

**Comparison of detergency effectiveness  
by the type of household washer, detergent and soil  
- Focused on detergency, rinsing, fabric damage and tanglement -**

**Shujing Piao and Myung-Ja Park<sup>†</sup>**

Dept. of Clothing and Textiles, Hanyang University, Korea

**가정용 세탁기, 세제 및 오염의 종류별 세탁 성능 비교  
- 세탁성, 헹굼성, 섬유손상도, 엉킴도를 중심으로 -**

박 서 경 · 박 명 자<sup>†</sup>

한양대학교 의류학과

**Abstract**

The purpose of this research is to provide accurate information of household washers and detergents for consumers, so that help the producers who make washing machine and detergent to get basic material and also help consumers to choose washing machine. Experiment was proceed with two type of washers to compare energy consumption, washing performance, rinsing effectiveness further, damage caused by entanglement of laundry and fabric was assessed. Detergent P and T were used to compare the performance related to differences of ingredients of detergent. Soiled fabrics of EMPA 108 set were used to evaluate performance of washing by different types of contamination. A summary of experimental results are : First, for the consumption of water, drum-type washer consumed 53% less than pulsator-type washer. On the other hand, the washing time was almost similar for both these machines, but pulsator-type washer showed shorter progress, implying that power saving was more efficient in this case. Second, the drum-type washer showed better performance for contamination with all types of detergent, but the pulsator-type washer showed better rinsing performance. Third, the drum-type washer performed less data of tangle level and fabric damage. Fourth, detergent “P” exhibited better washing performance than did detergent “T”, regardless of the type of soil. And with no limit of detergent variety, water-soluble protein soil showed high removal rate, liposoluble soil especially pigment was hardly removed.

*Keywords: washing machines(세탁기), detergent(세제), soil(오염), detergency(세탁성), rinsing effectiveness(헹굼효과)*

이 논문은 2012년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음(HY-2012-G)

Received 12 December 2013, revised 19 December 2013, accepted 23 December 2013.

<sup>†</sup> Corresponding author (mjapark@hanyang.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. Introduction

현대 과학기술의 발전과 더불어 국내의 세탁기 생산기술의 향상과 수입개방에 의하여 와류식 세탁방식에 의한 기존의 국산세탁기뿐만 아니라, 교반식 및 드럼식 세탁기들이 시장에 다량 보급되어 국내 세탁기 시장이 다양한 양상을 보이고 있어, 세탁기 종류별 정보의 전달이 더욱 더 요구되고 있다. 또한 의복재료가 고급화 되었고, 다양한 개성화로 의복에 디테일이 많고 스타일이 복잡해지며, 의복재료를 혼합해서 사용하는 현상이 증가함으로써 세탁 중에 섬유손상을 유발할 수 있는 요인이 증가하였다. 따라서 세탁 중에 섬유의 손상을 줄이기 위해서는 소비자들이 적절한 세탁조건과 세탁방법에 대한 지식이 필요해졌다.

우리나라 가정용 전기세탁기 보급률은 1988년 서울올림픽을 기점으로 매년 9% 이상 신장하여 2010년 99%로 거의 포화상태에 이르렀다. 특히 드럼식 세탁기 판매율 2002년 16%, 2004년 50%, 2005년 80%로 빠르게 전환하여, 드럼식 세탁기 시장의 폭발적인 성장을 볼 수 있다. 더욱이 드럼식 세탁기는 세탁 시간과 소비전력을 줄이고, 새로운 세탁방식을 도입하는 등으로 기술 개발과 마케팅 홍보전략을 통해 시장을 확대하고 있으므로, 이러한 드럼식 세탁기의 판매율이 급속하게 증가하고 있다. 하지만, 세탁기 사용 수명으로 누적된 사용에 의해 우리나라는 아직도 와류식 세탁기를 사용하는 소비자가 아직까지 있어서, 국내 세탁기 종류별 보급률은 와류식 세탁기 35%, 드럼식 세탁기 65%이다(Park, 2010)

와류식 세탁기는 세탁조 하부에 부착되어 있는 회전판을 돌려 세액을 회전시키는 방식으로 구조가 간단하고 고장이 적으며, 가격이 저렴하면서도 비교적 세탁효과가 좋아 아시아 국가들에게 보급률이 높다. 그러나 수류가 강해서 섬유의 손상이 크고, 세탁 중에 보푸라기가 많이 생겨 세탁물에 부착되고, 세탁 중 옷이 서로 엉켜 세탁이 불균일하게 되는 단점이 있다. 한편, 유럽 국가들이 주로 사용하는 드럼식 세탁기는 원통의 회전으로 세액을 교반시키는데, 가열장치가 붙어 있어 고온세탁이 가능하고, 섬유손상과 영김이 적은 장점을 지니나, 세탁 시간이 오래 걸리고 제작비가 비싸며, 소음이 큰

것이 단점이라고 하였다(Kim, 2013).

