については(第5報)以下にて詳述する。

IV. 総 括

洗剤の洗浄力の差が大きく表われ、洗浄性も良く、かつ経日変化も比較的小さいと考えられる汚染条件としては、つぎのものが挙げられる。

- (1) 使用生地: 鐘紡天児キャラコ(糊拔・毛焼精練品)
- (2) カーボン: 玉川圧縮C級カーボンブラック(乾燥後使用)
- (3) 汚染後の保存: 汚染後, $R_s = 30 \pm 2\%$ に入つた

ものをただちにデシケーターに保存する。

その他の条件は前報¹⁾記載のとおりであるが、本条件による汚染布の洗浄性の経日変化については、種々の条件について、さらに検討の余地があるように思われるが洗剤の洗浄力の優劣のみを判定するためには、一応所期の精度を有するようである。

終りに本報告の発表を許可された当社大橋社長に対し深く感謝致します。

(昭和30年1月18日受理)

文 献

- 1) 難波義郎, 林静三郎, 本誌, 4, 233 (1955)

人工汚染木綿布による Launder-Ometer 試験 と電気洗濯機試験との関連性について

難波義郎*・林静三郎*・淵沢豊造*

Relation between Launder-Ometer Test and Electric Washing
Machine Test with the Artificial Soiled Cotton Cloths.

Yoshirō Namba, Seizaburō Hayashi and Toyozō Fuchizawa.

I. 緒 言

Launder-Ometer による洗浄力試験の試験法を確立する意味において、われわれは(第1報)¹⁾以来、汚染布作成方法および洗浄方法を種々検討した。その結果カーボンブラック・牛脂・流動パラフィンを汚垢とする人工汚染木綿布の調製条件もほぼ決定し得るに至つたが、Launder-Ometer による洗浄力試験法は実際の洗濯に比しつぎの点でかなりの相違がある。

- (1) 汚垢が実際の洗濯物の汚れと成分を異にする。
- (2) 洗浄の際の洗浄浴比および洗浄の際布に与える機械作用を異にする。

とくにこれら2点については、洗浄試験法をいかに吟味したところで多少の相違は避けられないゆえ、現行の当所試験法による洗剤の洗浄力の優劣順位が、実地の洗濯による優劣順位と良く一致しさえすれば、洗剤の試験法として実用可能と考えて差支ないと思う。それゆえ一応汚垢の相違による影響は次報に譲ることとし、本報においては Launder-Ometer 試験と電気洗濯機試験とを同時に実施し、洗浄浴比ならびに機械作用の相違により、洗剤の洗浄特性・優劣順位等がいかに変化するかにつき研究した。電気洗濯機による洗浄試験法としては、日本電機工業会 JEM 規格²⁾があるので、大体これに準じて試験を行つた(ただし汚染布は当所法による汚染布を使用した)。

II. 実験の部

1. 実験に際してとり上げた因子ならびに水準数

Launder-Ometer 試験および電気洗濯機試験を通じ、同一ロットの同一汚染布を用い、それぞれの試験においてつぎの因子をとり上げて比較試験を行つた。

(1) 洗剤の種類: S

- $$\begin{cases} S_1: \text{粉末セッケン (当社製品)} \\ S_2: \text{アルキルベンゼンスルホネート系合成洗剤 (当社製品)} \end{cases}$$

洗剤はいずれも当研究室手持品を使用したゆえ、今回の結果は一応この製品に限られた結論である。

(2) 洗浄温度: T

- $$\begin{cases} T_1: 25 \pm 1^\circ\text{C} \\ T_2: 35 \pm 1^\circ\text{C} \\ T_3: 45 \pm 1^\circ\text{C} \end{cases}$$

(3) 洗剤使用濃度: D (製品濃度)

- $$\begin{cases} D_1: 0.5\% \\ D_2: 0.25\% \\ D_3: 0.125\% \end{cases}$$

2. 実験計画の構造

前記3因子につきつぎの計画を採用した。すなわち各組合せについて3枚ずつの汚染布を洗い試験法別にそれぞれ54枚の汚染布を使用することとしたが、実験の都合上電気洗濯機試験では T_2 を省略して36枚を洗つた。

表-1において、Launder-Ometer 試験では同一温度ならび同時に洗瓶20本を装着し得るゆえ、18本の洗瓶を

* 日本油脂株式会社研究所 (大阪市西淀川区佃町)
Nihonyushi Co., Ltd.

