

ウェットクリーニングの新概念

『無重力バランス洗淨方法』の検証と考察

平成 24 年 8 月 7 日

株式会社ハッピー

代表取締役 橋本 英夫



ケアメンテ
Carementeh

もくじ

1. はじめに	2 ページ
2. 新しい水系洗浄の方法と原理	3 ページ
2-1. 『無重力バランス洗浄方法』の開発に至る経緯	3 ページ
2-2. 『無重力バランス洗浄方法』の原理	4 ページ
3. 『無重力バランス洗浄方法』実機による洗浄効果を調べる実験	5 ページ
3-1. 洗浄条件	5 ページ
3-2. 繊維製品に対する「汚れ落ち効果」テスト (①) の結果	6 ページ
3-3. 繊維製品に対する「損傷測定」テスト (②) の結果	7 ページ
3-3- (1). D T I 製のMA試験布「5 hole」の洗浄結果	8 ページ
3-3- (2). EMPA製の試験布「EMPA 306 (Poka Dot)」の洗浄結果	10 ページ
3-3- (3). 補足実験	11 ページ
3-4. 繊維製品に対する「汚れ落ち効果」および「損傷測定」テスト結果のまとめ	12 ページ
4. 繊維製品 (衣服) への損傷度合いを測定する実験結果	14 ページ
5. まとめ (『無重力バランス洗浄方法』についての考察)	17 ページ

ウェットクリーニングの新概念

『無重力バランス洗淨方法』の検証と考察

株式会社ハッピー

代表取締役 橋本 英夫

1. はじめに

日本では、ドライクリーニングによる揮発性有機化合物（VOC）の排出抑制は自主的な取り組みに委ねられている。しかしながら、環境や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揮発性有機溶剤の使用規制強化の動向を鑑みると、衣服のメンテナンス業者は生産性における効率性を重視した「ドライクリーニング」から、繊維の品質を重視した「水洗い」へ移行する取り組みを改めて始めなければならない時期にきている。

「水洗い」は「ドライクリーニング」よりも衣服の繊維やシルエットに大きな損傷（ダメージ）を与えるという欠点がある。よって、衣服の繊維やシルエットの維持に関しては「ドライクリーニング」が有効であり、生産性は「水洗い」よりも高いと言える。しかしながら、衣服の汚れ落ちに関しては「水洗い」に勝るものではなく、その反面において汚れ落ちが良くないのが「ドライクリーニング」である。

このように既存の「水洗い」と「ドライクリーニング」の洗淨方法では、衣服の汚れ落ちに関する洗淨効果と、衣服の繊維やシルエットの維持に関する洗淨効果が二律背反として存在する。

つまり、繊維製品に損傷を与えることなく、また、汚れ落ちに関して一定以上の効果が期待でき、さらに地球環境（CO2 削減、省エネ）や人体に優しい溶剤が必要不可欠となるが、これらの条件を同時に全て満たす溶剤は現存しない。しかし、繊維製品に損傷を与えず、シルエットを崩さないで洗うことができ、且つドライクリーニングと同等の生産性が上がるのであれば、「水」以上に有効な溶剤は見当たらない。

そこで、当社では、有史以来の洗淨原理である「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、『無重力バランス洗淨方法』という新しい水洗いの原理・方法を世界で初めて発明した。

この洗淨方法は、繊維を保護しシルエットを崩すことなく洗い上げ、アイロンによる仕上げの生産工程数もドライクリーニングと同等の効率を生むことを可能にしている。

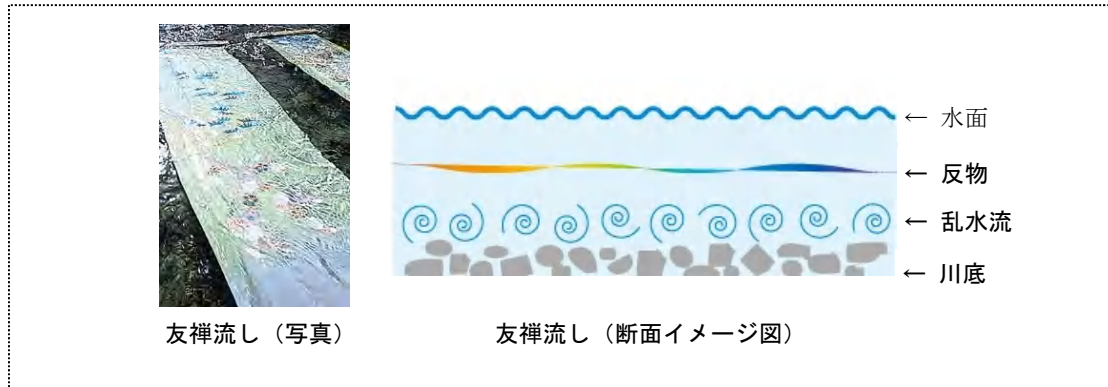
また、この『無重力バランス洗淨方法』は、日本国内はもとよりアメリカ、ヨーロッパ、中国、韓国、ロシア、オーストラリアなどの海外においても、原理による方法特許および装置特許を取得している。

本論では、『無重力バランス洗淨方法』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について記述する。

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、着物になる前の反物を河川に流して、染めの後の余分な染料を洗い流す、いわゆる「友禅流し」が行われていた（【Fig.1】）。



【Fig.1】 友禅流し

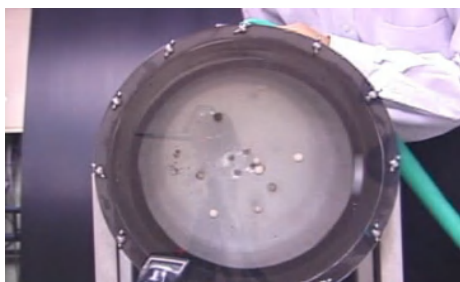
この「友禅流し」からヒントを得て、繊維に負担をかけずに洗浄できる方法として、大量の水の中で被洗物が自然に漂うような洗い方を考案した。しかし、一反の反物の長さは12～13メートルもあり、人工の河川を造るためには、それ以上の長尺設備が必要となる。これを工場内に設置するのは困難であり、仮に工場内に人工の河川が造れたとしても、水量確保の問題が起きることは容易に想像された。よって、このような十数メートルもある長尺のものを、わずか60センチメートルの円の中に収めて「友禅流し」と同様の効果を得られないかという発想に至った。

そうして、ドラムの中に水を満杯に張り、その中に水の流れを作ることによって被洗物が内壁に当たることなく、ドラムの中心付近で漂わせる『無重力バランス洗浄方法』という洗浄原理を発明した。

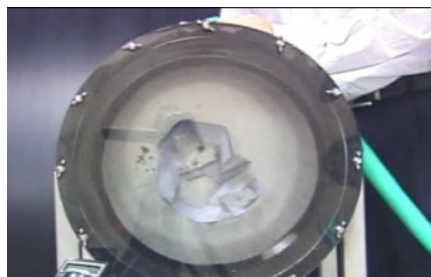
『無重力バランス洗浄方法』の考案段階では、ドラムの回転によって遠心力が発生し、被洗物がドラム内壁に「へばり付いてしまう」ことが予測されたが、ドラム内壁の形状をSラインカーブ状にすることによってこれを回避することができた。

