

洗濯用洗剤の洗浄性

—洗浄時間の影響—

佐々木 麻紀子¹ 角田 薫² 藤居 真理子¹

現在の家庭洗濯はすすぎを1回にするなどで洗濯時間を短くし、また節水をするという時短節水の傾向にある。例えばすすぎ回数の減少を可能とした洗剤が販売されるといった消費者の時短傾向に対応した商品の開発が試みられるなど洗濯環境が変化している。そこで、市販されている洗濯用洗剤を使用した場合、洗濯時間が洗浄性にどのような影響を及ぼすかを検討した。その結果、洗浄率は洗浄初期から急激に上昇し、洗浄時間20分以上は緩やかな上昇となり、再汚染は洗浄時間が長くなるほど増大すること、また、長時間洗浄することで被洗物の損傷が進むことが確認できた。洗剤では粉末洗剤の洗浄率は洗浄開始直後から高い値を示すが、中性洗剤では洗浄率が高くなるには洗浄時間15分程度が必要であり、洗剤の種類によって洗浄率のピークとなる洗浄時間が異なる傾向にあることがわかった。

キーワード：市販洗濯用洗剤 洗浄時間 洗浄性 再汚染 布の損傷

1. はじめに

近年、家事時間は減少傾向にあり¹⁾、家事時間の短縮化の傾向は、洗濯においてもすすぎ回数の減少を可能とした洗剤の販売²⁾など、時短傾向がみられる。従来、日本の家庭洗濯は、粉末洗剤を使用し、タテ型渦巻き洗濯機での約10分程度の洗剤洗いと2回の濯ぎをおこなう洗濯プログラムが主流である。しかし、洗剤が粉末から液体へと移行²⁾し、またドラム式洗濯機の増加^{3)~5)}や、被洗にポリエステル等合成繊維素材が増加⁹⁾するなど洗濯環境が変化している。

そこで、汚れの除去と被洗物に与える機械力を測定し、現在市販されている洗濯用洗剤を使用した場合洗濯時間が洗浄性にどのような影響を及ぼすかを検討した。

2. 実験

2-1 洗浄力試験

2-1-1 試料布

試料布として次の試料布①から④を合わせて33.3gになるよう調整し使用した。

- ①湿式人工汚染布にはJIS K 3362の湿式人工汚染布（財団法人洗濯科学協会頒布）5cm×5cmを1試験につき10枚使用した。汚垢成分は表1-1に示したとおりである。
- ②再汚染用白布としてJIS添付白布用綿カナキン3号及びJIS添付白布用ポリエステルを各5cm×5cmに裁断し、1試験につき各5枚使用した。再汚染用白布の諸元は表1-2に示したとおりである。
- ③機械力測定用布としてデンマーク技術研究所（Danish-Technological Institute Clothing and Textile Institute：D.T.I）のMA布（MA24）を4等分し約10cm×10cmの大きさにして、布の周囲をピンキング鉋でカットして周囲の糸のほつれを調整し、1穴の状態ですべて1試験につき

1 東京家政学院大学現代生活学部生活デザイン学科

2 文化学園大学服装学部服装造形学科

1枚使用した。

- ④浴比調整用布として綿メリヤス地（色染社より購入）を約5cm×5cmに裁断し、実験に使用した。

表1-1 湿式人工汚染布の汚垢成分

成分		配合量 (%)	
有機質成分	油性成分	オレイン酸	28.3
		トリオレイン	15.6
		コレステロールオレート	12.2
		流動パラフィン	2.5
		スクワレン	2.5
		コレステロール	1.6
	タンパク質	ゼラチン（粉末ゼラチン）	7
無機質成分	泥（赤黄色土）	29.8	
	カーボンブラック	0.5	