表-1 洗浄試験計画

$W_1 \sim W_2$	T_1		T_2		T_3		備 考
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	
D_1	≡	≡	≡	≡	≡	≡	W_1 : Launder-Ometer 試験 W_2 : 電気洗濯機 試験
D_2	≡						
D_3	≡						

用い、その温度における洗浄試験は同時に行つたため、 S および D についての繰返し付2元配置法の実験を $T_1 \sim T_3$ について反覆したことになる。一方電気洗濯機試験ではそれぞれの組合せ毎に1回ずつ試験を行わねばならないので、全体をランダム化し、 $T \cdot S \cdot D$ の3元配置法の実験を行い、 $T_i S_j D_k$ 内の3枚は同時試験を行つた。それゆゑ Launder-Ometer 試験においては、 T に環境条件が交絡する恐れがあるが、従来の技術的経験に基づきこの方法を採用した(表-5の註参照のこと)。なお汚染布は両試験法の全体を通じてランダムに割り付けた。

3. 実験条件

(3-1) 使用汚染布

鐘紡天児キャロコを下記の汚染浴を用いて汚染し、汚染後風乾して反射率を測定し $R_s = 30 \pm 2\%$ の範囲に入つたものをただちに塩化カルシウムデシケーターに保存し試験に供した。

表-2 汚 染 浴 組 成

極度硬化牛脂(当社製)	12 g
局方流動パラフィン	36 g
三菱A級カーボンブラック(乾燥品)	5.0 g
四塩化炭素(脱水蒸留品)	9.6 kg

註: 牛脂・流パラの混合比は1:3、牛脂・流パラ合計使用量48gの200倍量の四塩化炭素に希釈³⁾。なお玉川カーボンは入手に時間が掛つたため、従来の三菱A級カーボンを使用した。

(3-2) 洗浄条件

(i) Launder-Ometer 洗浄試験—Launder-Ometerの洗瓶にゴム球20個を入れ、洗液100ccを加え汚染布1枚を15分洗い、洗液をすて新たに洗液100ccにて15分洗う。つぎに洗液をすて球を入れたまま、100ccの湯にて5分2回湯洗する(当所洗浄試験規格)。なお汚染布1枚の重量は約0.4gであるゆゑ、洗浄浴比は約250倍である。

(ii) 電気洗濯機洗浄試験—T社カキマゼ式電気洗濯機を用い、JEM規格により試験を行つた。T社P型電気洗濯機は容量1.5kgであるゆゑ、市販晒木綿を2mの大きさに切つたもの(幅約30cm、1枚の重量約75g)を10枚入れ、その中の3枚に汚染布を1枚ずつ右上図のように縫いつけ、洗濯容量の1/2負荷にて試験を行つた。洗液の液量は洗濯機の指示目盛まで約20lを使用したため、台布を含めた洗浄浴比は約27倍である。

なお洗浄は20分1回、湯洗は10分1回とし、いずれも電気洗濯機を用い汚染布を縫いつけたまま湯洗する。また電機洗濯機には保温装置がないため、洗浄初温度を指示温度としたが、20分の洗浄中における液温の低下は、初温45°Cにて約2°C程度であつた。なお湯洗は水温のまま行つた。Launder-Ometerならびに電気洗濯機を通じ、使用水はすべて水道水(硬度約1.5度)とした。

4. 実験結果

前記計画に基づき洗浄試験を行い、洗浄布の反射率を測定した結果、それぞれの洗浄布の反射率は、表-3のとおりであつた。

表-3 Launder-Ometer 試験結果

	T_1		T_2		T_3	
	$S_1(\%)$	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
D_1	46.0	48.3	49.4	51.4	52.8	52.3
	49.4	49.0	55.9	54.3	49.3	54.8
	49.4	53.0	48.0	50.0	51.4	53.6
D_2	46.6	47.9	55.0	51.6	54.3	50.0
	47.1	53.1	52.9	52.4	52.1	47.9
	53.4	49.5	47.8	49.6	51.0	53.5
D_3	47.9	35.6	48.9	42.1	51.4	44.3
	43.4	41.9	48.3	40.9	51.5	44.1
	47.1	39.9	47.1	42.8	49.5	41.0