この『無重力バランス洗浄方法』の実機開発にあたり、まずは手回し式のドラム機（実験機）を製作した。ピッチや高さが異なる多種類の着脱可能なSラインカーブ状の内壁を製作し、ドラムの回転速度とを組み合わせ、2295通りのテストをおこなった。そして、各テストにおいて投入した比重の異なる5種類のボールが、水中でどのような動きをするかを確認した結果、投入したボールが内壁に当たることなく、ドラム内で円弧を描いて回転する様子が観測されたパターンを発見した（【Fig.2】）。

また、同テストパターンでドラム内にリボン投入して回転させると、リボンは内壁にへばり付くことなく、ドラム内で広がりながら漂い、回転する様子が観測された（【Fig.3】）。



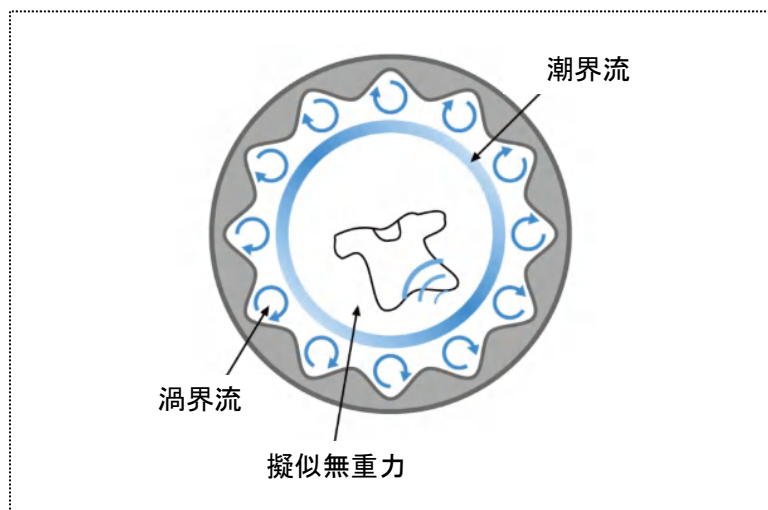
【Fig.2】比重が異なるボール投入によるテスト



【Fig.3】リボン投入によるテスト

2-2. 『無重力バランス洗浄方法』の原理

以上の実験結果から、『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（【Fig.4】）。



【Fig.4】無重力バランス洗浄方法のドラム内模式図

Sラインカーブ状の内壁が水中を回転することにより、ドラム内壁の凸部分（突起）が水を掻くようにして、ドラム内壁の凹部分（窪み）の水をドラムの回転方向に押し出す。ドラム内壁に構成されるSラインカーブは、滑らかな曲面で形成されているため、Sラインカーブの凹部分の中で回転するような小さな渦状の流れ「渦界流」が発生する。

さらに、この渦状の流れは、ドラムの回転によって、ドラム内壁近傍に沿って連続した流れ「潮界流」を形成する。このドラム内壁に沿う流れ「潮界流」がクッションの役割を果たし、水中の被洗物がドラム内壁へ衝突するのを防ぐ。

ドラム内の中心付近は、Sラインカーブ状の内壁の回転による水流の影響を受けないため、ほぼ滞留に近い状態となる。すなわち、ドラムの内壁付近では速い水流が発生している一方で、ドラムの中心付近は滞留に近い緩やかな水流が形成される。これによって、ドラム内に流速の異なる層が発生し、潮界流の内側には圧力差が分布する。

また、潮界流の内側領域は、流速の異なる水の層に基づく圧力分布の影響だけでなく、ドラム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水流が発生する。

この潮界流の内側に発生する複雑な水流は、ドラム内に充満させた水による浮力により、水中に浮いた衣服を広げながら浮遊させる擬似無重力状態を形成している。

つまり、ドラム内に水を充満させた状態で、Sラインカーブを描く内壁を一定の条件のもとに回転させると、ドラムの内側にできる小さな水流「渦界流」と、内壁への衣服の衝突を防ぐ「潮界流」が発生し、ドラム中心付近では、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」を形成していると考えられる。

3. 『無重力バランス洗浄方法』実機による洗浄効果を調べる実験

3-1. 洗浄条件

当社で独自に開発した『無重力バランス洗浄方法』の実機による実際の洗浄効果を、ドライクリーニングと比較するために、次のとおり①および②のテストをおこなった。

①繊維製品に対する「汚れ落ち効果」テスト

②繊維製品に対する「損傷（ダメージ）測定」テスト

なお、①および②の「洗浄条件」については、いずれも下記のとおりである（【Fig.5】）。

洗浄 パターン	洗浄方法	洗浄			すすぎ		脱水時間	乾燥方法
		温度	時間	洗剤	時間	回数		
1	ドライクリーニング ※1	27℃	10分	-	-	-	7分	自然乾燥
2	水洗い 『無重力バランス 洗浄』	25℃ (常温)	15分	市販洗剤 ※2	5分	2回	2分	強制乾燥
3		30℃	15分	市販洗剤 ※2	5分	2回	2分	強制乾燥
4		40℃	15分	市販洗剤 ※2	5分	2回	2分	強制乾燥
5		40℃	15分	当社開発洗剤 α(アルファ)	2分	4回	2分	強制乾燥

