

시판 인공오염포의 세탁조건별 반응성에 관한 연구

김은애 · 안미영 · 한은경 · 박윤서* · 신현두*

연세대학교 의류환경학과, *삼성전자 생활시스템연구소

**Reaction Behaviour of Artificially Soiled Fabrics for
Different Washing Conditions**Eun Ae Kim · Mi Young Ahn · Eun Kyong Han
Yun Suh Park* · Hyun Doo Shin*

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

*Samsung Electronics Co., LTD

(1996. 7. 8 접수)

Abstract

The most important practical feature that represents the performance of a washing machine is its ability to remove stains or soils from clothes. There are various tests to measure a washing machine's ability to remove stains or soils from clothes. The results of these tests are dependent upon the kind of soiled fabrics used. Moreover, these results may reflect some aspects of the effectiveness of a washing machine in cleaning clothes due to the particular compositions of chemicals which comprise soils in soiled fabrics and the particular conditions in which the results are evaluated. After selecting factors presumed to have a major effect on the cleaning ability of a washing machine and choosing most widely used soiled fabrics, we use experimental statistics methods to screen real factors from them that influence the cleaning ability of a washing machine in a statistically significant manner for each soiled fabric. Using the least number of experimental rules required to extract the necessary information, we then proceed to present the study on the relations between the sets of selected factors and the soiled fabrics. We would then suggest which soiled fabrics is the best for evaluating the performance in cleaning clothes of a washing machine based on the above study.

I. 서 론

세탁기의 성능은 여러 측면에서 평가될 수 있으나, 그 중에서도 가장 기본이 되는 측면은 실제 세탁상황에서 세탁물에 손상을 주지 않고 오염을 제거할 수 있는

능력이다. 이러한 오염 제거능력을 객관적으로 평가하기 위해서는 적절한 오염포의 선택과 평가방법이 필요하다.

세탁기 개발등과 같이 반복되는 세탁실험이 요구되는 상황에서 천연오염포는 채취하기 어려우며, 실험결과와의 오차가 심할 뿐만 아니라, 채취한 오염성분 자체의

보편성도 의문시되는 등 여러가지 문제점이 지적되고 있어 일반적으로 인공오염포를 사용하고 있다. Rhodes 등¹⁾이 인공오염포 배합의 기초가 되는 시험방법을 제안한 이래로 각국에서는 오염육의 조성이나 오염방법이 상이한 여러가지 방법으로 인공오염포를 제작하여 사용하고 있으며 다양한 특성을 가진 인공오염포가 시판되고 있다. 예를 들어 카본블랙, 올리브유 등을 주성분으로 한 EMPA 계열오염포, 인체 피지성분과 유사한 AS, wfk 계열오염포, 대기중의 천연먼지를 모델로 한 Stra-Mi-Ta 오염포, 최근에 일본에서 생산되기 시작한 천연오염과 유사한 거동을 보이는 습식오염포등이 있다.

그러나 이들 인공오염포의 세정성능은 제조방법, 오염성분이 다르기 때문에 실험조건에 따라 일관성있는 결과를 얻기 어려우며, 우리나라와 같이 일정 규격의 시판 인공오염포가 없는 경우 외국의 오염포를 수입하여 사용하게 되는데, 제조후의 시간경과, 보관조건에 의한 성능변화 등에 의해 불균일한 실험결과를 초래할 위험을 가지고 있다. 이와 같이 인공오염포에 의한 세정력 평가에도 한계가 있어 세제나 세탁기 개발시 한 종류의 오염포만으로 세정력을 평가하는 것은 바람직하지 않으며, 목적에 따라서 몇 종류의 오염포를 조합하거나 또는 특정 성능평가에 적합한 오염포를 적절히 선택해야만 한다²⁾. 이처럼 인공오염포를 제작하거나 시판되는 인공오염포를 구입하여 사용할 경우, 다양한 세탁조건에 대한 반응성을 파악해 둌으로써 요구되는 용도에 부합되는 오염포를 선택할 수 있는데, 이와 관련된 기존의 연구들을 살펴보면, P/C 혼방직물에 대한 세정조건의 평가³⁾에서 세정효과를 미치는 각 인자별 기여도는 오염의 종류등에 관계없이 세제농도>세탁온도>세탁시간의 순이라고 하였으며, 카본블랙을 주성분으로 하는 복면 표준인공오염포를 사용한 연구¹⁾에서는 세제의 종류>세탁온도>세탁시간>세제농도의 순으로 영향력이 큰 것으로 나타나는 등 오염포의 특성 및 평가조건에 따라 제각기 다른 결과를 보이고 있다. 이러한 사실은 세탁성능 평가시, 평가조건에 적합한 오염포의 특성을 파악하여 선정하는 것이 매우 중요함을 시사해 준다고 할 수 있다. 또한 이들 연구는 세정력에 영향을 주는 여러 세탁조건들에 대하여 다른 변인들을 모두 고정시킨 상태에서의 단일변인에 대한 정량적인 고찰이 대부분으로, 다양한 인공오염포에 대한 여러 세탁조건

사이의 상호작용을 고려한 복합적인 연구나 정성적인 측면에서의 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 그러나 실제로 세탁을 하는데는 여러 인자들이 복합적으로 작용하여 세정도에 영향을 미치므로 다양한 인자들의 상호관련성을 규명해야 할 필요가 있게 되지만, 인자의 수가 많아지게 되면 실험횟수가 과다하게 많아져 시간과 인력의 낭비될 뿐만 아니라 실험의 통계적 관리가 어렵게 된다⁴⁾. 그러므로 본래의 실험목적을 달성할 수 있는 범위내에서 실험의 크기를 줄일 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 실험통계학을 도입하여 첫째, 세탁성능평가에 적합한 오염포 선정을 위해 각종 시판 오염포의 세탁조건에 따른 반응성을 파악하고 둘째, 이에 따른 주요 세탁인자를 선별하여 세정도를 예측할 수 있는 예측함수를 도출하며, 셋째, 세정도에 대한 관능평가안을 마련하고 이들을 기존의 표면반사율을 포함한 평가법들과의 상관분석을 통하여 세정도의 주관적평가와 객관적 평가간의 함수관계를 파악함으로써 보다 합리적인 세탁성능 평가안을 마련하는 것을 전체적인 목적으로 일련의 연구를 진행하고 있다.

본고에서는 우선 1 단계로 시판되고 있는 인공오염포 중 제각기 오염성분과 섬유 구조적 특성을 달리하는 6종의 인공오염포를 사용하여 주요 세탁조건에 따른 다양한 반응성을 파악하고자 하는 목적으로 세탁에 관련된 주요 8인자를 추출하여 통계학적 실험계획법의 두 수준의 실험(two level experiments)을 실행함으로써, 비교적 적은 실험횟수로 여러 세탁관련인자들의 독립적인 반응특성뿐 아니라 인자의 상호작용까지도 종합적으로 검토하여 보았다.