表-4 T社電気洗濯機試験結果

	T_1		T_3	
	$S_1(\%)$	S_2	S_1	S_2
D_1	44.0	44.3	43.0	51.4
	44.9	44.8	45.5	53.5
	40.1	47.6	45.3	47.0
D_2	46.6	44.6	46.1	43.6
	43.0	47.1	46.9	45.1
	43.5	44.9	45.4	45.6
D_3	40.8	38.5	45.3	37.1
	41.3	40.3	41.3	34.5
	37.8	38.9	45.6	37.8

5. 実験結果の統計的解析

(5-1) Launder-Ometer 試験

表-3の値より45.0を減じ10倍した値を用いて分散

分析を行うと、表-5のとおりとなる。ただし分散の小さい交互作用は誤差項 E' とこみにした。

表-5 分散分析表

要因	S.S.	D.F.	M.S.	R	判定
T	9424	2	4712	22.8	(**) $T_3 \sim T_2 \gg T_1$
S	5163	1	5163	24.9	** $S_1 \gg S_2$
D	43581	2	21791	105	** $D_1 \sim D_2 \gg D_3$
$S \times D$	18482	2	9241	44.7	** 洗剤により濃度特性を異にする
E'	2065	10	207	$\left(\sigma_{E'} = 1.44\right)$	
E	21433	36	595	$\sigma_E = 2.44$	
計	100148	53			

註：表-3の各測定値は、実験のやり方から考えてつぎの構造をもつものと思われる（一般平均を除く）。

$$y_{ijkl} = T_i + E'_i + S_j + D_k + (S \times D)_{jk} + E'_{ijk} + E_{ijkl}$$

E'_i ：毎回の Launder-Ometer 回転間のばらつきによる誤差。

E'_{ijk} ：試験法誤差（洗液調製誤差を含む）。

E_{ijkl} ：実験誤差（汚染布のばらつきによる誤差および反射率測定誤差を含む）。

その他の記号はそれぞれの主効果および交互作用の効果を示す。

それゆえ表-5の分散分析表における各要因の分散の期待値は、つぎのようになり、検定方式も下のようになる筈である。

要因	分散の期待値	検定方式
T	$\sigma^2 + 3\sigma'^2 + 18\sigma''^2 + 18\sigma_T^2$	
S	$\sigma^2 + 3\sigma'^2 + 27\sigma_S^2$	
D	$\sigma^2 + 3\sigma'^2 + 18\sigma_D^2$	
$S \times D$	$\sigma^2 + 3\sigma'^2 + 9\sigma^2_{S \times D}$	
E'	$\sigma^2 + 3\sigma'^2$	
E	σ^2	

この場合、従来の技術的経験から、 $\sigma''^2 = 0$ と考えられるゆえ、主効果 T の検定結果から、 $T_3 \sim T_2 \gg T_1$ という結論を出して差支ないこととなる。

(1) 洗剤の効果の推定——解析の結果、セッケンとソープレスソープとは洗浄力の濃度特性が大いに異なることが認められたので、それぞれの洗剤の各濃度における洗浄反射率を推定した。この際、 E と E' とをプールした誤差不偏分散 $\sigma_E = 2.26$ （自由度46）を用いて95%信頼限界を算出した。

(i) セッケンについて

$$\begin{cases} D_1(0.5\%) = 50.2 \pm 1.5 \\ D_2(0.25\%) = 51.1 \pm 1.5 \\ D_3(0.125\%) = 48.7 \pm 1.5 \end{cases}$$

$$95\% \text{信頼限界} = \pm t_{0.05}(46) \times \frac{2.26}{\sqrt{9}} = \pm 1.53$$

(ii) アルキルベンゼンスルホネートについて

$$\begin{cases} D_1(0.5\%) = 51.9 \pm 1.5 \\ D_2(0.25\%) = 50.6 \pm 1.5 \\ D_3(0.125\%) = 41.4 \pm 1.5 \end{cases}$$

この結果を図示すると図-1のようになり、ソープレスソープはセッケンに比し、低濃度における洗浄力はかなり劣るが、0.25%以上ではむしろやや優れた値を示し、このために全濃度を通じた平均洗浄力ではセッケンの方が良いという解析結果を示している。