※1 ドライクリーニングについて

石油系溶剤：新日本石油株式会社製「ニューソルD Xハイソフト」

ソープ：ゲンブ株式会社製「ゲンブクリーンK2 プラス」 ソープ濃度：0.3%

※2 市販洗剤について

衣料用軽質洗剤（中性）：市販洗剤「衣料用軽質洗剤“E”」

無重力バランス洗浄での使用量：各 300cc

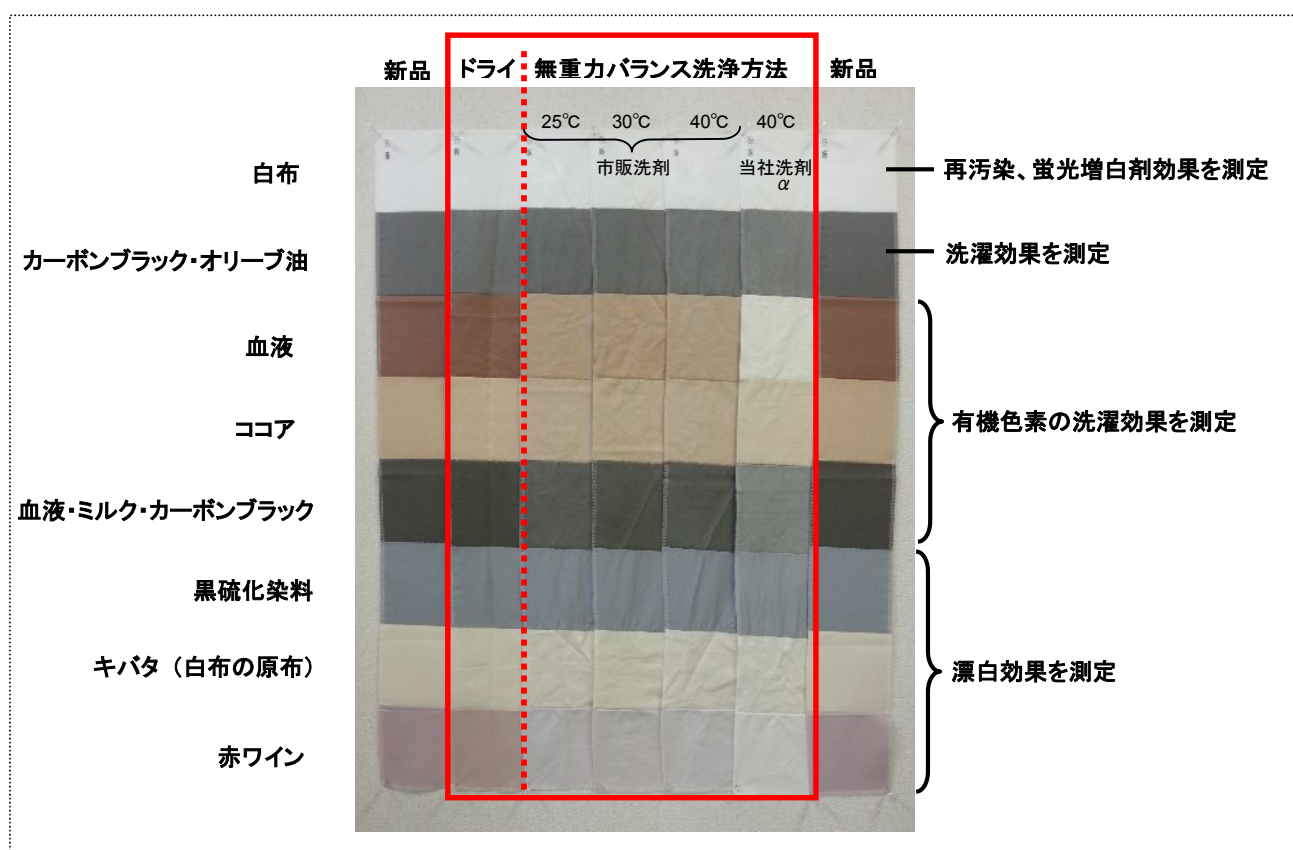
【Fig.5】 ①および②の洗浄条件

3-2. 繊維製品に対する「汚れ落ち効果」テスト (①) の結果

この洗浄テストにおいては、EMPA (スイス連邦材料試験研究所) 製の汚染布「EMPA103」を、【Fig.5】の各洗浄パターンにおいて2枚ずつ同時に投入し、目視【Fig.6】および、測定装置で測定した洗浄力数値【Fig.7】によって比較をおこなった。

EMPA103 洗浄結果の目視比較【Fig.6】によると、ドライクリーニングの洗浄結果は、洗浄していない新品の汚染布と比べてほとんど汚れ落ちに変化が見られない。

そして、ドライクリーニングと『無重力バランス洗浄方法』による洗浄結果を比較すると、『無重力バランス洗浄方法』で洗浄した汚染布の方が、明らかに汚れが除去されていることがわかる。さらに、『無重力バランス洗浄方法』で洗浄した各汚染布を比較すると、洗浄温度が高いものほど、汚れが除去されていることがわかる。特に、当社開発の洗剤「 α (アルファ)」を使用して洗浄した汚染布は、他の洗浄パターンの汚染布よりも圧倒的に汚れ落ちが良いことがわかる。

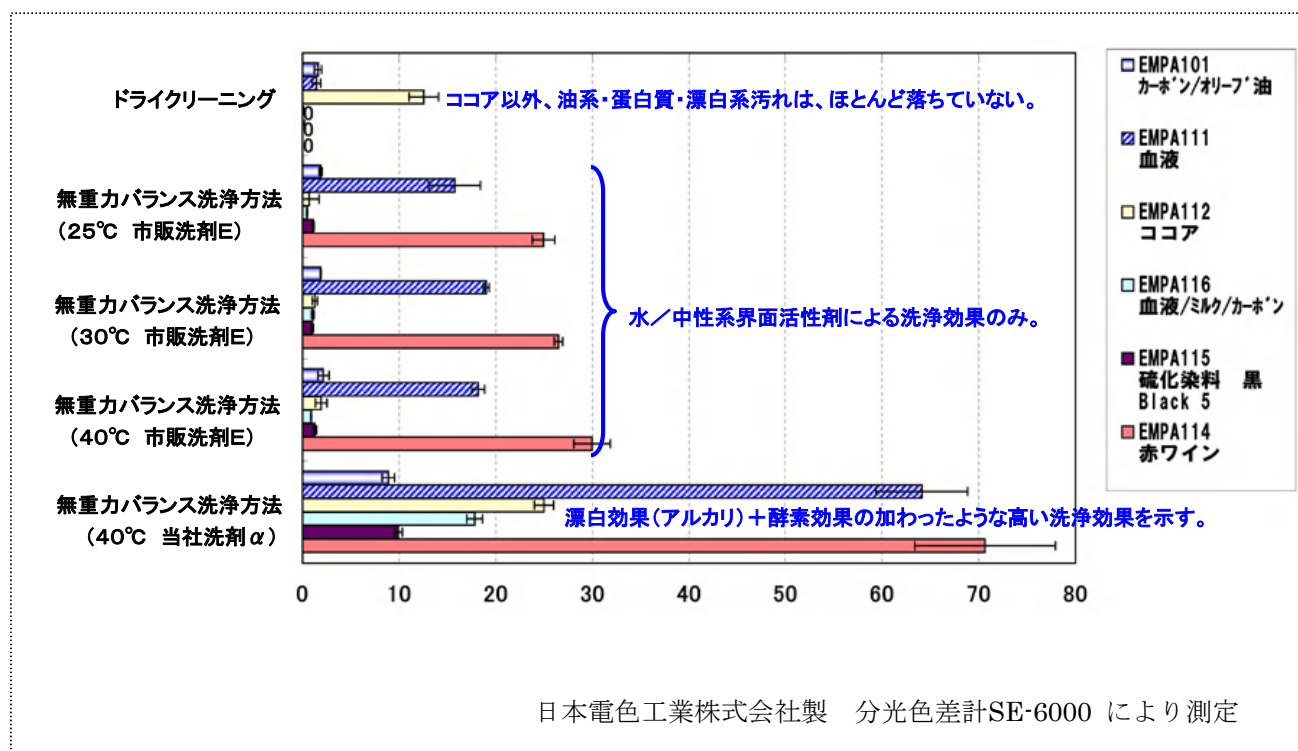


【Fig.6】EMPA103 洗浄結果 (目視比較)