그러나 두 종류의 와류식과 드럼식의 세탁성능 비교에 대한 정확하고 구체적인 연구결과는 알려져 있지 않다. 또한 실제 소비자들이 세탁 중에 접하게 되는 세탁성(Chung, et al., 2006; Kim et al., 2010; Kim, 2010, Park et al., 1997; Oh & Yu, 1997)과 행균성(Lee et al., 1994), 영김도, 섬유손상(Bae, 1999; Oh et al., 2002)에 요인이 되는 세탁기-세제-오염의 종류에 따른 성능 비교에 관한 연구가 부족한 실정이므로, 세탁기 소비자들을 위한 두 종류의 세탁기에 대한 다양한 세탁성능 비교분석이 요구된다.

따라서 본 연구의 목적은 가정용 전기세탁기를 사용하는 소비자들에게 시판되는 와류식 세탁기와 드럼식 세탁기 그리고 시판 세제 상품에 대한 정확하고 실용적인 정보를 제공하고, 세탁기와 세제 생산자들에게 세탁기 성능, 세제성분 개발 및 향상에 기초자료를 제공하여 도움을 주고, 또한 소비자들이 세탁기와 세제를 구매선택하거나 사용할 때 합리적인 선택을 할 수 있도록 도움을 주고자 한다. 따라서 본 연구문제는 와류식 세탁기와 드럼식 세탁기의 세탁시간과 물소비량으로 에너지 소비에 대해 알아보고 한다. 또한 시판 세제 종류별, 단백질, 지용성 등 오염 종류별로 각종 두 종류 세탁기, 세제 및 오염포에 대한 세탁성을 평가하고, 최종 세액의 알칼리도와 계면활성제의 정량분석으로 행균 성능, 그리고 세탁 중에 세탁물의 영김도와 섬유손상도를 비교 평가하고자 한다.

## II. Experimental

### 1. Instrument and materials

#### 1) Washing machine

세탁기는 L사에서 생산하는 대표적인 6모션 와류식 세탁기와 6모션 드럼식 세탁기 두 종류의 용

<Table 1> Characteristics of the washing machines

Washer	Model	Size (mm)
Pulsator	INVERTER Direct Drive T2503SO	632×950×670
Drum	DD INVERTER F4754NQZ	686×983×756

량이 유사한 초대형 가정용 전기세탁기를 사용하여 KS C IEC 60456 방법에 의거하여 세탁하였다. 시험용 세탁기의 특성은 <Table 1>과 같다.

2) Detergent

의류세탁용 세제는 시장점유율과 인지도가 높은 약알칼리성 분말형의 합성세제 P제품(H사)과 T제품(L사)을 선정하였는데, 와류식 세탁기에는 일반용 세제를 사용하고, 드럼식 세탁기에는 드럼용 세제를 사용하였다(Table 2). 일반용 세제와 비교했을 때 드럼용 세제에는 거품 발생을 억제하는 소포제와 이염을 방지하는 이염방지제가 추가되었고, 기타 성분은 동일하였다. 세제의 기본 성분은 T세제의 경우, 고급천연알코올계(비이온)계면활성제, 직쇄알킬벤젠계(음이온), 알파올레핀계(음이온), 산소계표백제, 알칼리제, 효소 등이며, P세제의 경우, 직쇄알킬벤젠계(음이온), 고급알콜계, 알코올폴리옥시에틸렌에테르(비이온), 산소계표백제, 알칼리제, 오염재부착방지제, 2중효소 등이다. 세제 종류별 세탁 실

험할 때에 세탁액의 농도는 세제 생산업체에서 규정하는 표준사용량을 투입하여 실험을 진행하고, 두 종류의 세탁기와 두 종류 세제의 세탁성능을 비교 분석하였다.

3) Dummy load

세탁실험 할 때 세탁조의 세탁물 용량을 맞추기 위하여 기본세탁부하를 이용하였는데, 기본세탁부하는 KS C IEC 60456에서 규정하는 면직물로 된 타월, 시트와 베갯잇으로 구성되었다. 매회 세탁 시 베갯잇 4장, 시트 2장, 타월 13장을 한 세탁조에 넣어 세탁하였다(Table 3).