II. 실험방법

1. 오염포

실험에 사용한 오염포는 시판되고 있는 것 중 비교적 널리 사용되고 있는 EMAP116과 EMPA101(Swiss Federal Laboratories for Materials Testing), CFT AS3과 CFT AS9(wfk-Testgewebe), wfk 10D(wfk-Testgewebe), 일본 습식오염포(日本 洗濯科學協會)의 6종 오염포를 택하여 사용하였다. 6종 오염포의 섬유 조성, 오염성분 및 반사율값은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of artificially soiled fabrics

Test fabric	Material	Contents of soils	Initial reflectance(%)
EMPA116	cotton 100%	blood, milk, carbon black	13
EMPA101	cotton 100%	carbon black, olive oil	19
CFT AS3	cotton 100%	chocolate milk, soot	35
CFT AS9	cotton 100%	groundnut oil, kaolinite, flame soot, iron oxideblack, iron oxideyellowing	44
wfk10D	cotton 100%	kaolinite, flame soot, iron oxideblack, artificial sebum	50
Japan wet soiled fabric*	cotton 100%	oleic acid, trioleine, cholesterol oleate, liquid paraffin, squalene, cholesterol, gelatin, clay, carbon black	38

* 이하 wet type 으로 줄임.

2. 세탁방법

세탁실험은 세탁기 성능평가를 위한 규격인 KS C 9608의 방법에 준하여 실시하였고, 이때 사용한 세탁기는 시판 삼성세탁기(모델명: SEW-1096)였으며, 세제로는 시판세제(상품명: 비트(제일제당))를 사용하였다.

오염포는 세탁포의 가운데 부분에 상단의 두 곳을 스테이플러로 고정하였으며, 시간과 인력을 절약하기 위하여 예비실험을 통하여⁵⁾ 서로 세정도에 영향을 주지 않는다고 판정된 EMPA116과 wfk 10D, AS3와 AS 9, EMPA101과 일본습식오염포를 각각 혼합부착하여 실험을 행하였다.

3. 세정도의 산출

6종의 세척전후의 오염포 및 백포의 표면반사율을

색차계 ND-300A(INTEC Co., LTD, Japan)를 사용하여 각각 결과 안 4개소에서 측정하였고, 그 평균치로부터 다음식에 의하여 세정도를 산출하였다.

$$D = \frac{R_w - R_s}{R_o - R_s} \times 100(\%)$$

여기서 D : 세정도

R_o : 백포의 표면반사율

R_s : 오염포의 표면반사율

R_w : 세탁후의 오염포의 표면반사율

4. 세탁인자의 선정, 통제

세탁기 개발에 참여하는 전문가들의 의견을 수렴하여, 세탁기 설계 및 성능평가에 중요하다고 생각되는 세탁인자 8개를 선정하여 두 수준의 실험을 행하였으며, 그 인자와 수준은 Table 2에 제시한 바와 같다.

Table 2. Factor and levels of two level experiment

factor	A	B	C	D	E	F	G	H
	water level	voltage	operation rate	liquor ratio	time	temperature	amount of detergent	hardness
(-)	low	180(volt)	45(%)	1 : 08	3(min.)	10(°C)	0.5(times)	10(ppm)
(+)	high	220(volt)	74(%)	1 : 20	25(min.)	50(°C)	3.0(times)	300(ppm)

이 때 수위는 본 실험에 사용한 세탁기의 표준수위에 따라 저수위 (71 l), 고수위 (92 l)로 조정하였으며, 전압은 매회의 실험에서 전압조정기(태일자동제어)를 사용하여 조절한 후 멀티메타(FLUKE Co.)를 사용하여 오차가 ±2 Volt의 범위 이내가 되는가를 체크하였다. 운전율은 세탁기 모터의 작동/비작동의 비율을 바꾸어 조절하였으며, 액비는 1장당의 무게가 100±3g인 100

%의 세탁포(dummy load)에 의해 변화시켰다. 침 앞 세제량은 본 실험에 사용한 세탁기의 각 수위 레벨에서의 표준사용량을 기준으로 0.5배와 3.0배로 조절하였으며, 경도의 변화는 10 ppm의 연수의 경우 이온교환수지를 사용하여, 300 ppm의 경수는 염화칼슘을 사용하여 조절하였다.

Table 3. Experimental design of two-level experiment

factor run no.	Yates order	Confounding effects	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1(H)		-	-	-	-	-	-	-	+
2	A		+	-	-	-	-	+	+	+
3	B		-	+	-	-	-	+	+	-
4	AB	CF/DG	+	+	-	-	-	-	-	-
5	C		-	-	+	-	-	+	-	-
6	AC	BF	+	-	+	-	-	-	+	-
7	BC		-	+	+	-	-	-	+	+
8	ABC	F	+	+	+	-	-	+	-	+
9	D		-	-	-	+	-	-	+	-
10	AD	BG	+	-	-	+	-	+	-	-
11	AD	AG	-	+	-	+	-	+	-	+
12	ABD	G	+	+	-	+	-	-	+	+
13	CD	FG	-	-	+	+	-	+	+	+
14	ACD		+	-	+	+	-	-	-	+
15	BCD	EH	-	+	+	+	-	-	-	+
16	ABCD	DF/CG	+	+	+	+	-	+	+	-
17	E		-	-	-	-	+	-	-	-
18	AE		+	-	-	-	+	+	+	-
19	BE		-	+	-	-	+	+	+	+
20	ABE		+	+	-	-	+	-	-	+
21	CE		-	-	+	-	+	+	-	+
22	ACE	GH	+	-	+	-	+	-	+	+
23	BCE	DH	-	+	+	-	-	-	+	-
24	ABCE	EF	+	+	+	-	+	+	-	-
25	DE		-	-	-	+	+	-	+	+
26	ADE	FH	+	-	-	+	+	+	-	+
27	BDE	CH	-	+	-	+	+	+	-	-
28	ABDE	EG	+	+	-	+	+	-	+	-
29	CDE	BH	-	-	+	+	+	+	+	-
30	ACDE		+	-	+	+	+	-	-	-
31	BCDE	H	-	+	+	+	+	-	-	+
32	ABCDE	AH	+	+	+	+	+	+	+	+

(A: water level B: voltage C: operation rate D: liquor ratio E: time F: temperature
G: amount of detergent H: hardness)

5. 실험계획법⁶⁾

본 실험은 요인실험의 일부실험법(fractional factorial design)에 따른 실험계획을 수립함으로써 각 오염포에 대한 32회의 실험을 3회 반복함으로써 총 288회의 실험을 실시하여 8인자의 주효과와 2인자간이 교호작용을 중점적으로 분석하였다. 이때 3인자(three factors)이상의 고차의 교호작용(interaction)은 해석상의 어려움으로 경우에 따라서 무시한다는 가정하에서 계획하였다.