表1-2 再汚染用試布の諸元

記号	布の種類	組織	厚さ (mm)	目付 (g/m ²)	糸使い	糸密度
C	綿金巾	平織	0.27mm	100g/m ²	タテ20tex	タテ141本/5cm
					ヨコ16tex	ヨコ135本/5cm
P	ポリエステルタフタ	平織	0.09mm	70g/m ²	タテ8.3tex	タテ210本/5cm
					ヨコ8.3tex	ヨコ191本/5cm

2-1-2 洗浄剤

洗浄剤として、市販洗濯用合成洗剤4種を供試洗剤とした。洗剤Aは従来型の粉末洗剤、洗剤Bは従来型の液体洗剤、洗剤Cは2.5倍超濃縮型液体洗剤、洗剤Dは絹や毛製品やおしゃれ洗い用中性液体洗剤である。各洗剤の諸元を表1-3に示した。

供試洗剤はそれぞれ30Lにおける標準使用量に相当する濃度に調整し実験に使用した。

2-1-3 機器

実験には、洗浄前後の表面反射率を測定するため表面反射率計TC-6D（東京電色（株））を用いた。また洗浄には、攪拌式洗浄力試験機WT-0012（興国機工（株））、TM-4（島津理化器械（株））を使用した。

2-1-4 試験条件

試験条件は、洗浄温度30℃、使用水は水道水とし、浴比1：30、洗浄時間260分、機械力は回転数120rpm、すすぎはビーカーすすぎ2回、脱水は含水率200%以下になるよう手で絞って水を切り、乾燥はアイロン乾燥とした。

表1-3 試料洗剤の諸元

洗剤A	品名	洗濯用合成洗剤
	使用量	20g/30L (0.67g/1L)
	液性	弱アルカリ性
	成分	界面活性剤22%（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）、アルカリ剤（炭酸塩）、水軟化剤（アルミノけい酸塩）、工程剤（硫酸塩）、分散剤、蛍光増白剤、酵素
特徴	従来型粉末タイプ洗剤	
洗剤B	品名	洗濯用合成洗剤
	使用量	25g/30L (0.83g/1L)
	液性	弱アルカリ性
	成分	界面活性剤34%（ポリオキシエチレンアルキルエーテル、直鎖アルキルベンゼン系）、安定化剤、アルカリ剤、pH調整剤、分散剤、酵素、蛍光増白剤
特徴	従来型リキッドタイプ洗剤	
洗剤C	品名	洗濯用合成洗剤
	使用量	10g/30L (0.33g/1L)
	液性	弱アルカリ性
	成分	界面活性剤74%（高級アルコール系（非イオン）、直鎖アルキルベンゼン系、脂肪酸系（陰イオン））安定化剤（ブチルカルビトール）、アルカリ剤、分散剤、酵素
特徴	2.5倍超濃縮型液体洗剤、すすぎ1回	
洗剤D	品名	洗濯用合成洗剤
	使用量	40ml/30L (1.33ml/1L)
	液性	中性
	成分	界面活性剤19%（ポリオキシエチレンアルキルエーテル）、安定化剤、香料
特徴	おしゃれ着洗い用中性洗剤	

2-1-5 評価方法

①汚れの除去率および再汚染率

表面反射率計を用い、波長550nmにおいて洗浄前後の表面反射率を測定し、洗浄率、再汚染率を算出した。測定にあたり下地の影響を避けるため、試験布は2枚重ねで測定をおこなった。洗浄率Dは常法によりKubelka-Munkの式により汚れ量に比例する関数K/S値を用いて算出した。

Kubelka-Munkの式

$$K/S = (1-R)^2 / 2R$$

R：表面反射率 (0<R<1)

K：吸光度係数 S：光の散乱係数

$$\text{汚れの除去率 } D_{K/S} (\%) = ((K/S)_s - (K/S)_w) / ((K/S)_s - (K/S)_o) \times 100$$