4) Artificially soiled fabric

세탁기 및 세제의 세탁성능을 평가하기 위하여, 오염포는 KS C IEC 60456에서 규정한 표준인공오염포 EMPA 108을 구입하여 세탁하였다(Table 4). EMPA 108은 5가지 종류의 다양한 인공오염물이 묻어있는 정사각형의 직물조각들과 한 장의 흰색 백

<Table 2> Characteristics of the detergents

Washer	Commercial detergent code	Standard amount (g/cycle)	Ingredient of detergent (surfactant and builder)
Pulsator	T(for pulsator)	57	Higher natural alcohol(anionic surfactant), linear alkyl benzene(anionic), $\alpha$ -olefin(anionic), active oxygen bleach, alkaline builder, enzyme, etc
	P(for pulsator)	57	Linear alkyl benzene(anionic), higher alcohol(anionic), alcohol-polyoxyethylene-ether(nonionic), active oxygen bleach, alkaline builder, soil anti-redeposition agent, double enzyme
Drum	T(for drum)	35	Higher natural alcohol(anionic surfactant), linear alkyl benzene(anionic), $\alpha$ -olefin(anionic), active oxygen bleach, alkaline builder, enzyme, anti-redeposition agent, anti-foaming agent, anti-back-staining agent, etc
	P(for drum)	35	Linear alkyl benzene(anionic), higher alcohol(anionic), alcohol-polyoxyethylene-ether(nonionic), active oxygen bleach, alkaline builder, soil anti-redeposition agent, double enzyme, anti-foaming agent, anti-back-staining agent, etc

<Table 3> Characteristics of the dummy load

Sort	Fiber	Pece	Size(cm)	Weight(g/piece)	Total weight
Pillow	100% cotton	4	4×13	229.1	3.75 kg
Sheets	100% cotton	2	165×233	709.6	
Towel	100% cotton	13	73×81(two-fold)	108.6	

〈Table 4〉 Characteristics of the artificially soiled fabrics

EMPA 108 set	Fiber	Soil	
		Component	Classification
EMPA 106	Cotton	Iec carbon black, mineral oil	Hydrophobic particle, liposoluble oil
EMPA 111	Cotton	Blood	Water-soluble protein
EMPA 112	Cotton	Cocoa	Colorant, water-soluble protein
EMPA 122	Cotton	Aged red wine	Colorant
EMPA 118	Cotton	Sebum, pigment	Liposoluble oil, hydrophobic pigment

포 총 6개 직물이 한 세트로 구성되어 있다. 오염포는 기본세탁부하에 매번 세탁할 때마다 타월 두 장에 각각 EMPA 108 한 세트를 타월 한 장씩에 바느질하여 견고히 부착하여 사용하였다. 한차례 실험이 끝난 뒤 오염포를 떼어내고 완전 건조시킨 후, 오염포는 세탁률 측정에 사용하였고, 비오염 백포는 UV 측정에 사용하였다.

## 2. Testing method

### 1) Washing condition

세탁실험은 모두 표준코스에서 물 온도를 냉수(약  $15\pm 2^\circ\text{C}$ )로 설정하고,  $20^\circ\text{C}$  실온에서 동일하게 진행하였다. 표준코스는 물높이와 물살이 중간이며, 행균은 3회, 탈수는 강하게 세탁공정이 설정되어 있다. 모든 세탁실험의 결과는 3회 반복 실험하여 평균을 구하였다.

### 2) Water and time consumption

세탁하면서 세탁시간, 행균시간과 총 세탁시간을 초시계로 3회 측정하여 평균치로 비교를 하였다. 그리고 세탁공정별, 세탁기 배수관을 통하여 흘러나오는 세제액을 수조에 받아내어, 세탁액량, 행균액량, 총 액량 등의 액체 부피를 비이커로 측정하고, 3회 반복실험의 결과를 평균하여 두 종류 세탁기의 물의 소비량과 총 세탁시간에 대해 비교분석하였다.

### 3) Evaluation of detergency

세탁기와 세제 및 오염포의 종류별 세탁성능의 평가는 분광광도계(Macbeth Color-eye 3000)를 이

용하여 파장 520nm에서 시험포(원포, 세탁포, 오염포)의 앞면과 뒷면 네 군데의 표면반사율을 측정하여 평균값을 구한 후, 해리스식에 의한 세탁율(D)과 위에서 측정한 원포, 오염포, 세탁포의 표면반사율로부터 K/S값을 구하고, 쿠벨카몽크(Kubelka Munk)식에 의해 계산한 세탁율( $D_{KS}$ ), 두 가지 식에 의해 세탁률을 계산하여 비교하였다(Kim, 2013).