이에 따른 실험계획표는 Table 3과 같으며 사전에 모든 오염포 종류에 대하여 모집단의 분산의 균등성(Burr-Foster Q test) 및 정규성(Shapiro-Wilk test)을 검증한 후 F-test를 하여 주효과와 교호작용을 고찰하였다. 이때 Table 3에 제시한 바와같이 Yates의 계산법(Yates order)을 사용하여, 각 요인의 효과와 변동을 하나의 포로부터 손쉽게 구할 수 있도록 하였다. 또한 3인자이상의 교호작용에 교락되는 것으로 나타난 2인자간의 교호작용은 Confounding effects로써 나타내었다. 따라서 3인자이상의 고차의 교호작용은 이에 교락된 2인자간의 교호작용으로 대체하여 분석을 실시하였다. 또한 2개 이상의 교호작용이 동시에 나타날 경우 즉 예를 들어 운전율과 온도사이의 교호작용과 같이 세탁에 관련하여 볼 때 영향력이 미미하다고 생각되는 것은 고려대상에서 제외하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 분산의 동질성(Homogeneity of Variance)과 정규성(Normality) 가정의 검증

요인실험에서 모집단의 등분산성과 정규성의 가정이 성립되지 않으면 이론상 F검정의 타당성을 인정할 수 없으며, 위의 두 가정이 충족되어야만 실험전체가 통계적 관리상태에 있다고 할 수 있다. 그러나 기존의 세탁 관련 연구들을 보면 명시적으로 추측을 하여왔으나, 이를 통계적으로 검증한 실험은 거의 없는 실정에 있다. 그러나 이는 통계분석시 중요한 의미를 가지므로 본 실험의 결과 고찰에 앞서 6종 오염포에 의한 세탁실험에서 두 가정이 성립되는가의 여부를 검증하였다.

Table 4에는 Burr-Foster Q test에 의한 등분산성 검증결과를, Table 5에는 Shapiro-Wilk test에 의한

Table 4. Homogeneity of Variance of 6 artificially soiled fabrics

Soiled fabric	F Statistics
EMPA116	7.8347E-002
EMPA101	7.3818E-002
AS3	1.6209E-001
AS9	4.9185E-002
wfk10D	5.7145E-002
wet type	4.6499E-002

정규성 검증결과를 제시하였다. 우선 Table 4에 제시된 등분산성에 대한 결과를 보면, AS3를 제외한 5종의 인공오염포에 대한 두 수준의 실험에서는 모집단 분포의 분산은 모두 통계적으로 유의하게(유의수준 $\alpha=0.01$) 균일하다는 것을 알 수 있다. 따라서 AS3의 F-test 결과 해석시에는 신중을 요한다. 이는 AS3 인공오염포가 다른 오염포들과는 달리 세정력이 매우 떨어지며, 한 세탁조에서 나온 오염포의 총 평균 세정력은 비록 양의 값을 가지지만, 각각의 개별오염포의 세정력은 음의 값을 가지는 것이 많은 등의 문제점을 가지고 있는 사실과 관련이 있다고 추측된다. 즉 표면반사율법에 의한 세정도 평가시, 오염입자가 세정에 의해 크기가 줄면 실제 오염제거량이 크더라도 표면반사율은 오히려 저하되어 세정이 덜 된 것으로 판단될 수 있으므로⁷⁾ AS3를 구성하는 오염성분의 이러한 분쇄현상에 의해 일관성있는 결과를 얻지 못한데 그 원인이 있을 것이다.

정규성 가정에 대해서는 Table 5의 결과와 같이 6종 인공오염포 모두에서 통계적으로 유의하게(유의수준 $\alpha=0.05$) 모집단이 정규분포를 한다는 검증결과를 얻었다. 따라서 본 실험의 경우 AS3를 제외한 모든 실험의 F-test에 의한 요인의 효과 및 교호작용이 통계적으로 유의하게 의미있다고 해석할 수 있다.

2. 각종 세척인자에 대한 오염포의 반응특성

본 실험에서 사용한 8가지 인자별 주효과와 교호작용에 의한 오염포의 반응특성을 검토하였다. Table 6은 요인실험중 일부실험법에 따른 6종 오염포의 총 32회, 3회 반복실험의 표면반사율법에 의한 평균세정도를 나타낸 것이며, Table 7은 이에 따른 F-test 결과를 나타낸 것이다. 이 때의 검정통계량은 $F(32,2) =$

Table 5. Normality of 6 artificially soiled fabrics

(×0.01)

test fabric run no.	EMPA116	EMPA101	AS3	AS9	wfk10D	wet type
1	9.999	9.293	9.997	9.999	9.997	9.458
2	9.140	9.938	9.997	9.999	9.310	9.426
3	8.972	8.108	7.990	9.986	9.950	8.369
4	9.835	9.975	9.999	9.999	9.943	8.479
5	9.968	8.848	9.999	9.999	7.948	7.546
6	9.710	9.933	9.999	9.999	8.966	9.977
7	9.943	8.644	9.999	9.999	8.966	9.977
8	7.725	9.459	9.999	9.999	8.621	9.996
9	9.165	9.450	9.975	9.999	9.852	8.119
10	9.890	9.786	9.999	9.999	8.656	9.118
11	7.776	8.269	9.998	9.999	8.827	9.580
12	8.371	9.803	9.999	9.999	9.560	8.369
13	9.771	9.996	9.999	9.998	7.557	9.509
14	9.038	8.174	9.999	9.999	8.906	9.889
15	8.417	9.570	9.999	9.999	8.732	9.652
16	9.998	8.800	9.999	9.999	9.817	9.311
17	9.204	8.986	9.999	9.999	7.900	9.273
18	8.677	9.461	9.999	9.999	8.724	8.001
19	8.775	9.863	9.999	9.999	8.819	9.565
20	8.956	8.269	9.999	9.999	9.837	9.284
21	9.999	9.854	9.999	9.999	9.631	9.376
22	9.999	8.409	9.999	9.999	9.112	9.815
23	8.315	8.348	9.999	9.999	9.660	8.180
24	9.889	9.790	9.999	9.999	8.471	8.466
25	9.987	9.603	9.999	9.999	9.449	7.796
26	8.197	8.830	9.999	9.999	7.781	9.999
27	9.999	9.991	9.999	9.999	9.938	8.065
28	9.308	9.952	9.999	9.999	8.295	9.026
29	9.998	9.136	9.999	9.999	9.386	9.299
30	8.696	9.970	9.999	9.999	9.973	8.066
31	9.069	9.710	9.999	9.999	9.992	8.213
32	9.012	9.771	9.999	9.999	8.810	9.653