K/S_s：汚染布のK/S K/S_w：洗浄布のK/S

K/S_o：原布のK/S

$$\text{再汚染率 } R\% = ((R_o - R_s) / R_o) \times 100$$

R_o：洗浄前の反射率 R_s：洗浄後の反射率

②機械力

被洗物の損傷の度合いを調べるため、D.T.I.のMA (Mechanical Action) 評価法を応用した^{10) 11)}。

通常のMA試験法は直径35mmの5つの穴を打ち抜いた平織の綿布を被洗物と共に洗濯し、MA布の穴のほつれた糸数 (MA値) によって被洗物に及ぼす機械力を評価する方法である。今回の実験ではターゲットメータを使用している。通常のMA布ではサイズが大きく他の被洗物を巻き込んでしまうため、D.T.I.のMA-24を4等分し約10cm×10cmの大きさにして、布の周囲をピンキング鉋でカットして周囲の糸のほつれを調整し、1穴の状態で使用した。

MA布の穴から途中で切れた糸を除いたほつれた糸数を上下左右それぞれ数えて合計し、機械力MA値とした。

2-2 起泡力および泡の安定性試験

JIS K 3362-2008 に準じて、供試洗剤A~Dの起泡力および泡の安定度を測定した。30Lにおける標準使用量の濃度に調整した供試洗剤液200mlを常温 (25±2℃) で900mlの高さから30秒間で液面上に落下させた時に生じる泡の高さを測定して起泡力 (X₀) とし、その5分後の高さ (X₅) を泡の安定度として測定し、次式により泡の安定性を算出した。

$$\text{泡の安定性 } (\%) = (X_5) / (X_0) \times 100$$

泡の安定性は、値が大きいほど泡の安定性は高く、泡は消えにくく、値が小さいほど泡の安定性は低く、泡は消えやすいことを表している。

3. 結果および考察

3-1 洗浄力

水のみで洗浄した場合の洗浄力の変化を図1-1に示した。

洗浄開始2分経過で洗浄率25.6%、4分から15分までは洗浄率34%前後、20分以降60分までは洗浄率42%前後の値であった。水による洗浄では、時間とともに洗浄率は高くなるが、その経時変化は、洗浄直後、10分前後、20分以上と3つの時間帯で洗浄率が変化することが確認できた。

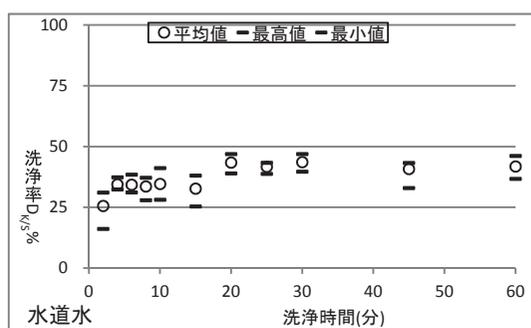


図1-1 水道水における洗浄率の経時変化

従来型の粉末洗剤である洗剤Aにおける洗浄力の経時変化を図1-2に示した。洗剤Aの洗浄力は、洗浄開始直後から急激に上昇し、洗浄時間2分でも平均洗浄率が73.0%と高い値を示した。洗浄時間10分以降は緩やかに上昇し、洗浄時間30分以降は洗浄率89%程度の高い値でほぼ一定となった。また、洗浄率の最高値と最低値の差はどの時間帯であっても比較的小さかった。

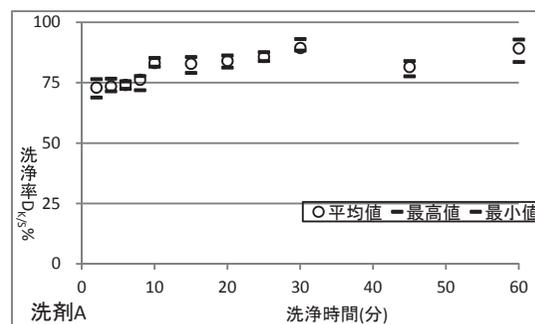


図1-2 洗剤Aにおける洗浄率の経時変化

従来型の液体である洗剤Bにおける洗浄力の経時変化を図1-3に示した。洗剤Bの洗浄力は、洗浄開始2分で44.3%の洗浄率であるが、4分後には58.5%と上昇した。6分以降15分までは70%前後、20分以降は80%前後の洗浄率となった。洗剤Bの洗浄力は時間経過とともに洗浄率は上昇するが、その変化は、洗浄開始2分から4分までの急激な上昇と6分から15分までの70%前後の洗浄率、20分以降の80%前後の洗浄率の3つにわかれた。