## 4) Evaluation of rinsing effectiveness

세탁기의 행균성능을 평가하기 위해서는 세탁중의 행균액 혹은 세탁 후 세탁포에 잔류되어 있는 세제성분 중의 음이온 계면활성제와 알칼리 빌더를 다음의 방법으로 세제 잔류량으로 평가하였다.

### (1) Measurement of alkalinity

pH meter(Orion 3 Star PH Benchtop)를 이용하여 와류식 세탁기와 드럼식 세탁기의 세탁액과 최종 회전탈수기에서 배수되어 나온 행균액을 받아 각각 pH를 측정하였다.

### (2) Quantitative analysis of surfactant

#### ① Methylene blue method

전자동 수질 자동 분석기(AutoAnalyzer 3, SEAL Analytical사 제조)를 사용하여 음이온계면활성제의 양을 분석하였다. 음이온 계면활성제가 메틸렌블루와 반응하여 생성된 청색의 착화합물을 클로로폼으로 추출하여 650nm의 흡수파장에서 흡광도를 측정하는 것으로, 흐름주입분석기 및 이와 동등 이상의 성능을 갖는 자동 분석기에 의한 방법이며, 행균비는 다음의 식으로 계산하였다(Kim, 2013).

$$\text{행금비} = \frac{\text{세탁액의농도} - \text{탈수액의농도}}{\text{세탁액의농도}} \times 100$$

② UV spectrophotometer method

AHAM 규정에 의하여, 세제량을 정량분석하기 위해 탈수직물인 표준인공오염포 EMPA 108의 맨 끝에 붙어있는 100% 면백포를 잘라내서, UV/Visible spectrophotometer(Ultrospec 2100 pro)를 이용하여 탈수직물의 세제액의 흡광도를 측정하여 주어진 식에 의해 직물무게당 세제량을 계산하였다. 실험절차와 계산법은 ANSI/AHAM HLW-1-2007에 의거하였다.

5) Evaluation of fabric damage

AHAM(American National Standard Performance Evaluation Procedure for Household Washers)은 미국의 국가규격으로 본 실험은 ANSI/AHAM HLW-1-1987에 의거하여 ETL Testing Laboratories, Inc (New York, USA)로부터 구입한 표준규격 직물을 21.3cm×28cm로 자른 후 세탁하여, 사직으로 제작한 폴리에스테르 마르퀴트 직물의 경사와 위사의 손상된 부분이나 올이 뒤틀린 부분을 규정 계산법에 의해 손상도를 평가하였다. 숫자가 클수록 손상 정도가 심함을 나타낸다.

6) Evaluation of tangles

영킴도는 ANSI/AHAM HLW-1987에 의거하여 실험용 남성용 셔츠 14장을 이용하여 측정하였다. 세탁후 셔츠가 한 장씩 나오든지 혹은 덩어리로 영켜 나오든지 꺼내는 경우의 수마다 섞이지 않도록 따로 구분해서 모아 두고, 영킨 셔츠의 수와 상태를 파악하여 규정 식에 의해 영킴도(R)를 계산하였다.

$$\text{영킴도, R(\%)} = 100 \frac{X}{n} \left[ 1 - \frac{f(r-1)}{n-1} - \frac{gL}{X} \right]$$

여기서,

X: 영킨 덩어리들 안에 있는 모든 셔츠 수(한 장씩 떨어져 나온 셔츠 수는 포함되지 않는다.)

n: 시험에 사용한 전체 셔츠 수

r: 세탁기에서 꺼낼 때 구분해 놓은 덩어리 수 (영킨 덩어리 수+한 장씩 떨어져 나온 셔츠 수)

L: 각 덩어리들에서 들어올릴 때 영킴이 쉽게 풀리는 모든 셔츠 수

f: 0.41

g: 0.3

III. Results and Discussion

1. Water and time consumption

세탁 중 물 소비량의 경우, <Table 5>의 결과에서 보는 바와 같이 전 세탁과정에서 총 물의 사용량은 드럼식 세탁기가 평균 113.6L로 측정되어 와류식 세탁기보다 물을 53% 적게 사용하였다. 세탁 공정별로 봤을 때도, 세탁액도 드럼식 세탁기가 평균 19.4L로 측정되어 와류식 세탁기보다 74% 적게 사용하였고, 행금액도 드럼식 세탁기가 평균 94.2L가 측정되어 와류식 세탁기보다 44% 더 적게 사용하였다. 따라서 세탁액량으로 비교하였을 때 와류식 세탁기보다 드럼식 세탁기가 물사용량이 적으므로 물을 더 절약한다고 볼 수 있다.