4.01($\alpha=0.05$ 에서)이므로, F 값이 4.01 보다 큰 주효과와 교호작용은 통계적으로 유의하다고 볼 수 있다. 이 때 3 차이상의 교호작용 들은 일반적으로 유의하지 않은 경우가 많으며, 유의하더라도 물리적 해석이 어렵거나 실제로 고려하기 힘들므로 이들에 교락된(confounding) 2 인자간의 교호작용을 중심으로 고찰하였다. 단, 세정도를 표면반사율법에 의해 평가한 것은, 현재 표준화되어 사용되고 있는 K/S C 9608의 평가방법에 준한 것이며 또한 예비실험결과⁵⁾ 실제 오염량과의

상관이 높은 K/S 식에 의한 평가법보다 사람의 감각에 의한 세정도와 더 높은 연관성을 보이는 것으로 나타났으므로 세정도 관능검사를 위한 후속연구에서 이들간의 함수관계를 도출하고자 하기 위한 것이다. 각 오염포별로 그 결과를 고찰해 보면 다음과 같다.

Table 8에는 Table 7의 F-test 결과를 주요인자의 주효과와 2 인자간의 교호작용에 대해 요약하였다.

1) EMPA116

EMPA116의 경우, 세제량, 온도, 경도, 시간, 전압

Table 6. Mean detergencies of 6 artificially soiled fabrics

(%)

test fabric run no.	EMPA116	EMPA101	AS3	AS9	wfk10D	wet type
1	4.19	3.38	2.27	10.01	8.58	12.82
2	32.60	12.07	2.95	34.65	24.77	32.77
3	40.45	20.57	11.99	59.39	46.96	28.28
4	14.64	4.67	3.59	22.78	20.26	19.88
5	29.13	10.60	7.36	42.97	29.80	24.86
6	19.61	7.03	2.10	32.79	20.49	24.59
7	7.56	5.59	2.05	16.73	15.41	25.16
8	3.23	8.33	1.70	15.20	10.34	23.48
9	18.47	6.59	3.72	37.74	31.06	27.63
10	28.04	9.33	2.28	46.24	37.82	24.55
11	5.33	11.59	2.37	22.93	16.82	24.05
12	7.51	7.09	2.68	25.96	21.27	23.76
13	30.71	13.01	4.96	43.02	35.99	38.73
14	3.71	4.51	0.86	9.44	9.60	17.78
15	12.99	4.71	1.96	27.13	21.76	20.88
16	37.48	26.92	7.83	49.33	48.52	35.39
17	19.72	9.36	4.28	23.16	27.43	25.81
18	52.88	28.27	31.54	62.12	58.20	50.17
19	62.70	25.15	30.60	56.44	66.02	51.05
20	8.24	7.55	5.34	22.93	18.53	18.97
21	7.58	11.24	4.65	23.14	24.35	27.41
22	21.14	10.12	5.04	28.19	26.22	31.12
23	33.77	16.10	8.31	43.92	43.09	41.09
24	35.82	19.60	6.29	43.69	43.05	40.65
25	18.59	15.83	8.49	36.60	40.30	45.64
26	9.94	17.35	8.56	29.51	24.90	38.78
27	42.31	22.58	12.63	41.48	58.54	47.89
28	35.72	18.92	19.53	49.90	54.95	52.02
29	63.79	36.44	37.22	53.11	61.63	52.19
30	19.40	6.00	3.34	18.18	29.46	29.98
31	6.59	7.15	6.92	11.94	16.86	27.72
32	60.53	24.70	36.37	46.71	59.59	56.45

의 순으로 주효과가 유의하여, 이 인자들에 대한 반응성이 큰 것으로 나타났으며, 그 외의 수위, 운전율, 액비와 같은 실험인자에 대한 반응성은 영향력이 없는 것으로 나타났다. 즉 본실험에서 대상으로 한 8개의 세탁변인을 크게 화학적 변인과 기계적 변인으로 구분하여 볼 때 전압을 제외하고는 주로 화학적 변인에 대한 강한 반응성을 보인다고 볼 수 있다. 이는 EMPA116의 오염구성성분이 주로 혈액으로 이루어져 있고 여기에 표지물질로 카본블랙을 사용하고 있기 때문에 일반적인

로 효소세제의 세탁력을 판정하는데 이용되고 있다는 사실을 뒷받침해주고 있다고 할 수 있다. 따라서 화학적 작용에 관련된 평가에는 적절하나, 세탁기의 기계력 평가나 종합적인 세탁성능 평가에는 그리 적합하지 않을 수 있다고 판정된다.

EMPA116의 주요 2인자간의 교호작용을 Table 7과 F 값과 Fig. 1~6까지의 그래프를 중심으로 고찰해보면 다음과 같다. 6종 오염포에서 나타난 주요 2인자간의 교호작용은 그 패턴이 거의 유사하였으므로 여기

Table 7. F statistics of 6 artificially soiled fabrics

(%)

test fabric run no.	EMPA116	EMPA101	AS3	AS9	wfk10D	wet type
1	7975.6193	9018.7855	21931.4688	69524.0469	30758.0517	33785.8183
2	2.2657	2.6661	13.4808	8.6468	37.2039	2.4081E-002
3	15.7987	43.6720	132.7816	38.6206	141.4113	31.6557
4	1.7014E-001	12.5312	73.4528	1.5863	9.7505	3.0134
5	8.7398E-001	3.2831	35.9474	343.1923	100.8885	1.3602
6	12.1164	7.1246	14.1667	36.1593	31.0088	4.1460E-001
7	11.0504	1.5015E-001	49.6747	18.8775	23.6943	8.4383
8	1067.8314	1284.5195	2357.1709	3751.7637	1626.3653	718.3487
9	7.8036E-001	52.8332	124.7564	7.2037	203.2459	226.7589
10	5.3023	7.5877E-002	37.2643	12.7018	51.1831	3.8848
11	1.7954E-001	3.5687E-002	17.9131	29.6374	7.3188	1.1708
12	1082.3795	654.0160	2823.8205	4157.5513	1824.5578	1130.4177
13	272.6992	64.4385	1262.1085	10.4148	86.4127	4.5398E-001
14	1.2477	3.5804E-001	6.8182	34.0579	4.4247E-001	2.3475
15	5.7754E-002	8.5430	2.1235	214.2828	5.7074	38.5013
16	4.8806	17.5377	4.7216E-002	27.4423	6.8300E-001	1.3585
17	521.4014	699.1789	4036.4129	527.0094	1786.2812	1680.7732
18	1.1099	11.2039	34.2912	71.6617	2.7647	6.5899E-003
19	152.7190	12.0537	32.6739	215.0075	116.8946	43.9383
20	4.8411E-001	1.5780	8.4990	5.6377	8.8014E-001	1.5972
21	3.5713E-001	17.5168	13.4716	53.7015	23.3571	51.9742
22	107.9637	48.0279	57.4204	24.6720	109.5564	42.1690
23	3.4399	3.0109E-001	1.7496	4105183	15.1706	6.9376
24	36.9608	31.2299	1013.4395	5.5543	37.7539	33.1382
25	6.2414	4.8768	280.7544	111.1812	1.3087	58.8437
26	5.3092	72.2861	20.0183	63.9489	24.9757	23.7763
27	7.6980E-001	24.3797	29.3113	9.8224	5.9204	1.3687
28	143.0410	52.3744	1696.9990	212.2382	166.1347	92.5343
29	12.2225	5.6747	696.9515	17.1087	3.4241	13.3789
30	2.5861	21.1940	10.5289	29.1236	8.9557	4.6090
31	579.2873	191.7465	207.6586	2859.0694	1264.9533	78.3108
32	5.3994	1.2044	21.1934	1.1018	12.9501	10.1922