次に、EMPA103 測定装置で測定した洗浄力数値【Fig.7】によると、ドライクリーニングではココア以外の油系・蛋白質・漂白系汚れはほとんど落ちていないのに対し、『無重力バランス洗浄方法』では血液や赤ワインの汚れが特によく落ちていることがわかる。また、『無重力バランス洗浄方法』の各洗浄パターンによる洗浄結果を見ると、洗浄温度が高いものほど汚れ落ち効果が高くなっていることがわかる。

さらに、当社開発の洗剤「 α (アルファ)」と組み合わせた洗浄結果では、すべての種類

の汚れに対して高い汚れ落ち効果を示しており、特に血液や赤ワインに対しての汚れ落ち効果は、他のどの洗浄条件よりも高いことが明らかである（なお、除去した汚れによる逆汚染の影響がないことも確認されている）。



【Fig.7】 EMPA103 洗浄結果（分光色差計による測定値の比較）

以上の結果より、水洗いである『無重力バランス洗浄方法』は、ドライクリーニングに比べて、汚れ落ち効果が高いことが実証された。

なお、『無重力バランス洗浄方法』においては、当社開発の洗剤「α（アルファ）」と組み合わせる洗浄がもっとも高い汚れ落ち効果が得られるが、ドライクリーニングと比較する限りにおいては、市販洗剤との組み合わせによる汚れ落ち効果も十分に期待できる結果となった。

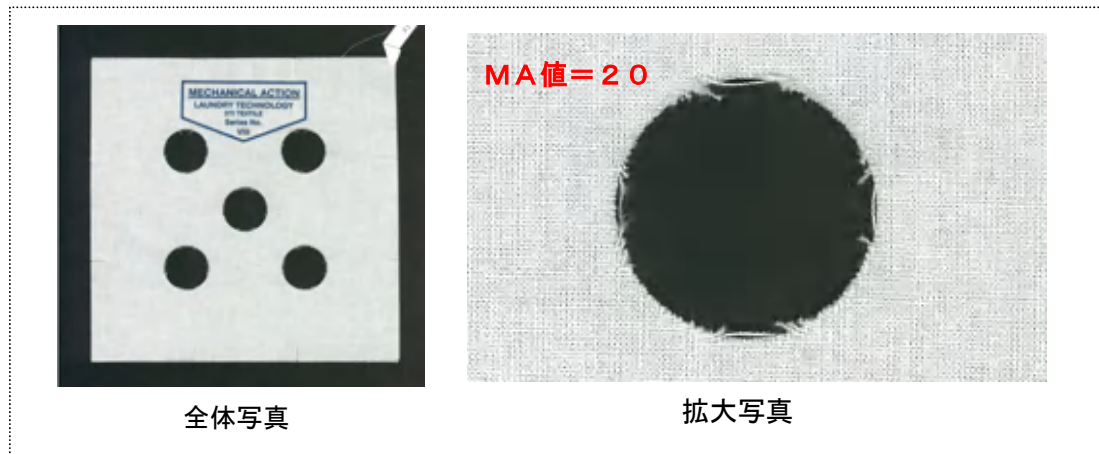
3-3. 繊維製品に対する「損傷測定」テスト（②）の結果

この洗浄テストにおいては、被洗物に対する機械力（摩擦力）など、繊維の損傷度を測定するため、DTI（デンマーク技術研究所）製のMA試験布「5 hole」および、EMPA（スイス連邦材料試験研究所）製の試験布「EMPA306(Poka Dot)」を用いて実験をおこなった。

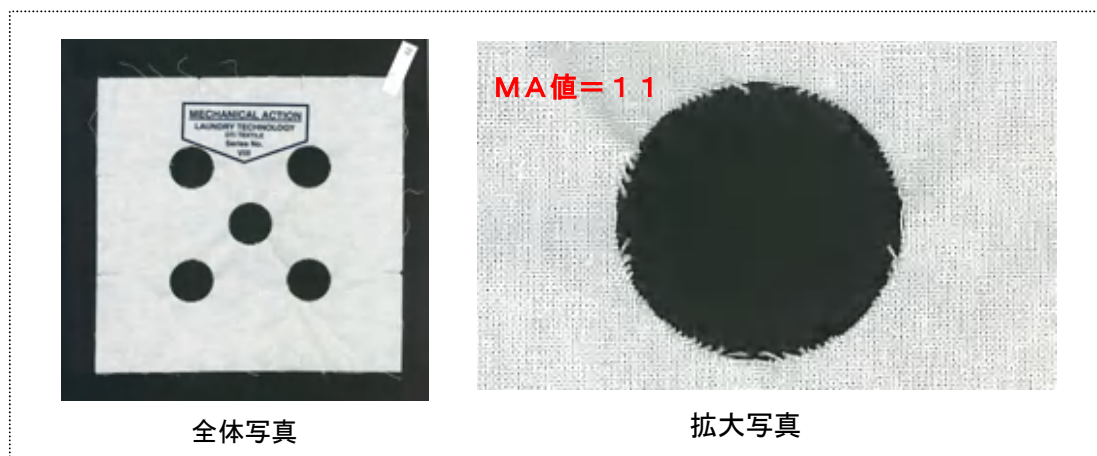
【Fig.5】の各洗浄パターンにおける被洗物として、裏地付きの背広上着（ウール 100%）計 5 着を同時に投入し、そのうち 1 着にMA試験布「5 hole」1 枚と、「EMPA306(Poka Dot)」2 枚を縫い付けて、被洗物に対する繊維の損傷度を比較した。

3-3-(1). D T I 製のMA試験布「5 hole」の洗浄結果

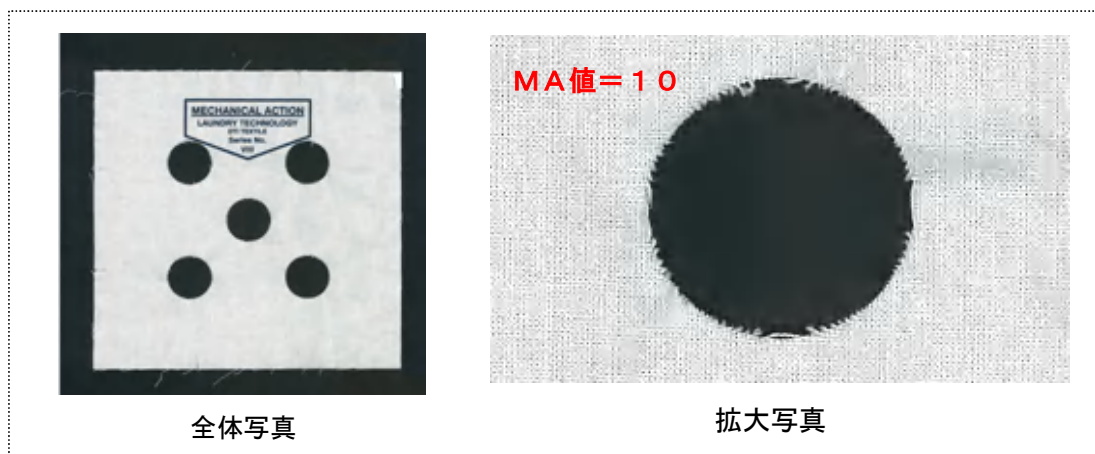
MA試験布「5 hole」は、洗濯における摩擦+歪み（剪断）による機械力値を測定するための試験布である。D T I 規定の性能を有す一定条件の平織り綿白布に、直径 35 mmの穴が 5箇所打ち抜かれており、これを被洗物と共に洗浄することによって、打ち抜かれた 5 個の穴の縁からほつれ出て、且つ、繋がった状態のタテ糸およびヨコ糸の本数を目視で計測し、その合計本数を MA（メカニカルアクション）値とするものである。この MA 値が大きいほど機械力が強いことを示し、すなわち繊維の損傷度高いことを意味する。【Fig.5】の各洗浄パターンによって得られた MA 値は次のとおりである（【Fig.7～11】）。