총 세탁시간은 <Table 5>에서 보는 바와 같이, 두 종류 세탁기가 비슷하게 측정되어 차이를 나타내지 않았다. 그러나 세탁공정별로 보았을 때 와류식 세탁기는 물 투입량이 많아서 투입시간이 긴 반면, 세탁공정 시간은 와류식 세탁기가 평균 27분 1초로 측정되어 드럼식 세탁기보다 세탁시간이 더 적게 소요되고, 행금시간은 드럼식 세탁기가 평균 26분 18초로 측정되어 와류식 세탁기보다 행금시

<Table 5> Water and time consumption during washing

Process	Water consumption			Washing time			
	Washing (L)	Rinsing (L)	Total (L)	Washing (min/sec)	Rinsing (min/sec)	Spin-drying (min/sec)	Total (hr/min/sec)
Pulsator	74.4	167.2	241.6	27 ' 01 "	36 ' 30 "	15 ' 21 "	1:18'53"
Drum	19.4	94.2	113.6	41 ' 13 "	26 ' 18 "	11 ' 17 "	1:18'48"

간이 더 짧았고, 탈수시간은 드럼식 세탁기가 평균 11분 17초로 측정되어 와류식 세탁기보다 탈수시간이 더 짧게 소요되었다. 그러므로 총 세탁시간은 두 종류 세탁기가 비슷하나, 와류식 세탁기가 모터가 쉬지 않고 움직이는 세탁공정 시간을 더 적게 소요함으로써 전기에너지 절약에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

2. Detergency

1) Detergency by the type of washer

〈Table 6〉에서 보는 것과 같이 표면반사율에 의한 세탁률(D) 평가에서, P세제로 세탁을 했을 때 모든 오염포에서 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 세탁률이 우수하게 나타났고, T세제로 세탁을 했을 때 EMPA 122(aged red wine) 오염포를 제외한 모든 오염포에서도 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 세탁률이 더 우수하게 나타났지만, EMPA 122 오염포에서는 와류식 세탁기의 세탁률이 더 우수하게 나타났다.

K/S값에 의한 세탁률(D<sub>K/S</sub>) 평가에서, P세제로 세탁을 했을 때 모든 오염포에서 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 세탁률이 우수하게 나타났고, T세제로 세탁을 했을 때 EMPA 122(aged red wine) 오염포를 제외한 모든 오염포에서도 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 세탁률이 더 우수하게 나타났지만, EMPA 122(aged red wine) 오염포에서는 와류식 세탁기의 세탁률이 더 우수하게 나타났다.

전반적으로 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다

세탁성이 우수하게 나타났는데, 이는 드럼식 세탁기의 세탁공정 시간이 41분 13초로 와류식 세탁기의 27분 1초보다 매우 길었으며, 회전시 세탁물의 낙차에 의한 물리적인 힘이 추가되어 우수한 세탁성에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 예외적으로 T세제를 사용하였을 때 오염포 EMPA 122(aged red wine)에서는 와류식 세탁기의 세탁성이 더 우수하게 나타났는데, 이는 색소 오염에 대해 작용된 세제성분의 차이 때문이라고 판단된다.

2) Detergency by the type of detergent

〈Table 6〉에서 보는 것과 같이 EMPA 122 오염포를 제외한 모든 오염포에서 일반용 P세제가 일반용 T세제보다 세탁률(D)이 더 우수하게 나타났지만, EMPA 122 오염포에서는 일반용 T세제가 일반용 P세제보다 세탁률(D)이 더 우수하게 나타났다. 그리고 모든 오염포에서 드럼용 P세제가 드럼용 T세제보다 세탁률(D)이 더 우수하게 나타났다. 마찬가지로 EMPA 122 오염포를 제외한 모든 오염포에서 일반용 P세제가 일반용 T세제보다 세탁률(D<sub>K/S</sub>)이 더 우수하게 나타났지만 EMPA 122 오염포에서는 일반용 T세제가 일반용 P세제보다 세탁률(D<sub>K/S</sub>)이 더 우수하게 나타났다. 그리고 모든 오염포에서 드럼용 P세제가 드럼용 T세제보다 세탁률(D<sub>K/S</sub>)이 더 우수하게 나타났다. 이는 세제 성분의 종류 및 각 성분의 비율에 의한 차이로 판단된다.