서는 EMPA116 과 wfk10D 에서 나타난 교호작용을 상호비교할 수 있도록 제시하였다. 먼저, 주효과로써는 영향력이 없다고 판정된 운전율과 액비간의 교호작용이 매우 큰 것으로 나타났다(Fig. 1). 즉 일반적으로 기계작용의 증가는 세정도의 증가를 가져올 것으로 기대되는 것과는 상반되게 액비와의 교호작용하에서 운전율의 증가가 반드시 세정도의 증가를 의미하는 것은 아니라는 결과를 보이고 있다. 이는 세탁조와 유사한 모델실험에서, 기계작용과 세정도 사이에는 극대치가 존재하

며 그 이유는 세탁조의 뒤섞임에 의한 공기의 유입에 의해, 세육 중의 거품부분의 비율이 증가하여 거품에 접촉하는 부분의 세정력이 불량해진다는 관련연구⁹⁾와 일치한다.

전압과 시간사이의 교호작용도 유의한 것으로 나타났다(Fig. 2). 즉 전압이 상승하면 세탁기의 기계력이 상승하게 될 것으로 보이나, 세탁시간이 짧은 경우 전압 상승에 의한 세정도 상승효과는 거의 보이지 않거나 오히려 전압이 높아져도 세정도가 감소하는 경향을 보이

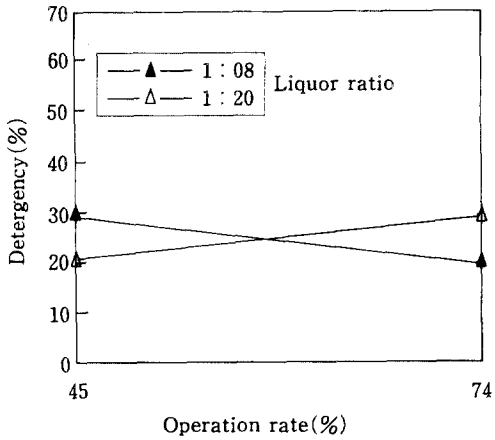
Table 8. Main and two way interactions of 6 artificially soiled fabrics

test fabric rank of F statistics	EMPA116	EMPA101	AS3	AS9	wfk10D	wet type
1	G	F	E	G	G	E
2	F	E	G	F	E	G
3	H	G	F	H	F	F
4	E	H	E/G	E	H	E/G
5	C/D	H/F	C/D	C	D	H
6	B/E	C/D	E/F	B/E	E/G	D/E
7	E/G	D	B/H	E/H	B	C/E
8	G/H	E/G	D/E	E/G	B/E	B/E
9	E/F	G/H	H/B	A/E	G/H	G/H
10	B	B	D	F/H	C	E/H
11	B/H	E/F	A/B	C/E	C/D	E/F
12	A/C	C/H	G/H	D/H	A/D	B
13	B/C	D/F	B/C	B	E/F	D
14	D/E	C/E	A/D	A/C	A	F/H
15	A/H	A/B	C	B/D	A/C	B/H
16	F/H	B/E	A/E	D/F	F/H	A/H
17	A/D	A/E	B/E	G/H	B/C	B/C
18	D/F	E/H	C/H	B/C	C/E	D/H
19		A/C	A/H	B/H	D/H	C/D
20		B/H	F/H	A/D	A/H	
21		D/E	B/D	D/E	A/B	
22			A/C	C/D	B/D	
23			A	C/H	C/H	
24			C/E	A		
25				D		
26				E/H		
27						
28						
29						
30						
31						
32						

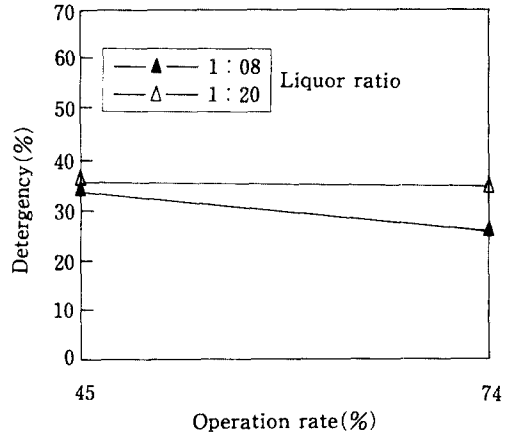
(A: water level B: voltage C: operation rate D: liquor ratio E: time F: temperature
G: amount of detergent H: hardness)

고 있다. 반면에 세탁시간이 충분히 길 경우 전압상승의 효과가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다. 그러므로, 전압과 시간의 두 인자의 주효과가 유의하게 나타났더라도 이 둘 사이의 교호작용이 유의하므로, 이 두 인자를

단독으로 해석하는 것은 문제가 될 수 있다. 즉 이 두 인자를 포함하여 세정도를 최대로 할 최적조건을 설정할 시에는 이 두인자의 각 수준에서의 조합마다의 추정치를 각각 산출하여 고려해야 할 것이다.