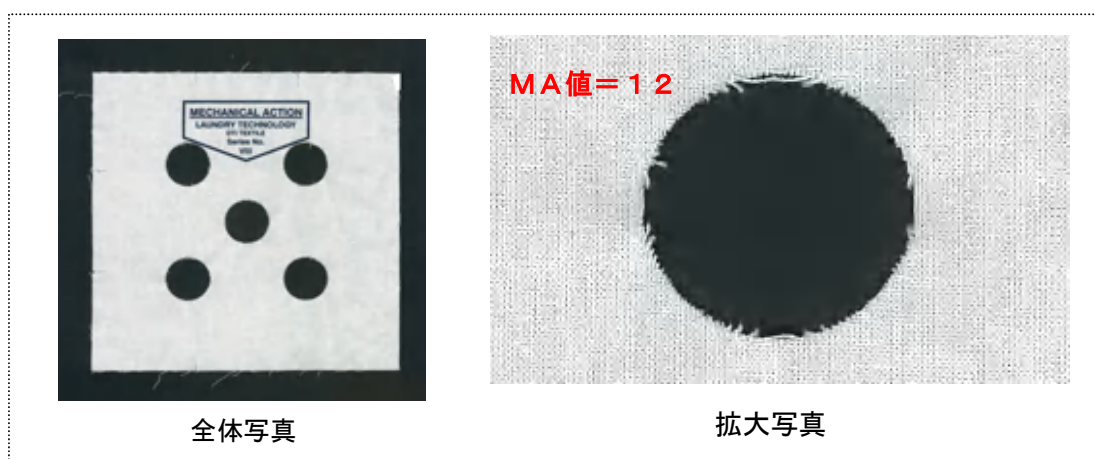
【Fig.7】 洗浄パターン1（ドライクリーニング）



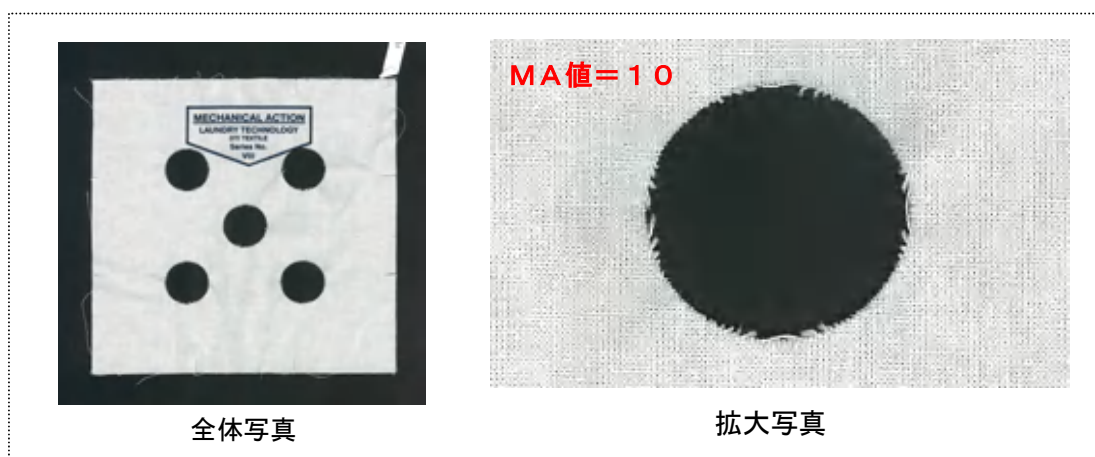
【Fig.8】 洗浄パターン2（水洗い：『無重力バランス洗浄』 常温＋市販洗剤）



【Fig.9】 洗浄パターン3（水洗い：『無重力バランス洗浄』水温 30℃+市販洗剤）



【Fig.10】 洗浄パターン3（水洗い：『無重力バランス洗浄』水温 40℃+市販洗剤）



【Fig.11】 洗浄パターン3（水洗い：『無重力バランス洗浄』水温 40℃+当社洗剤α）

以上の結果から、ドライクリーニングのMA値が20であったのに対し、水洗いの『無重力バランス洗浄方法』ではMA値10～12といずれもドライクリーニングのMA値を大きく下回っている。つまり、『無重力バランス洗浄方法』は水洗いであるにも関わらず、繊維の

損傷度がドライクリーニングよりも小さいことがいえる。

なお、水温・洗剤の違いによるMA値に大きな差がないことから、『無重力バランス洗浄方法』では、水温・洗剤の違いと繊維の損傷度（機械力）との関連性はないものと思われる。

3-3-(2). EMPA 製の試験布「EMPA306 (Poka Dot)」の洗浄結果

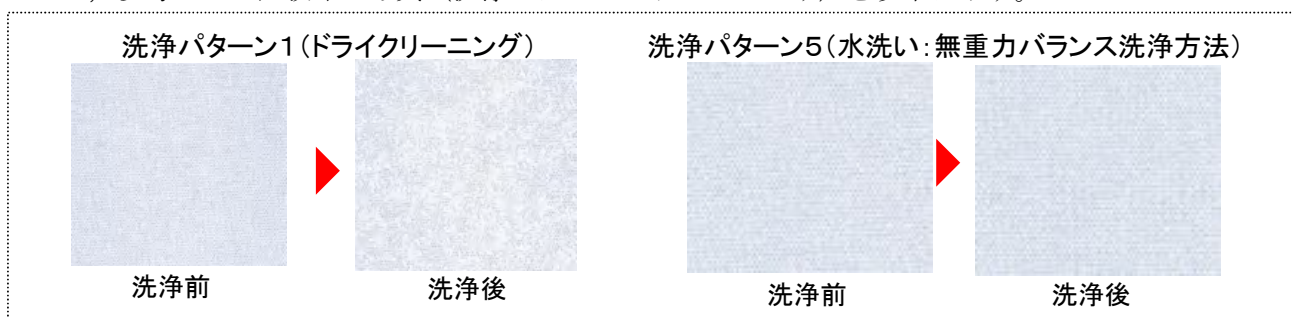
「EMPA306 (Poka Dot)」試験布は、DTI 製の MA 試験布「5 hole」と同様に、洗濯における摩擦機械力（メカニカルアクション）を測定するための試験布である。試験布に印刷されたドットの脱落数を専用ソフトによって計測し、各洗浄パターンにおける平均脱落率を比較する。ドットの平均脱落率が高いほど摩擦力が強く、繊維の損傷度が高いことを意味する。【Fig.5】の各洗浄パターンによって得られた平均脱落率は次のとおりである（【Fig.12】）。