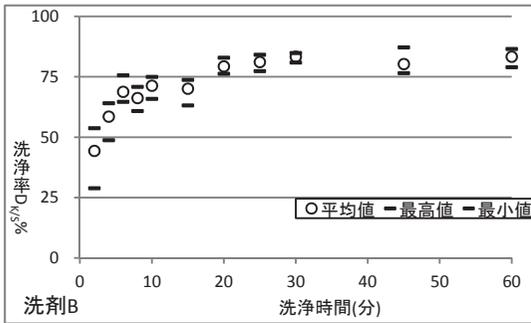


図1-3 洗剤Bにおける洗浄率の経時変化

2.5倍超濃縮型液体洗剤である洗剤Cの洗浄率の経時変化を図1-4に示した。洗剤Cの洗浄力は時間経過とともに上昇した。洗浄時間2分では48.7%の洗浄率であるが、洗浄時間4分では57.0%、6分では59.2%、8分では63.9%と徐々に洗浄率は高くなり、15分の洗浄では72.2%となった。60分洗浄後は83.9%と高い値を示した。

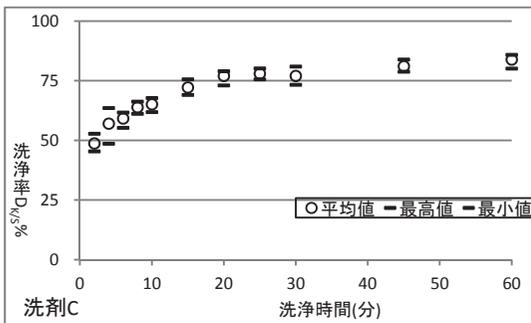


図1-4 洗剤Cにおける洗浄率の経時変化

絹や毛製品などおしゃれ着洗い用の中性洗剤である洗剤Dの洗浄率は洗浄時間が長くなるに伴い

洗浄率も上昇した。洗剤Dは他の洗剤に比べ誤差範囲が大きく、特に洗浄時間8分までの短時間では最低洗浄率と最高洗浄率との差が約30%もあった。実験の精度も問われるが、洗剤の特徴としておしゃれ着洗い用という他の洗剤とは特徴が異なることも一因ではないかと推察する。洗浄力の最高値で比べると、他の洗剤同様に洗浄時間15分までは洗浄力は時間とともに増加し、洗浄時間20分以降はその上昇率はとても緩やかになり、30分以降は若干洗浄率が減少した。30分以降洗浄率が減少した理由として、他の洗剤は複数の界面活性剤が配合されているに対し、洗剤Dは界面活性剤がポリオキシエチレンアルキルエーテル単独であることが影響している可能性が考えられる。