図-1 Launder-Ometer 試験における洗剤の洗浄力濃度特性

(2) 洗浄温度の効果の推定——解析の結果、洗浄温度によって洗浄力が変化することが認められたので、洗浄温度の効果を推定すると、つぎのようになる。

$$\begin{cases} T_1(25^\circ\text{C}) = 47.1 \pm 1.1 \\ T_2(35^\circ\text{C}) = 49.4 \pm 1.1 \\ T_3(45^\circ\text{C}) = 50.3 \pm 1.1 \end{cases}$$

$$95\% \text{信頼限界} = \pm t_{0.05}(46) \times \frac{2.26}{\sqrt{18}} = \pm 1.03$$

図-2 Launder-Ometer 試験における洗浄温度の効果

この結果を図示すると、図-2のようになり、35°C以下ではセッケンおよびソープレスソーブの洗浄力はかなり低下することが認められた。

(5-2) 電気洗濯機試験

表-4の値を用い前と同様に解析した結果は表-6のとおりである。ただし分散の小さい交互作用は誤差項 E' とこみにした。

表-6 分散分析表

要因	S.S.	D.F.	M.S.	R	判 定
S	0	1	0		
D	25800	2	12900	10.0	$*D_1 \sim D_2 > D_3$
T	2025	1	2025	1.67	
S × D	10759	2	5380	4.16	$\Delta F_{\alpha}^2(10\%) = 3.78$
E'	6435	5	1237	3.21	$*(\sigma_{E'} = 3.59)$
E	9625	24	401	$\sigma_E = 2.00$	
計	54644	35			

(1) 洗剤の効果の推定——解析の結果、洗剤により洗浄力の濃度特性を異にすることが認められたゆえ（危険率 5～10%）、洗剤別に各濃度の洗浄反射率を推定した。なお今回の実験では、 E' の自由度が小さくかつ推定すべき効果の反覆数も少ないために信頼限界の巾がかなり広がるので、一応90%信頼限界をもつて区間推定を行った。

(i) セッケンについて

$$\begin{cases} D_1 (0.5\%) = 43.8 \pm 5.0 \\ D_2 (0.25\%) = 45.3 \pm 5.0 \\ D_3 (0.125\%) = 42.0 \pm 5.0 \end{cases}$$

$$90\% \text{信頼限界} = \pm t_{0.10}(5) \times \frac{3.59}{\sqrt{2}} = \pm 5.00$$

(ii) アルキルベンゼンスルホネートについて

$$\begin{cases} D_1 (0.5\%) = 48.1 \pm 5.0 \\ D_2 (0.25\%) = 45.2 \pm 5.0 \\ D_3 (0.125\%) = 37.8 \pm 5.0 \end{cases}$$

この結果を図示すると図-3のようになり、ソープレスソーブおよびセッケンの洗浄力の濃度特性は、Lauder-Ometerの結果とかなり良く一致していることが認められる。

(2) 洗浄温度の効果の推定——解析の結果、洗浄温度によつて余り洗浄力が変わらないことが認められたが、一応比較の意味で温度の効果の推定するとつぎのようになる。

$$\begin{cases} T_1 (25^\circ\text{C}) = 42.9 \pm 2.9 \\ T_3 (45^\circ\text{C}) = 44.4 \pm 2.9 \end{cases}$$

$$90\% \text{信頼限界} = \pm t_{0.10}(5) \times \frac{3.59}{\sqrt{6}} = \pm 2.94$$

この結果を図示すると図-4のようになり、Lauder-

図-3 電気洗濯機試験における洗剤の洗浄力濃度特性

図-4 電気洗濯機試験における洗浄温度の効果

Ometer 試験に比し、電気洗濯機の場合は洗液の初温度の洗浄力に対する影響は、今回の試験結果においては余り大きくないことを示している。

(5-3) 試験結果の比較

(1) 洗剤の洗浄特性について——セッケンおよびソープレスソーブの各濃度における洗浄反射率をそれぞれ

表-7 試験法別洗浄反射率

洗 剤	試験法	Lauder-Ometer	電気洗濯機	両者の差
セ ッ ケ ン	0.5%	50.2%	43.8	6.4
	0.25%	51.1	45.3	5.8
	0.125%	48.7	42.0	6.7
ア ル キ ル	0.5%	51.9	48.1	3.8
ベンゼン	0.25%	50.6	45.2	5.4
スルホネート	0.125%	41.4	37.8	3.6