洗濯パターン=【Fig.5】 参照		試験布No	洗浄前	洗浄後	脱落率(%)	平均脱落率(%)
1	ドライクリーニング	A-1	10156	7102	30.07	26.64
		A-2	10158	7800	23.21	
2	『無重力バランス洗浄方法』 (常温+市販洗剤)	B-1	10223	10193	0.29	0.30
		B-2	10224	10192	0.31	
3	『無重力バランス洗浄方法』 (30℃+市販洗剤)	C-1	10212	10181	0.30	0.30
		C-2	10218	10187	0.30	
4	『無重力バランス洗浄方法』 (40℃+市販洗剤)	D-1	10257	10229	0.27	0.34
		D-2	10224	10183	0.40	
5	『無重力バランス洗浄方法』 (40℃+当社洗剤α)	F-1	10227	10197	0.29	0.32
		F-2	10237	10202	0.34	

ミナミ株式会社 製 Winroofソフトを使用しドット数を計測
(スキャナー読み取り範囲15cm×15cm)

【Fig.12】「EMPA306 (PokaDot)」試験布によるドット脱落率の測定結果

また、参考として試験布の写真（洗浄パターン1および5のみ）を以下に示す。



【Fig.13】EMPA306 (PokaDot)」試験布の洗浄前後（写真）

以上の結果から、ドライクリーニングの平均脱落率が 26.64%であったのに対して、『無重力バランス洗浄方法』では各洗浄方法での平均脱落率が 0.30%から 0.34%と非常に小さな値を示しており、ドライクリーニングよりも『無重力バランス洗浄方法』の方が、繊維の損傷度が小さいことが明らかである。

また、『無重力バランス洗浄方法』では、水温および洗剤が変化しても平均脱落率にほとんど差はないため、水温・洗剤の違いと、繊維の損傷度（機械力）との関連性はないものと考えられる。

3-3-(3). 補足実験

これまでの実験で、DTI製MA試験布「5 hole」および「EMPA306 (Poka Dot)」を用いて繊維の損傷度を測定した結果、『無重力バランス洗浄方法』による MA 値およびドット脱落数の数値が非常に小さかったため、緩やかな洗浄の機械力を調べるのに優れた「EMPA304 (Fraying Cloth)」を用いて、補足実験をおこなった。

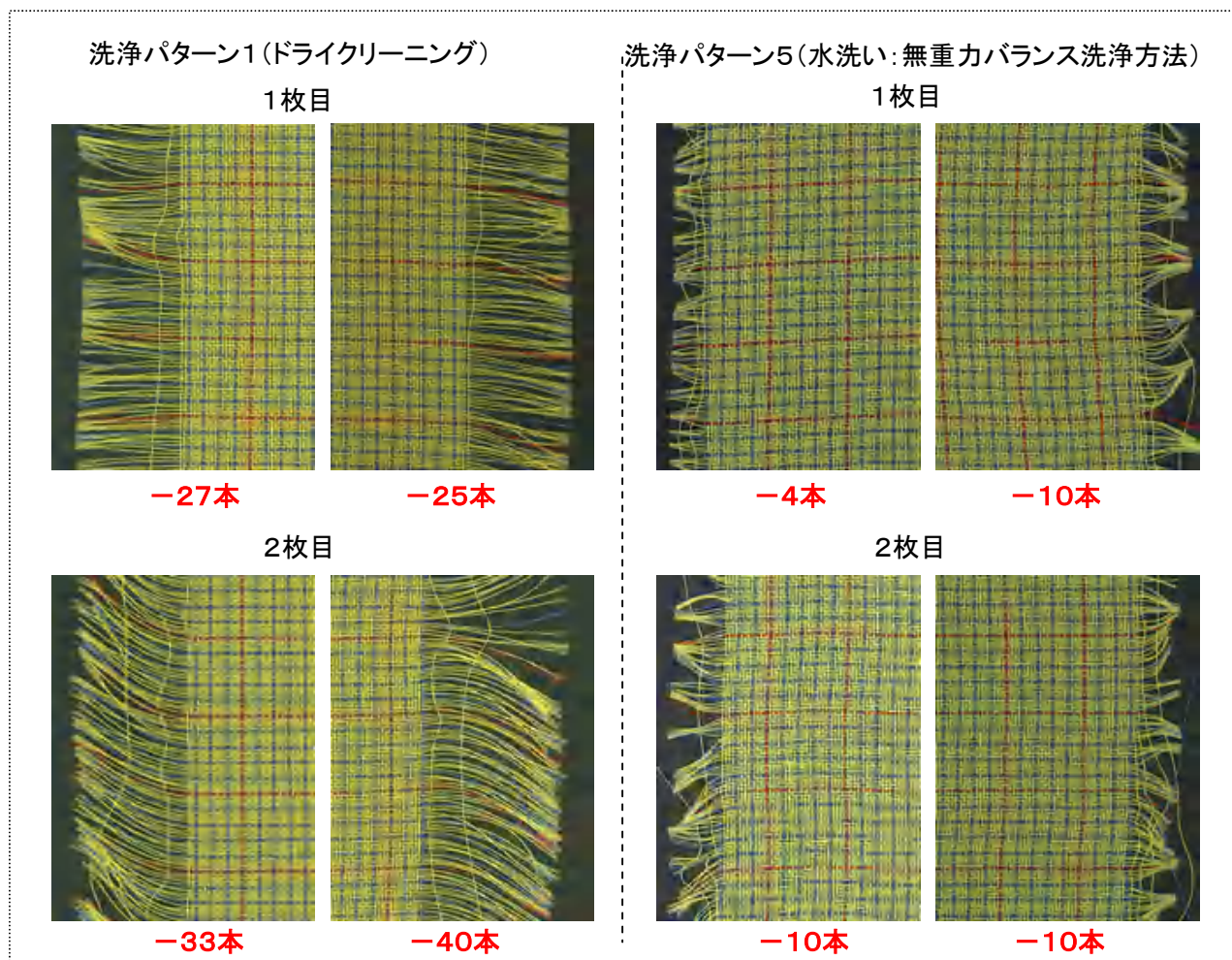
「EMPA304 (Fraying Cloth)」は、洗浄によってほつれた糸の本数を数えることで、その洗浄における繊維の損傷度（機械力）を測るものである。ほつれた糸の本数が多いほど繊維の損傷度が高いことを意味する。

これまでの実験結果から、『無重力バランス洗浄方法』による繊維の損傷度に関しては、水温や洗剤の違いによる影響がなかったことから、【Fig.5】の洗浄パターン1（ドライクリーニング）および洗浄パターン5（水洗い：『無重力バランス洗浄方法』40℃+当社洗剤α）のみで比較をおこなった。各洗浄パターンにおいて、「EMPA304 (Fraying Cloth)」を2枚ずつ同時に投入して洗浄したところ、次のような結果となった（【Fig.14】）。