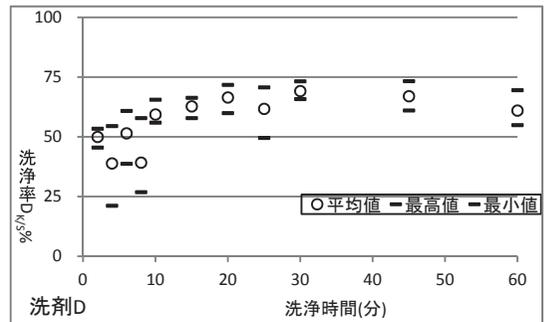


図1-5 洗剤Dにおける洗浄率の経時変化

図1-6は各洗剤の平均洗浄力をプロットした図である。

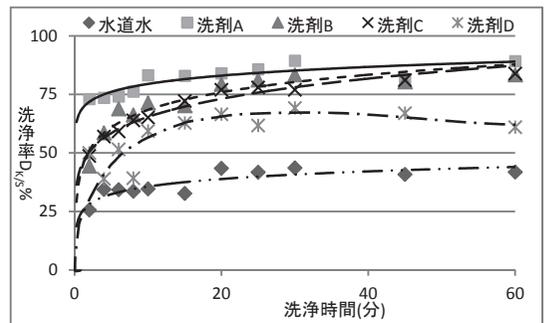


図1-6 洗浄時間による洗浄率の変化

洗剤の種類により洗浄率は異なるが、いずれの洗剤も時間の経過とともに汚れが除去され、洗浄

率が上がっていく傾向にあることがわかる。ただし汚れは時間に均等に繊維から離脱するのではなく、洗浄開始初期の約2～4分間で急激に繊維から離脱し、6分～15分までは洗浄率は大きく変化するが、洗浄時間20分以降は時間の経過とともに変化の値は小さくなる。このように洗浄初期、洗浄時間10分前後、洗浄時間20分以上の3つの洗浄時間帯で汚れの除去傾向が異なることがわかった。

3-2 再汚染

図2-1に綿、図2-2にポリエステル製の洗濯時間による再汚染率の変化を示した。

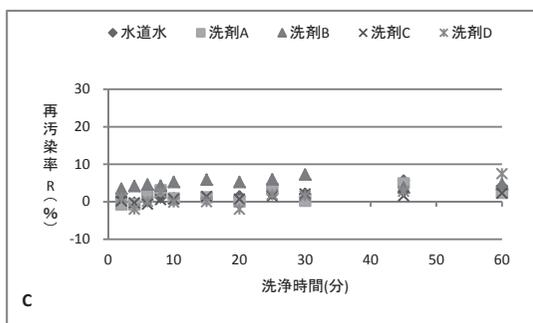


図2-1 綿布再汚染の経時変化

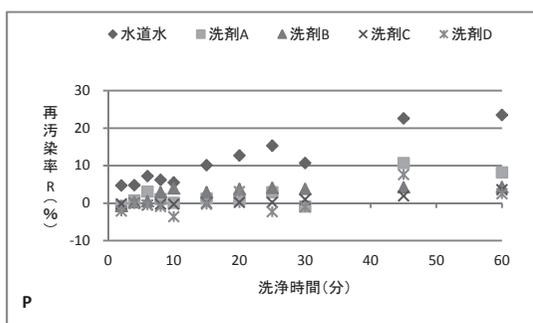


図2-2 ポリエステル布再汚染の経時変化

図2-1に示した綿の場合、洗浄初期は水では再汚染は若干生じるが、洗剤A～Dにおいては僅かであり、洗浄時間が20分を超えるといずれの洗剤においても再汚染率の上昇が確認できた。しかし洗剤Dの60分間洗浄での7.5%が最大の再汚染率であり、綿布は再汚染の影響を受けにくいといえる。

図2-2に示したポリエステルの再汚染は、水のみで洗浄した場合は60分間の洗浄で23.5%の高い再汚染率を示した。洗剤が使用された場合、洗浄時間10分から15分以上は再汚染率の上昇が確認できた。

再汚染率の度合いは異なるものの綿、ポリエステルいずれの繊維でも洗浄時間20分以上では再汚染が現れやすく、洗浄時間が再汚染に影響することがわかる。一般的に、汚れの離脱は時間の経過とともに進むが、同時に洗浴中に離脱した汚れは繊維に再付着し、この離脱した汚れと再付着した汚れが等しくなったところで見掛け上の洗浄力が平衡状態になるとされている。図1-6に示したように洗浄率は20分以降ほぼ一定となっていることから、洗浄時間20分程度で見掛け上の洗浄効率が平衡状態になったと考えられ、これ以上の洗浄時間では洗浄率の上昇より再汚染率の上昇の影響が大きくなると考えられる。