比較すると表-7のようになる。

すなわち Launder-Ometer による洗浄と電気洗濯機による洗浄とにおいては、洗浄時間・洗浄浴比および洗浄の際の機械作用等が大いに異なるため、本試験条件下では電気洗濯機は Launder-Ometer よりも反射率にて約 5.0 位洗浄効果が低く出るが、いずれの試験法においても洗剤の優劣ならびに濃度特性はきわめて良く一致している。ただし粉末セッケンの電気洗濯機試験における洗浄力と、Launder-Ometer 試験における洗浄力との差は、アルキルベンゼンスルホネートに比し、やや大きくなっているが、これは両試験法が洗浄回数ならびに湯洗温度を異にするためではないかと予想され、今後さらに詳細に検討する必要がある。今回の結果から、Launder-Ometer 試験における洗剤の洗浄力の優劣順位は、同一汚染布を同一条件で洗う限り、電気洗濯機試験においても逆転しないであろうと予想され注目に値する。

(2) 測定値のばらつきについて——両試験における実験誤差の不偏分散 σ_E' を比較すると電気洗濯機試験は Launder-Ometer 試験よりも結果がばらつきやすいことを示している。それゆえ、同一の範囲 $R_S = 30 \pm 2\%$ の反射率の人工汚染布を用いた場合には電気洗濯機試験は Launder-Ometer 試験に比し各効果を検出する検出力が悪くなることが予想され、汚染布の使用枚数を増すなどして、洗剤の優劣を正しく見きわめる必要があるように思われる。

III. 結 論

同一ロットの人工汚染木綿布を用い、Launder-Ometer 洗浄試験と、T社P型電気洗濯機による洗浄試験とを同時に行い、粉末セッケンとアルキルベンゼンスルホネート系合成粉末洗剤との洗浄特性を比較した結果をまとめるとつぎのとおりである。

(1) Launder-Ometer 試験と電気洗濯機試験とにお

いては種々の洗浄条件が異なるために、洗剤の洗浄力の絶対値は異なるが、洗剤の洗浄力濃度特性ならびに同一濃度における優劣順位はかなり良く一致している。この結果同一汚染布を洗う場合には Launder-Ometer 試験による洗剤の優劣順位は電気洗濯機試験によっても変わらず、両者の間に高度の相関性のあることが認められた。現在市販洗剤はセッケン・高級アルコール洗剤・アルキルベンゼンスルホネート洗剤によりそのほとんどを占められているゆえ、今回の試験結果は、Launder-Ometer 試験がかなり実用性に富むことを裏付けているように思われる。

(2) T社P型電気洗濯機の JEM 規格による洗浄試験においては、洗剤の洗浄効果がかなり低く出る上に、実験誤差もやや大きいと、洗剤の優劣を検出する検出力は Launder-Ometer 試験よりも劣るように見受けられた。

なおT社P型電気洗濯機以外に、フーヴァー社吸引噴流式電気洗濯機ならびにN社二枚翼噴流式電気洗濯機による洗浄試験も同様に実施したが、これらにおいても、洗剤の優劣順位は余り変らない。ただし、電気洗濯機自体の洗浄機械作用にはきわめて大きな相違があつて、洗剤の洗浄効率の絶対値は大いに変化する。この点に関しては、他日の機会に詳しく報告したい。

終りに本報告の発表を許可された当社大橋社長ならびに統計的手法の適用に関し種々御指導を賜った当社小林正雄氏に対し、深く感謝致します。

文 献

- 1) 武井典夫、難波義郎、林 静三郎、(第1報)本誌、**4**, 128(1955)
- 2) 日本電機工業会標準資料 JEM 1077 (1953) 類別家20
- 3) 難波義郎、林静三郎(第3報)本誌、**4**, 233(1955). (昭和30年2月28日受理)

洗浄力試験法に関する研究 (第4報)

木綿人工汚染布調製の条件について (その 3)

矢 部 章 彦*・原 美 智 江*

Studies on the Detergency Evaluation. IV.

Preparation of the Artificially Soiled Cotton Fabrics. (Part 3)

Akihiko Yabe and Michie Hara

緒 言

前報^{1), 2), 3)}までの成果により、再現性良好で洗浄効果の差をあらわすのに都合のよい木綿人工汚染布調製の条

* お茶の水女子大学染色化学研究室 (文京区大塚町)
Ochanomizu University.

件はおおよそ決定することができた。

しかるに当協会洗浄力試験法委員会の各委員が実施している調製条件のうちには、根本的に調整すべき因子がなお二、三残されているので、これらを暫定的に統一して共通の基盤に立つて以後の検討をすすめるため、委員会において第2回合同実験を計画し、9委員がその実験