	洗浄パターン1 ドライクリーニング		洗浄パターン5 『無重力バランス洗浄方法』	
	左縁	右縁	左縁	右縁
1枚目 (ほつれた本数)	27	25	4	10
2枚目 (ほつれた本数)	33	40	10	10
平均 (ほつれた本数)	30	32.5	7	10

【Fig.14】EMPA304 (Fraying Cloth) 試験布の洗浄結果（表）

また、参考として【Fig.5】における洗浄パターン1および5によって洗浄した EMPA304 (Fraying Cloth)の写真を以下に示す (【Fig.15】)。



【Fig.15】 EMPA304 (Fraying Cloth) 試験布の洗浄結果 (写真)

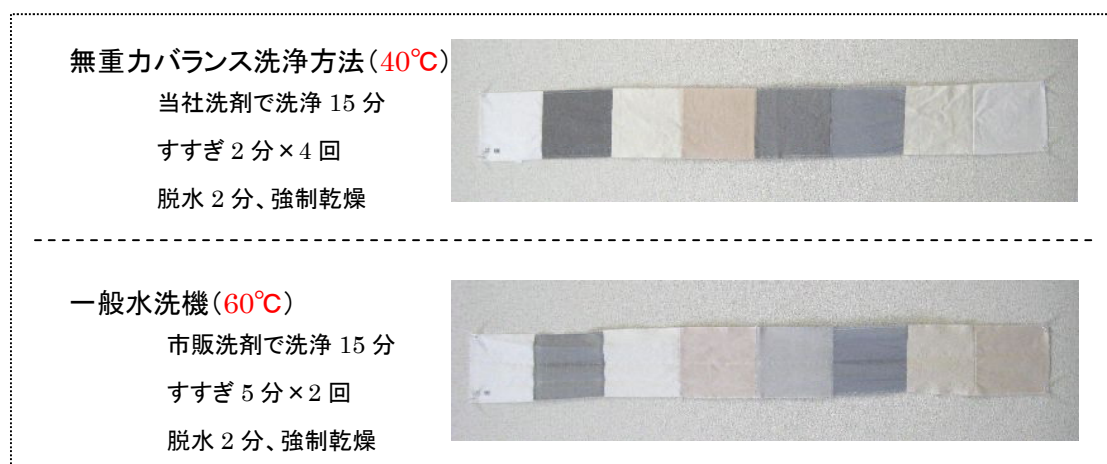
以上の結果から、ドライクリーニングでは、糸のほつれが約30本あるのに対し、『無重力バランス洗浄方法』は約10本と、ドライクリーニングのおよそ3分の1であった。DTI製MA試験布「5 hole」,「EMPA306 (Poka Dot)」による洗浄結果と同様に、『無重力バランス洗浄方法』は水洗いであるにも関わらず、ドライクリーニングよりも非常に小さな繊維の損傷度であることが実証された。

3-4. 繊維製品に対する「汚れ落ち効果」および「損傷測定」テスト結果のまとめ

「EMPA103」の汚染布, MA試験布「5 hole」,「EMPA306 (Poka Dot)」,「EMPA304 (Fraying Cloth)」を用いた「汚れ落ち効果」および「損傷測定」テストの結果から、『無重力バランス洗浄方法』は、ドライクリーニングよりも汚れ落ちが良く、且つ、ドライクリーニングよりも繊維の損傷度が小さいことが実証されたのは前述のとおりである。

ちなみに、『無重力バランス洗浄方法』による最も高い汚れ落ち効果 (【Fig.5】の洗浄パターン5) を、一般的な垂直型ドラム式および水平型ドラム式の水洗機によって同様の汚

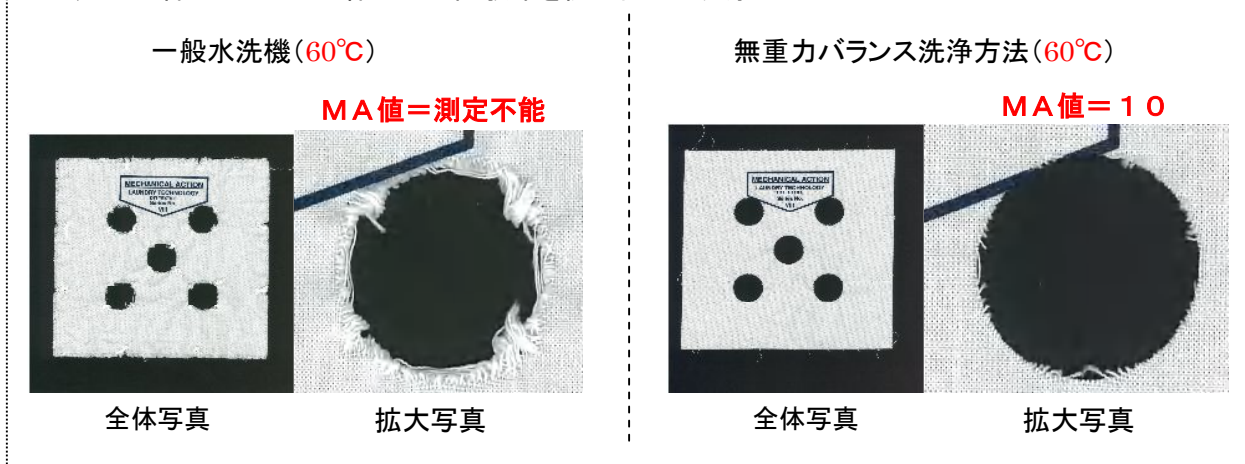
れ落ち効果を出すには、水温を 60℃まで上昇させなければならなかった（【Fig.16】）。



【Fig.16】 EMPA103 による洗浄効果の比較（写真）

また、上記のとおり、一般水洗機によって 60℃で洗浄した場合に、繊維の損傷度がどれくらいになるかを DTI 製 MA 試験布「5 hole」で実験したところ、MA 値は測定不能なほど繊維が損傷した。一方『無重力バランス洗浄方法』では、水温を 60℃に上昇させても繊維の損傷は低く、MA 値は 10 以下の結果となった（【Fig.17】）。

※いずれも 綿白 T シャツ1着に MA 試験布を縫い付けて洗浄



【Fig.17】 60℃で洗浄した場合の MA 値比較

以上の結果から、一般的な水洗いによって高い洗浄効果を得るためには、高温で洗浄したり、繊維製品に対する強い物理的な作用「たたく・ねじる・もむ」などの機械力が必要になることがわかる。