3) Detergency by the type of soil

세탁기의 성능에서 오염 제거 능력을 객관적으로

〈Table 6〉 Detergency by the type of washer, detergent and soil

Detergency	Detergent code	Soil Washer	EMPA	EMPA	EMPA	EMPA	EMPA
			118	106	111	112	122
D (%)	P	Pulsator	26.74	9.45	69.96	13.11	16.86
		Drum	44.12	22.86	80.57	46.24	19.91
	T	Pulsator	23.92	8.65	59.42	12.97	19.98
		Drum	36.82	17.09	78.92	26.81	14.73
D <sub>K/S</sub> (%)	P	Pulsator	46.50	29.16	96.27	33.95	35.40
		Drum	66.85	55.92	98.16	78.64	40.49
	T	Pulsator	42.62	26.95	93.52	33.87	40.54
		Drum	59.05	45.81	97.93	58.22	31.69

평가하기 위해서는 적절한 오염포의 선택과 평가 방법이 필요하다. 반복되는 세탁실험을 할 때 천연 오염포는 채취하기 어렵고, 실험결과의 오차가 심할 뿐만 아니라, 채취한 오염성분 자체의 보편성도 의문되는 등 여러 가지 문제점이 있어 일반적으로 인공오염포를 사용하고 있다.

<Table 7>은 오염의 종류별 세탁성을 비교한 결과에서 나타난 세탁률 순위이다. 4종류의 세제를 사용하여 세탁한 결과, 모두 오염포 EMPA 111(blood)에서 세탁률(D)이 제일 높게 나타났고, 일반용 P세제와 일반용 T세제를 사용하였을 때 나머지 오염포는 세탁률(D)이 높는데서, 낮은 순으로는 EMPA 118(sebum/pigment), EMPA 122(aged red wine), EMPA 112(cocoa), EMPA 106(IEC carbon black/mineral oil)이었고, 드럼용 P세제는 EMPA 112, EMPA 118, EMPA 106, EMPA 122 순이었으며, 드럼용 T세제는 EMPA 118, EMPA 112, EMPA 106, EMPA 122 순이었다.

마찬가지로 오염포 EMPA 111에서 세탁률(D<sub>K/S</sub>)이 제일 높게 나타났고, 일반용 P세제와 일반용 T세제를 사용하였을 때 나머지 오염포는 세탁률(D<sub>K/S</sub>)이 높는데서 낮은 순으로는 EMPA 118, EMPA 122, EMPA 112, EMPA 106이었고, 드럼용 P세제는 EMPA 112, EMPA 118, EMPA 106, EMPA 122 순이었으며, 드럼용 T세제는 EMPA 118, EMPA 112, EMPA 106, EMPA 122 순이었다.

세탁성이 가장 우수한 EMPA 111의 경우, 오염성분은 blood로 수용성 단백질 오염이며, 이는 세탁기 종류 혹은 세제 종류에 상관없이 가장 잘 제거되었다. 그러나 지용성 오염(soil)(EMPA 118, 112)의 제거가 어려웠으며, 특히 색소 성분을 지니고 있는 오염포 EMPA 106(Cocoa)과 EMPA 122(Red Wine)는 색소의 제거가 어려워 가장 세탁하기 어려운 오염

포로 나타났다. 세제 생산업체의 과제이기도 하다. 색소 오염의 경우에는 세탁기의 물리적인 힘이나 세제의 화학적 작용만으로는 불가능하고, 추가적으로 표백처리를 하여 산화작용에 의한 색소파괴를 기대할 수 있다고 생각한다.

3. Rinsing effectiveness

세탁하면서 세제를 사용하여 오염(soil)을 섬유로부터 제거하는 것도 중요하지만, 세탁물에 남아 있는 더러운 세액과 세탁물이 흡착하고 있는 오염과 세제를 철저히 제거하는 행구기 과정이 그 이상으로 중요하다고 볼 수 있다. 세제성분이 세탁물에 잔류하여 직물이 피부와 접촉했을 때 민감성 피부인 사람들에게는 피부자극이나 아토피 피부염과 같은 접촉성 피부염을 일으킬 수 있으므로 인체에 유해할 수 있다. 그러므로 세탁 후 세제의 잔류량을 측정하여 행굼성에 대한 평가와 연구는 필요하다고 본다.