近年、繊維素材の開発により、夏は速乾性に優れた素材や冬は保温性に優れた素材など機能性素材の肌着が近年需要を伸ばしており、これらの素材はポリエステルを中心とした化学繊維である。しかし、ポリエステル繊維は綿繊維に比べ再汚染しやすいという傾向が本実験でも確認できたため、実際の洗濯時におけるポリエステル繊維の再汚染についてさらに検討する必要があると考えられる。

3-3 機械力

布にかかる機械力について洗濯時間がどのように影響するかMA布を用いて測定した。

今回の実験では洗剤の種類によるMA値の差は認められなかったため、供試洗剤すべてのMA値を時間ごとに合計し経過時間による機械力を求め、図3-1に示した。

図3-1に示したように、洗浄時間が長くなるとMA値も大きくなり、被洗物にかかる機械力が比例的に増え、洗浄時間20分を超えるとMA値はほぼ一定となった。

図3-2、図3-3は洗剤Aで2分間洗浄したMA布と60分間洗浄したMA布の状態である。洗浄時間が長くなると、被洗物や水流による摩擦により、

多くの物理的力がはたらき、被洗物の損傷も大きくなることが確認できた。

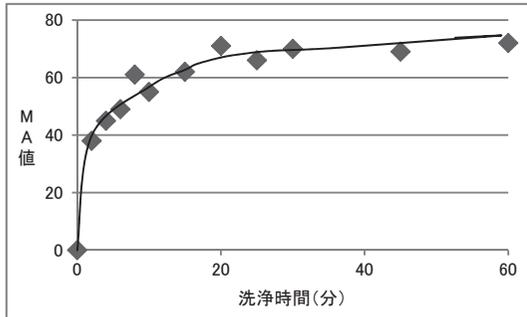


図3-1 MA値の経時変化

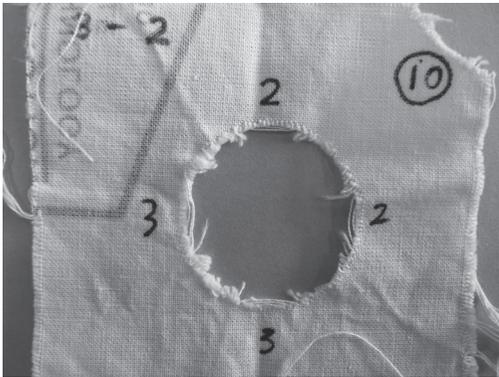


図3-2 洗濯時間2分のMA布の状態 (洗剤A)

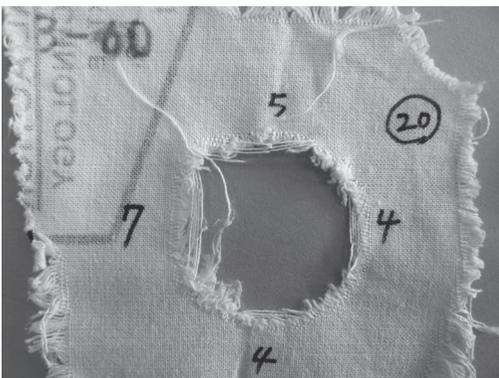


図3-3 洗濯時間60分のMA布の状態 (洗剤A)

3-4 起泡力および泡の安定性

表2-1に供試洗剤の起泡力と泡の安定性を示した。供試洗剤は、ドラム式洗濯機に対応して起

泡力が低く、洗剤Cはすすぎ1回洗濯に対応して、泡の安定が低くなるよう設計されていると考えられる。本実験で使用した供試洗剤は、起泡力が低い傾向があり、洗濯時の泡が被洗物と洗浄液の摩擦を軽減する働きはほぼないと考えられる。