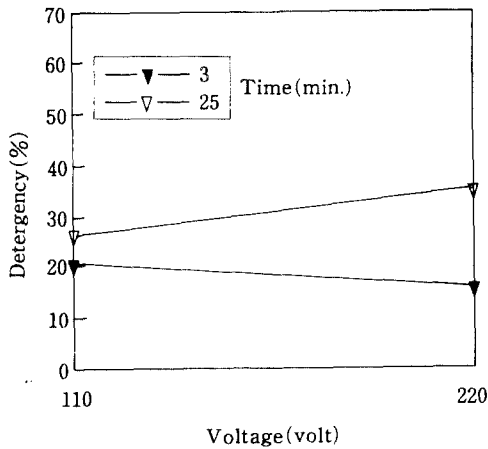


(a) EMPA116

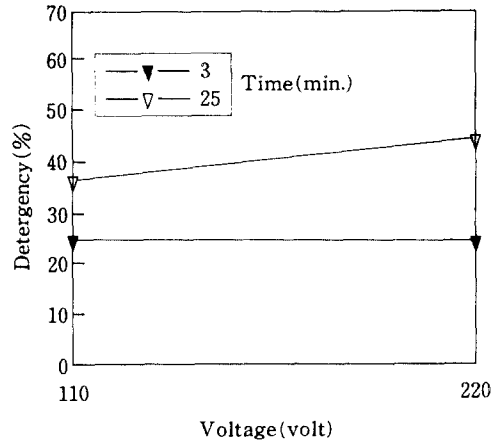


(b) wfk10D

Fig. 1. Two way interactions between operation rate and liquor ratio.



(a) EMPA116



(b) wfk10D

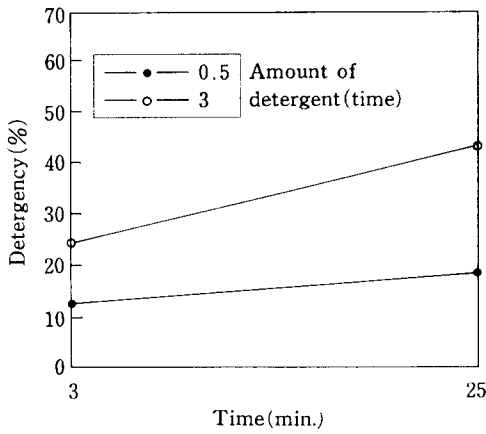
Fig. 2. Two way interactions between voltage and time.

시간과 세제량 사이의 교호작용 역시 유의하였는데 (Fig. 3), 이는 본 실험에서 사용한 세제가 단백질 분해효소를 포함하고 있으므로, 그 양이 많아질수록 효소의 양이 증가하고 반응시간이 길어질수록 효소의 활성 효과가 커져 세탁능력이 증가한 것으로 생각된다. 따라서 최근에 시판되는 대부분의 일반세제에 효소가 포함되므로, 세제의 과다사용에 의한 공해문제와 장시간 세탁에 의한 물성손상을 고려하여, 세척성을 최대로 하는 이 두 인자의 적정수준을 설정하는 것이 바람직할 것이

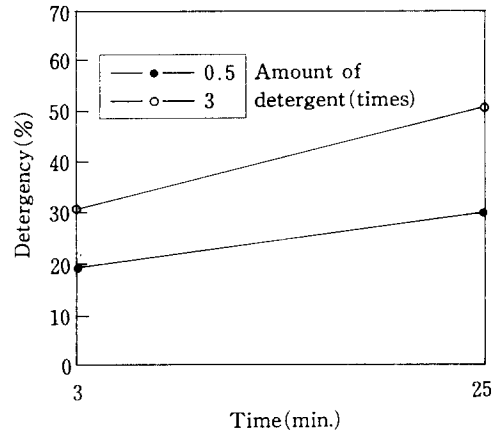
다.

또한 세제량과 온도사이의 교호작용도 유의한 것으로 나타났다(Fig. 4), 즉 10 ppm의 연수인 경우 세제량이 0.5 배에서 3 배로 증가했을 때의 세정도는 약간 증가한데 반해 300 ppm의 경수를 사용한 경우에는 세제량의 증가에 따라 급격히 세정도가 커졌다. 이는 세제성분 중에 포함된 경수 연화제의 작용이 매우 크다는 것을 시사해 준다고 하겠다.

시간과 온도 사이의 교호작용이 유의한 것은 (Fig. 5)

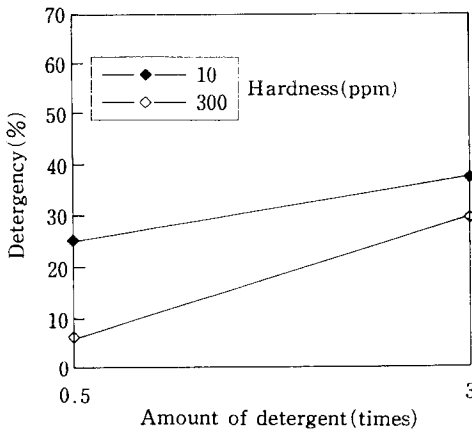


(a) EMPA116

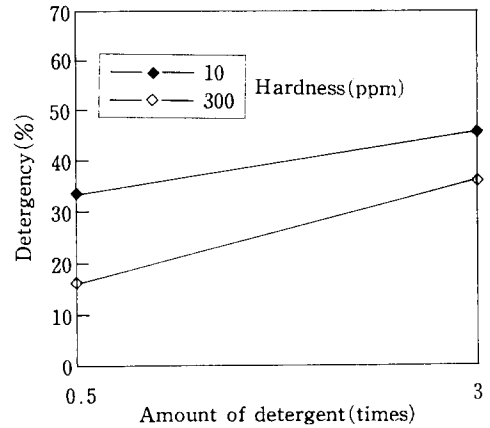


(b) wfk10D

Fig. 3. Two way interactions between time and amount of detergent.



(a) EMPA116



(b) wfk10D

Fig. 4. Two way interactions between amount of detergent and hardness.

효소 및 반응계의 활성화가 시간의 경과에 따라 더 커지기 때문이다.

2) EMPA101

EMPA101은 온도, 시간, 세제량, 경도, 액비, 전압의 순으로 주효과가 인정되어 EMPA116에서 반응성을 나타낸 실험인자들 외에 액비도 유의한 주효과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 전압과 액비에 대한 반응성이 있는 것으로 보아 EMPA116에 비해서는 어느 정도 기계력 평가가 가능하다고 할 수 있다. 그러나 카

본블랙과 올리브 오일만으로 구성된 EMPA101의 경우, 오염성분의 특성상 EMPA116에 비해 전체적인 세척력이 현저히 떨어져 그 범위가 좁으며, 후속연구에서 보고될 관능검사결과도 육안에 의한 판정이 매우 불안정하다는 사실에 비추어 볼 때, 그 사용범위를 신중히 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

2인자간의 교호작용은 온도와 경도간의 교호작용이 크게 나타났으며 운전율/액비, 시간/세제량, 세제량/경도, 시간/온도간의 교호작용등이 의미있게 나타나