1) Rinsing effectiveness by alkalinity

<Table 8>에서 보는 바와 같이, P세제를 사용하여 실험을 하였을 때, 와류식 세탁기의 탈수액의 평균 pH가 드럼식 세탁기보다 0.19 낮게 나타났고, T세제를 사용하여 실험을 하였을 때, 와류식 세탁기의 탈수액의 평균 pH가 드럼식 세탁기보다 0.28 낮게 나타났다. 표준코스에서 알칼리도로 행굼성을 평가할 때 와류식 세탁기가 드럼식 세탁기보다 탈수액의 pH가 수치상으로 조금 낮게 나타난 것으로 보아, 행굼성이 조금 더 우수하다고 판단된다.

이와 같은 현상은 드럼식 세탁기의 경우, 초기 세탁액량(19.4L)이 적어 세탁액의 세제농도가 높고, 행굼액량(94.2L)이 적어서 행굼 결과가 낮은 것으로 보인다. 드럼식 세탁기의 세탁액량(19.4L)은

<Table 7> Ranking of detergency by the type of soils

Washer	Detergent code	Soil				
		EMPA 118	EMPA 106	EMPA 111	EMPA 112	EMPA 122
Pulsator	P	2	5	1	4	3
	T	2	5	1	4	3
Drum	P	3	4	1	2	5
	T	2	4	1	3	5

<Table 8> Alkalinity of detergent solution at each washing process

Washer	Detergent	pH		
		Tab water	After washing	After spin-drying
Pulsator	P	7.56	10.39	8.03
	T		10.16	8.01
Drum	P	7.44	10.36	8.22
	T		10.41	8.29

와류식 세탁기의 세탁액량(74.4L)에 비해서 74% 적으므로 초기 세탁액의 세제농도가 높을 것이라고 예측할 수 있다. 그러나 P세제를 사용하였을 때 pH 측정결과 10.39와 10.36으로 크게 차이가 나지 않았는데, 이는 세제 중에 알칼리 완충제 역할을 하는 조제의 함유 때문으로 보인다.

2) Rinsing effectiveness by surfactant concentration

메틸렌블루법으로 T세제의 세탁액과 탈수액 중의 계면활성제 농도를 측정하여 행급비를 계산한 결과(Table 9), 행급비가 와류식 세탁기가 드럼식 세탁기보다 조금 더 큰 수치를 나타내어, 와류식 세탁기의 행급성이 더 우수하다고 판단된다. T세제의 탈수액을 이용하여 UV 측정결과 와류식 세탁기가 드럼식 세탁기보다 면백조에 잔류한 계면활성제의 양이 조금 더 적으므로 와류식 세탁기가 드럼식 세

탁기보다 행급성이 조금 더 우수하다고 판단된다.

<Table 9>와 <Table 10>의 결과에서 보는 바와 같이, 세탁 중 2~3회의 행급과정에서, 사용한 세제를 남기지 않고 완전하게 제거하기란 불가능하다고 알려져 있다. 그것은 세제란 일반적으로 섬유 표면은 물론 다양한 소재 표면에 흡착하는 성질이 있고, 특히 합성세제의 경우 천연비누에 비해서 거품성이 우수하며 저농도에서도 거품이 발생하므로, 이는 소비자에게 세제가 많이 남아있는 착각을 불러일으켜 “행급불량 세탁기”로 소비자불만사항이 되기도 한다(Kim, 2013). 세제의 충분한 제거를 위하여 행급회수를 더욱 늘린다면, 세탁시간이 길어지므로 바쁜 현대인에게 불만을 초래할 수 있으며, 오랜 세탁시간은 섬유의 손상을 악화시킨다. 따라서 빠른 세탁시간과 동시에 행급성이 우수한 새로운 세탁기의 출현이 요구된다.

4. Fabric damage

세탁 중에 섬세한 마르퀴넷 직물의 미어짐의 정도로 섬유손상도를 측정된 결과, <Table 10>에 나타난 바와 같이, 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 섬유손상도가 낮게 나타난 것으로 보아 표준코스에서 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 섬유가 덜 손상된다고 판단된다. 이 결과는 <Table 11>에서 섬유의 영김도와 연관을 보였다.