表2-1 起泡力と泡の安定性

	洗剤A	洗剤B	洗剤C	洗剤D
起泡力 (mm)	51	88	69	77
泡の安定性 (%)	92.0	68.0	18.0	85.7

4. まとめ

洗濯は、溶媒（水）、機械的作用（物理的作用）、化学的作用（洗剤）、時間、洗浄温度などが相互に働いて衣服についた汚れを落とす。しかし衣類は着用と洗濯を繰り返すため、洗濯には、汚れを落とすことだけではなく、衣類の損傷をできる限り小さく衣類の当初の状態を維持することが求められる。見掛け上の洗浄率は洗浄時間20分程度で平衡状態になるが、再汚染は洗浄時間が長くなるほど増大する。また、図3-1に示したように長時間洗浄することで被洗物の損傷が進んだり、さらには、洗浄機器を動かすためのエネルギー消費量が大きくなったりする。

以上のように、洗濯時間が長くなると洗浄力は大きくなるが、被洗物が損傷を起こしたり、再汚染が増大したりと洗浄作用のプラス面よりもマイナス面が出てくるため、洗浄時間20分が一つの目安となることが確認できた。

今回の報告は、ターゲットメーターを使用したモデル洗浄実験の結果であるので、今後、実物衣料を用いた実験を重ね、家事時間の短縮化が求められる現代の生活¹³⁾の中で、効率のよい洗濯方法についてさらに検討していきたいと考える。

本研究は、平成25年度東京家政学院大学若手研究者研究費助成により研究助成を受け遂行した一部である。助成により今後の研究に役立つ多くの試料を作成することができましたことをここに深謝いたします。

5. 引用文献

- 1) 平成23年社会生活基本調査：総務省統計局
<http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/gaiyou.htm> 2013/3/25
- 2) 長谷部佳宏：お客様との『いっしょにeco』を具現化するアタックNeoの誕生、日本繊維製品消費科学会誌、51 (5)、412 (2010)
- 3) 週刊東洋経済2012年3月17日：特集「素材」革命 新開発の洗浄成分ですすぎの回数を1回に 花王の界面活性剤、p.79、東洋経済新報社 (2012)
- 4) 読売新聞 2013年8月27日朝刊12版17面家計：時短洗濯しっかり洗浄
- 5) 洗剤の販売推移：日本石鹼洗剤工業会HP：
http://jsda.org/w/00_jsda/5toukei_b.html
2013/3/25
- 6) 内藤正浩：最近の洗濯機のトレンド、洗濯の科学、56 (1)、9-15 (2011)
- 7) 石原隆行：最近の洗濯機の動向－省エネ、省資源の観点から－、日本衣服学会誌、55 (2)、79-84 (2012)
- 8) 井上豊、春名広之：最近の洗濯機動向、第28回クリーニングに関する情報セミナー要旨集、1-9、繊維製品消費科学会 (2013)
- 9) 日本化学繊維協会編：繊維ハンドブック2014、pp.26-27、178-180、日本化学繊維協会資料頒布会 (2013)
- 10) 鈴木聡子、阿部祐子、舟橋良、片山倫子：家庭用全自動洗濯機の洗浄性能評価、日本家政学雑誌58 (9)、589-596 (2007)
- 11) 片山倫子、舟橋良、藤川尚子、小澤玲子：MA値による機械作用の評価、日本家政学会誌54 (6)、477-483 (2003)
- 12) 日本規格協会：JIS C 9606-1993 電気洗濯機 (1993)
- 13) 婦人之友107 (1)：目で見える家事量・家事時間 毎日どのくらいの衣類と食器を洗っているのでしょうか (特集 すっきり生活術 毎日が気持ちよくまわる時間の作り方)、pp.18-25、婦人之友社 (2013)

(受付 2014.3.26 受理 2014.6.2)