一方、『無重力バランス洗浄方法』では、繊維製品に対してほとんど物理的な機械力を与えることなく、高い洗浄効果が得られることが確認できた。

4. 繊維製品(衣服)への損傷度合いを測定する実験結果

これまでの実験データによって、『無重力バランス洗浄方法』が、汚れ落ち効果が高く、且つ、繊維に優しい水洗いであることの基礎データをとることができた。

しかしながら、実際の衣服メンテナンス業務においては、家庭洗濯では対応できない高級でデリケートな繊維（タスマニアウール、カシミア、アンゴラ、キャメル、シルク、エジプト綿など）を扱い、また、顧客から預かる衣服は「表地がウール・芯地に綿・裏地にレーヨン」というように、異なる繊維が複合的に使われたデザイン性が豊かなものが多い。よって、これらの繊維が使われた実際の「衣服」に対する『無重力バランス洗浄方法』の洗浄効果を確認する実験が必要と考えた。

次の洗浄実験においては、高級繊維を手縫いによって縫製された背広上着を用いて、ドライクリーニングと『無重力バランス洗浄方法』による型崩れの度合い（目視）や風合いの変わり度合い（機械計測）を測定する方法により検証をおこなった。なお、実験に用いた背広上着の「仕様」および「洗浄条件」は下記のとおりである（【Fig.18】【Fig.19】）。

表地	ロロピアーナ社製(イタリア製) ウール 100%「タスマニアン」 濃紺色 タテ糸 2/96、ヨコ糸 1/60	<div>新品状態</div>  <div>表地拡大写真 (マイクロスコープ:100倍)</div> 
裏地	キュブラ(レーヨン)100%	
サイズ	A6	
縫製	ハンドメイド(総毛芯仕様)	

【Fig.18】洗浄実験に用いた背広上着の仕様

【Fig.18】の背広を下記洗浄パターンにおいて1着ずつ投入

洗浄 パターン	洗浄方法	洗浄			すすぎ		脱水時間	乾燥方法	仕上げ
		温度	時間	洗剤	時間	回数			
1	ドライクリーニング ※1	27℃	10分	-	-	-	7分	自然乾燥	無
2	水洗い 『無重力バランス洗浄』	40℃	15分	市販洗剤 ※2	2分	2回	2分	強制乾燥	無
3	当社仕上げ剤を使用	40℃	15分	市販洗剤 ※2	2分	2回	2分	強制乾燥	有

※1 ドライクリーニングについて

石油系溶剤：新日本石油株式会社製「ニューソルDXハイソフト」

ソープ：ゲンブ株式会社製「ゲンブグリーンK2 プラス」 ソープ濃度：0.3%

※2 市販洗剤について

衣料用軽質洗剤（中性）：市販洗剤「衣料用軽質洗剤“E”」

無重力バランス洗浄での使用量：各 300cc

【Fig.19】洗浄条件

以下は、【Fig.19】の各洗浄パターンによって洗浄した背広の写真である（【Fig.20～22】）。



【Fig.20】洗浄条件パターン1（ドライクリーニング／仕上げ無）の結果



【Fig.21】洗浄条件パターン2（無重力バランス洗浄／仕上げ無）の結果



【Fig.22】洗浄条件パターン3（無重力バランス洗浄／仕上げ有）の結果

以下は、生地表面の粗さを調べるための「風合い計測器（KES）」による測定結果である（【Fig.23】）。MIU（平均摩擦係数）の値が小さいほど、繊維表面が滑らかで肌触りが良く、風合いが良いことを示す。

この部分を縦方向と横方向に各5回計測し、
その平均値を記載



	MIU (平均摩擦係数)	MMD (摩擦係数の平均偏差)
新品	0.13967	0.00518
1. ドライクリーニング	0.15267	0.00495
2. 無重力バランス洗浄方法 (40℃・市販洗剤・仕上げ無)	0.1455	0.00645
3. 無重力バランス洗浄方法 (40℃・市販洗剤・仕上げ済)	0.14383	0.00453

カトーテック株式会社製 風合い測定器「KES」にて測定

【Fig.23】風合い計測器による風合いの比較

以上の結果によると、『無重力バランス洗浄方法』により洗浄した背広の洗い上がり（【Fig.21】）は、ドライクリーニングによる洗いupりに比べて、多少の収縮が認められるものの、収縮の度合いは新品の状態に比べて5mm未満に留まっていた。

また、風合い測定による結果（【Fig.23】）では、驚く事に『無重力バランス洗浄方法』により洗浄した背広の方が、ドライクリーニングよりも繊維表面が滑らかで、新品に近い風合いに保たれていることがわかる。これは、『無重力バランス洗浄方法』の機械力が小さいだけでなく、当社開発の仕上げ剤によって繊維が保護されていることも影響していると考えられる。

5. まとめ（『無重力バランス洗浄方法』についての考察）

従来型の水洗い洗濯機では、ドラムに3割ほどの水（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「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、擬似無重力の状態でするため、水による洗浄でありながら、ねじれず、丸まらず、生地を傷めない。つまり、物理的機械力がほとんど加わることがなく、ドライクリーニングと同程度の洗いupり感を引き出すことができる。

また、擬似無重力状態の中の複雑な水流により、被洗物である衣服は大きく広がるため、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。その効果は、洗剤を適切に用いることで、ワイシャツなどを洗うときの洗浄（高温・高いPh・強い機械力）以上の効果が得られると考えられる。

よって、『無重力バランス洗浄方法』は、一般的にドライクリーニングでなければならないとされる、主にシルクやウールなどの動物繊維にも対応しており、水洗いの長所である「汚れ落ち効果」と、ドライクリーニングの「繊維を傷めず型崩れがおこらない」という長所を兼ね備えた洗浄方法といえる。

次に、洗浄後の「仕上げ」に要する時間によって『無重力バランス洗浄方法』を考察する。同じ洗浄条件のもとで、従来の水洗いと『無重力バランス洗浄方法』とでウール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.24】に示すように、明らかな違いがあることがわかる。



【Fig.24】ジャケットの収縮比較

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ほか、生地がフェルト化しており、仕上げによる再生は困難となる。仮に熟練のアイロン技能で元に整形できたとしても、下記のように、1着のジャケットを仕上げるのに、ドライクリーニングの約40倍もの時間を要する。

■ドライクリーニングの場合…仕上げ時間：約3分

■従来の水洗いの場合 …仕上げ時間：約120分

■無重力バランス洗浄の場合…仕上げ時間：約15分

このように、従来の「水洗い」では、「ドライクリーニング」に比べて仕上げの生産性・作業性が極端に悪くコストが見合わない。そのため、水洗いは環境面および洗浄効果の面でも、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分となり、ドライクリーニング（約3分）の場合と比べて、5倍の時間を要するものの、従来の水洗い（約120分）と比べると約8分の1という大幅な時間短縮を実現し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』は今まで難しいとされていた、水洗いの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（インダストリアル化）を可能にした。

つまり、上質でデザイン性に富んだ衣服であっても、『無重力バランス洗浄方法』であればそのシルエットを崩さずに美しく洗い上げることができるため、メンテナンスが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活性化に貢献できるものと考えている。

最後に、この『無重力バランス洗浄方法』が、ドライクリーニングから水系洗浄への移行を促進し、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を食い止める画期的な「水系洗浄」として広く認知されることを期待するとともに、世界規模でドライクリーニングの代替溶剤として「水」を用いた新しいウェットクリーニングが確立されるべきことを提案する。

以 上