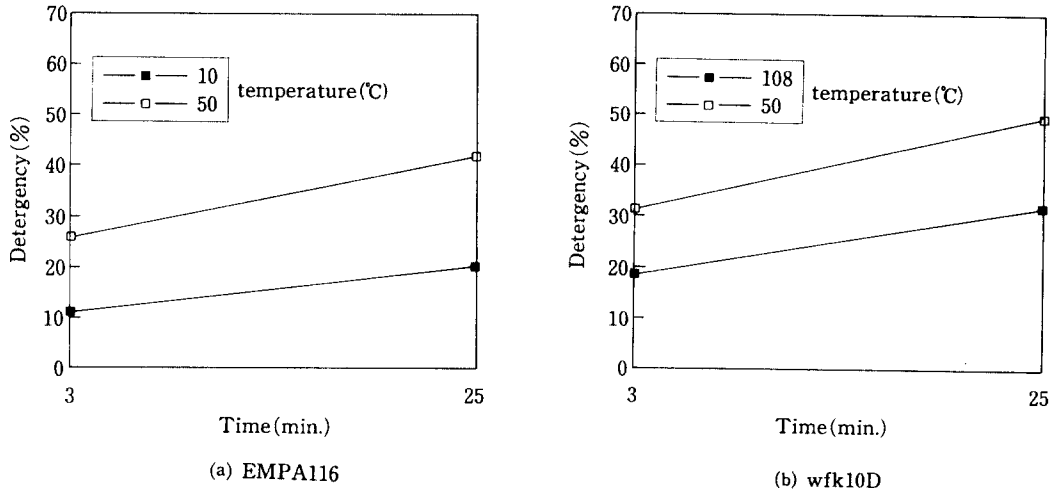


Fig. 5. Two way interactions between time and temperature.

EMPA116 과 유사한 거동을 보이고 있다.

3) AS3

AS3에서는 시간, 세제량, 온도, 경도, 전압, 액비, 운전율, 수위의 순으로 8개 인자 모두에 대한 주효과가 인정되어, 이들 변인에 대한 반응성이 있는 것으로 나타났다. 그러나, 시간, 세제량, 온도변인을 제외한 기타 변인들보다는 시간과 세제량, 운전율과 액비 등의 상호작용이 더 큰 반응을 보이고 있으며, 운전율, 수위 등의 주효과는 매우 적은 것으로 나타났고, 앞서 고찰한 바와 같이 F-test의 기본가정인 등분산성의 가정을 충족시키지 못하므로, 이 결과의 적용에는 신중을 기해야 할 것으로 생각된다.

4) AS9

AS9는 세제량, 온도, 경도, 시간, 운전율, 전압, 수위, 액비의 순으로, 모든 인자에 대하여 유의한 반응성이 인정되었다. 그러나 전압, 수위, 액비의 주효과는 매우 영향력이 적어서, 영향력이 큰 인자들인 시간과 경도, 시간과 세제량 등의 교호작용이 더 강하게 나타나고 있으며, 따라서 이들 기계적 인자들간의 교호작용의 영향력도 상대적으로 적은 것을 알 수 있다. 그러므로 기계력의 평가 또는 종합적 세척성능평가에는 그리 적합하지 못하다고 볼 수 있다.

5) wfk10D

wfk10D는 세제량, 시간, 온도, 경도 등의 화학적

인자 뿐 아니라 액비, 전압, 운전율, 수위 등의 기계적 인자들에 대한 주효과도 유의적이어서 반응영역이 큰 것으로 나타났다. 다른 오염포의 경우와 비교해 볼 때, 8인자의 주효과에 대한 F값이 인자간 교호작용에 의한 것보다 상대적으로 크므로, 화학적 작용, 기계적 작용에 대해서 뿐 아니라 이들의 종합적인 세척성능평가에 가장 적합한 것으로 생각된다. 또한 천연오염과 유사한 표지물질을 시도하여 초기반사율이 50% 정도로 매우 높는데 이는 EMPA116과 같은 극단적 오염보다 현실성있는 실험결과를 얻을 수 있는 장점으로 작용할 수 있을 것으로 보인다.

교호작용을 보면, 다른 오염포들과 마찬가지로 시간/세제량, 전압/시간, 세제량/경도, 운전율/액비등의 교호작용이 유의하였으며, 특히 수위와 액비간의 교호작용이 크게 나타나고 있다(Fig. 6). 즉 액비가 클 때에는 수위의 영향이 거의 없으나, 액비가 적을 때는 수위가 높아짐에 따라 오히려 세정도가 약간 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 액비가 클 경우 수위에 의한 오염포간의 마찰은 수위에 관계없이 원활히 진행되지만, 액비가 적을 경우에는 오히려 고수위에서 세정도가 감소된 것으로 볼 수 있다. 실제 세탁상황을 보면, 저수위에서의 세탁시에 펠세이터의 회전력이 더 크므로 세탁조 바닥에 있던 오염포의 세척이 극단적으로 잘 되는 반면 상부에 있는 오염포는 거의 세탁이 안되어 편차가

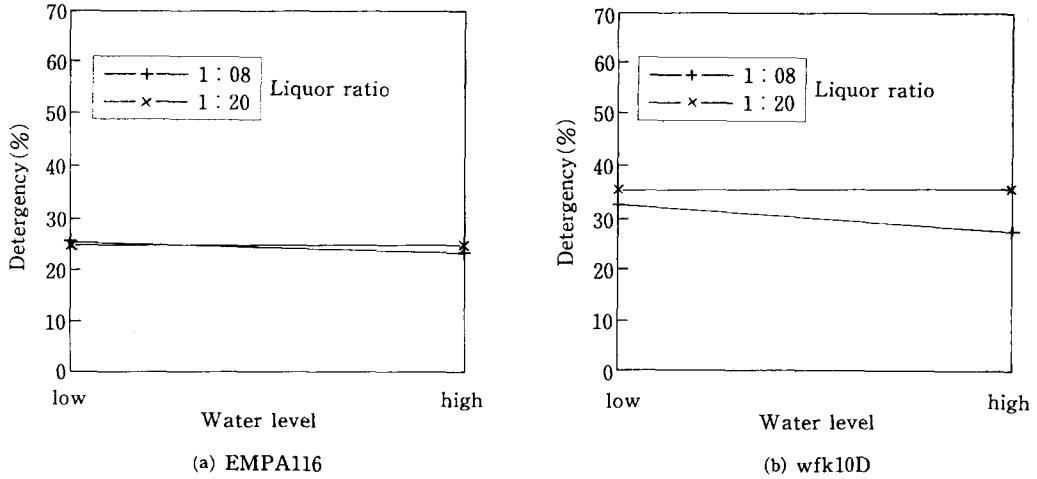


Fig. 6. Two way interactions between time and temperature.

