリーニングに比べると作業時間で約 8 倍、コスト的に比較すると、約 20 倍の時間が必要であり、その生産効率が非常に悪い。

水洗いは、環境の面でも洗浄効果の面でも、ドライクリーニングより格段に優れていることがわかっているながら、敬遠されるのは、この生産効率の問題と、手作業の割合が多いことによる、品質の均質化と安定化が難しいという点にある。

しかしながら、「無重力バランス洗浄方法」では、従来の水洗いや手洗いと違って、繊維に対する影響がほとんどなく、ドライクリーニングと同程度の洗い上がり感が出せる。これにより、ドライクリーニングに近い工数で作業を行うことができるだけでなく、品質の均質・安定化にもつながった。

このように、「無重力バランス洗浄方法」は今まで難しいとされていた、作業時間の短縮と品質の均質・安定化を実現し、「水系洗浄」の工業化を可能にした。

5. 結び

前述してきたように、水洗いは、汚れ落ちに関してドライクリーニングよりも洗浄効果が高いにもかかわらず、その洗浄後の形態変化が大きいだけでなく、繊維そのものにも大きいダメージを与える。この水洗いの欠点は、機械作用を与えない浸け置き洗いであっても、浸け置きした衣服を引き上げるだけで、衣服に含まれる水の重力で形態が崩れてしまうように、水系洗浄の大きな課題であった。

これに対して、当社が発明した無重力バランス洗浄方法は、DTI 製の MA 布の結果から、ドライクリーニングよりも衣服に優しい洗浄であることがわかると同時に、EMPA 製の汚染布によるテストの結果からは、汚れを十分に落とす洗浄効果があることがわかった。つまり、無重力バランス洗浄方法は、洗浄後の形態変化についてドライクリーニングと同等の洗い上がり感を出せると同時に、衣服における汚れの多くを落とすことができ、ドライクリーニングと水洗いの二律背反を克服したものと言える。

この無重力バランス洗浄方法の開発によって、今まで水で洗うことの出来なかった着物（仕立てのまま）やベルベット（仕立てのまま）が水で丸洗いできるようになった。着物については、明治

時代から 100 年以上前に仕立てられた正絹の着物を無重力バランス洗浄方法で洗浄したところ、その縫い糸や生地を傷めることなく洗い上げ、仕立てた当時の発色も復元させた。

現在、当社工場で、独自に開発した 2 台の無重力バランス洗浄方法用の洗濯装置が生産ラインに組み込まれて稼動している。このように、生産工程に、衣服の形態を損なうことのない無重力バランス洗浄方法を組み込むことで、洗浄後の仕上げ工程における作業効率を上げることに成功した。これにより、当社工場の生産性を当社比で 50% アップさせると同時に、その生産コストを当社比で 30% ダウンさせることを実現している。

この機械作用に頼らない無重力バランス洗浄方法のように、繊維を傷めることのない水系洗浄を普及させることにより、今までメンテナンスできなかつたものを「もう一度キレイに仕上げる（再現・復元・修復）」ことができ、消費者に衣服を長く楽しんでもらうことができる。つまり、無重力バランス洗浄方法であれば、上質でデザイン性に富んだ衣服であっても、そのシルエットを崩さずにキレイに洗い上げることができるため、メンテナンスできないことで敬遠されつつあった上質

で高級な衣服（高付加価値商品）の購入を喚起し、アパレル業界・繊維業界・流通小売業界などにおける市場の再活性化に貢献できると考えている。

そして最後に、ドライクリーニングから水系洗浄へシフトすることは、ドライクリーニングで問題となっている地球環境汚染や健康被害に対する新たな取り組みとして世界規模で求められるという予測から、今後もさらなる水系洗浄の技術品質向上に努めていきたい。

文献

- 1) 橋本英夫 ; 繊維機械学会誌, Vol.60, No.4, p209 (2007)
- 2) Frantz Szaraz, 'The mechanical action in washing machines - MA test Piece instruction and application', Danishtecnological institute,11 (1982)
- 3) Ebbe Hilding-Hansen, Franz Szaraz,Jesper Blom-Hansen, 'Mechanical action in the washing process',Textile Rental Magazine,106-111(1984)
- 4) 片山倫子, 船橋良, 藤川尚子, 小澤玲子, 「MA 値による機械作用の評価」, 家政学会誌, 54 [6] , 477-483 (2003)



橋本 英夫

蒸気の流体制御機器の設計等、技術者としてメーカー勤務を経て独立。1975 年 ECC ハシモトを設立、石油系溶剤浄油再生装置を開発。1979 年、㈱京都産業を設立、クリーニング店の経営に乗り出す。2002 年、㈱ハッピーを設立。従来のクリーニングの概念から脱却した「ケアメンテ」という新業態を創出。2005 年、一般消費者への啓蒙活動団体として NPO 法人日本洗濯ソムリエ協会を設立。2011 年、経済産業省サービス工学推進委員会の委員に就任。主な著書：「小さな会社の負けない発想」（致知出版社）、「サービス業の底力」（ダイヤモンド社）、「捨てない生き方」（ダイヤモンド社）。