매우 심하였다. 반면에 고수위에서는 비교적 고르게 세탁되어 이 편차는 적었으나 평균세정도는 도리어 감소된 결과를 나타내고 있다. 이처럼 세탁기에서의 세정력을 평균값에 의해 나타내어지는 대표치와, 개별적인 세탁물의 오염제거상태사이에는 상당한 차이가 있을 수 있다. 따라서, 전체 평균세정효율을 높임과 동시에 세탁기내의 편차가 적어 고르게 세탁될 수 있는 적정수위와 액비를 고려하는 것이 실제 세탁상황에서는 매우 중요한 문제라 할 수 있다.

6) 일본 습식인공오염포

일본 습식인공오염포는 시간, 세제량, 온도, 경도, 전압, 액비의 순으로 주효과가 인정되어 EMPA101과 유사한 반응성을 보이는 것으로 나타났다. 즉 EMPA116이나 EMPA101과 마찬가지로 기계력보다는 화학적 인자에 대한 평가에 더 적합한 것으로 판정된다. 그러나 몇몇 경우를 제외하고는 시간, 세제량, 온도, 경도 등에 대한 반응성이 EMPA116에 비해 적었으므로, 화학적인자에 대한 세탁성능평가시 EMPA116보다는 판별력이 떨어진다고 볼 수 있다.

이상과 같은 세탁에 관련된 인자들의 주효과와 2인자간의 교호작용을 종합해 볼 때, 대체적으로 전압, 액비, 운전율, 수위등의 기계력에 관련된 인자들보다는 세제량, 시간, 온도, 경도 등의 화학적 작용에 관련된 변인들의 영향력이 큰 것으로 나타났다. 그러나 그 중

요도의 순서는 각 오염포별로 각기 달라 각 오염포의 특성에 따라 세탁에 관련된 주요인자들에 대한 반응특성은 상이하다고 할 수 있다. 이러한 결과는 특히 본 연구에서 오염포들이 대부분 단백질을 포함하고 있으며, 시판세탁기와 단백질분해 효소가 첨가된 시판세제를 근거로 이루어진 것이기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 최적세탁조건을 설정하고자 할 때 기계력의 무한정한 증가는 세탁물의 손상을 초래할 수 있으므로, 영향력이 큰 화학적 인자들의 적절한 수준조합을 고려하는 것이 바람직하다고 보인다.

또한 인자들간의 교호작용이 존재하는 것으로 볼 때 세탁에 관련된 인자들 사이의 관계는 단순한 선형관계로 볼 수 없으므로 인자들을 각각 개별적으로 해석하는 것은 실제 세탁 성능 평가에 있어 문제가 있을 수 있으며 인자들간의 종합적 평가가 요구된다.

IV. 결론 및 제언

시판 오염포의 각종 세탁인자에 대한 반응특성을 파악하고자 6종 시판오염포에 대하여 세탁에 관련된 8가지 주요인자를 선정하여 두 수준 실험을 실시하였다. 이를 주효과와 2인자간의 교호작용을 중심으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) EMPA116은 세제량, 온도, 경도, 시간과 같은

화학적 인자에 대한 반응특성이 두드러져 화학적 인자들에 대한 세탁성능 평가에 적합한 것으로 나타났다. 또한 운전율/액비, 전압/시간과 같은 기계적 작용에 관한 인자들간의 교호작용이 중요한 인자로 나타났다.

2) wfk10D는 세제량, 시간, 온도, 경도, 액비, 전압, 운전율, 수위의 모든 인자에 대해 유의한 영향력을 나타내 세탁성능평가시 기계력 및 이들의 종합적 평가에 적합한 것으로 판정되었다.

3) EMPA101은 온도, 시간, 세제량, 경도, 액비, 전압등의 인자에 대한 반응성이 유의하여 EMPA116에 비해 기계력 평가에는 더 적합하나 오염성분의 특성상 단백질 효소세제 사용에 의한 세탁성능 평가에는 적절치 못한 것으로 보인다.

4) AS3는 8개인자 모두에 대해 주효과가 인정되나 등분산성의 가정에 충족시키지 못하였으며 세척범위가 좁아 평균세정도에 의한 평가에는 신중을 기해야 한다.

5) AS9는 wfk10D와 마찬가지로 8인자 모두에 유의한 주효과가 인정되나 전압, 수위, 액비 등의 주효과에 비해 화학적 인자들간의 교호작용이 매우 큰 것으로 나타나 종합적인 세탁성능 평가능력은 떨어지는 것으로 나타났다.

6) 일본 습식인공오염포는 시간, 세제량, 온도, 경도 전압, 액비에 대한 주효과가 유의하여 화학적 인자에 대한 평가에 적합한 것으로 보이나 EMPA116에 비해 그 판별력은 낮은 것으로 판정되었다.

이와 같이 인공오염포의 종류에 따라 세탁에 대한 반응성이 다르게 나타나므로 실험목적에 따라 적절한 오염포를 선택하여 사용해야 타당한 실험결과를 도출할

수 있다. 특히 본 연구결과에 의하면 6가지 인공오염포 중에서 화학적 인자들에 대한 반응성은 EMPA116이 가장 뛰어났으며, 화학력, 기계력 모두를 고려한 종합적 평가에는 wfk10D가 우수한 반응성을 보이는 것으로 판정되었으므로 실제 세탁성능평가를 위한 오염포의 선정시 이러한 결과를 고려한 합리적인 선택이 이루어져야 할 것이다.

* 감사의 글: 본 연구는 (주)삼성전자 생활시스템 연구소 연구비 지원에 의한 연구의 일부임.

참 고 문 헌

- 1) 矢部章彦, 林 雅子, 被服整理學概説, pp. 45-56, 光生館, 1984.
- 2) 片山倫子, 渡邊松子, 宮崎伊子, 小林泰子, 阿部幸子, 各種市販汚染布による洗剤の洗浄力評價(第2報), 日本家政學會誌, 46(12), pp. 1173-1177, 1995.
- 3) 남상우, 한국의류학회지, 세탁조건이 세정효과에 미치는 영향에 관한 연구, 12(1), pp. 69-74, 1988.
- 4) 강봉규, 통계학; 연구자료처리의 통계적 방법, pp. 131-132, 형설출판사, 1993.
- 5) 김은애 등, 세탁성능 평가안 재정립에 관한 연구, 삼성중간보고서, pp. 11-12, 1995.
- 6) Barker, Quality by Experimental design, pp. 98-128, Marcel Dekker, N.Y., 1994.
- 7) 김성련, 세제와 세탁의 과학, pp. 316-317, 교문사, 서울, 1994.
- 8) 中村道子, 秋山眞紀子, 矢部章彦, 家政誌, 13, 90, 1962.