세탁효과를 높이기 위하여 모터를 강하게 돌리

<Table 9> Concentration of detergent solutions at each washing process

Washer	Detergent code	Conc. of surfactant by methylene blue method			Conc. of surfactant by UV method
		After washing (A) (mg/L)	After spin-drying (B) (mg/L)	Rinsing ratio $\left(\frac{A-B}{A}\right)$	Residual amount gdet./lb.ofload g
Pulsator	T	48.3	1.3	97.3	0.161
Drum	T	29.9	1.0	96.7	0.167

<Table 10> Grid number of damaged fabric area during washing

Testing No. Washer	1	2	3	4	5	6	7	8	Grid number	
									Total	Average
Pulsator	14	7	6	9	5	9	25	15	90	11.3
Drum	5	9	25	13	4	17	2	5	79	9.9

면 강한 마찰에 의해 엉킴도와 섬유손상도가 증가할 수 있으므로 세탁사고나 소비자불만을 야기시킬 수 있는 문제가 여전히 남아있다.

5. Rinsing effectiveness

엉킴도를 측정할 때 두 세탁기에 각각 사이즈가 비슷한 성인 셔츠를 14개씩 넣어 세탁을 하였다. 세탁이 끝난 뒤 각 세탁기에서 셔츠를 꺼낼 때 구분해 놓은 덩어리 수(엉킨 덩어리 수+한 장씩 떨어져 나온 셔츠 수)(r), 엉킨 덩어리들 안에 있는 셔츠의 수(한 장씩 떨어져 나온 셔츠 수는 포함되지 않음)(X), 각 덩어리들에서 들어올릴 때 엉킴이 쉽게 풀리는 셔츠의 수(L)를 이용해서 엉킴도를 측정 한 결과, <Table 11>에서 보는 바와 같다.

셔츠의 엉킴도 측정결과, 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 엉킴도가 더 작게 나타났으므로, 드럼식 세탁기가 세탁할 때 세탁물이 덜 엉킨다고 판단된다. 이러한 엉킴도는 섬유손상도와도 연관이 되어, <Table 10>에서 와류식 세탁기 세탁 중에 세탁물의 엉킴이 많아져서 엉키는 동안 직물이 뒤틀리고 꼬여져서 섬유손상이 커진 것으로 사료된다.

세탁 중에 특히 기저귀, 긴소매 셔츠, 긴 바지 등과 같이 길이가 긴 세탁물의 엉킴 현상은 의류가 꼬임에 의해 장력을 심하게 받게 되므로 섬유가 손

상되며, 구김 정도가 심해진다. 또한 세탁성이 불균일해지고, 엉킨 세탁물 덩어리가 세탁조의 한쪽으로 치우치는 현상이 발생하여 드럼의 중심을 기준으로 한쪽이 무거워지는 편심이 유발된다. 세탁물이 편심되어 드럼이 고속으로 회전하는 경우(예를 들어, 탈수 시), 드럼의 회전 축 자체의 기하학적 중심과 실제 무게 중심이 불일치를 하는 불균형에 의한 진동과 소음이 발생하므로 소비자 불만을 야기시킬 수 있다. 따라서 세탁기 생산자들은 직결식 세탁기(세탁조를 돌리기 위한 운동 전환 장치를 세탁조에 바로 붙이는 구조)의 구동장치를 이용하여 Pulsator와 세탁조를 동시에 서로 다른 방향으로 회전시키는 등, 수류 혹은 세탁물의 움직임을 변화시켜 향상하고 있으나(Choi et al., 2003; Oh et al., 2011), 여전히 엉킴 현상은 일어나고 있으므로 세탁 중에 세탁망을 사용하거나 하는 세탁방법의 개선이 필요하다.

IV. Conclusions

본 연구의 목적은 시중에서 판매되고 있는 가정용 전기세탁기를 사용하는 소비자들에게 와류식 세탁기와 드럼식 세탁기 각종 성능에 대한 정확하고 실용적인 정보를 제공하고자 한 것으로, 소비자

<Table 11> Degree of tangles of laundry

Washer	Testing No.	X	r	L	Degree of tanglement	
					Each(%)	Average(%)
Pulsator	1	14	1	6	87.14	55.66
	2	12	4	6	64.75	
	3	12	3	12	54.59	
	4	10	6	8	43.02	
	5	7	9	4	28.81	
Drum	1	11	4	2	66.85	38.98
	2	13	2	1	87.79	
	3	3	12	0	13.99	
	4	4	11	4	10.99	
	5	4	11	2	15.27	

r: Number of groups composed of tangled shirts+number of isolated shirts one by one

X: Number of tangled shirts in the groups(isolated shirts were not counted)

L: Number of untangled shirts when pick up at each group

가 세탁기의 구매, 선택이나 사용에 도움을 주기 위해 두 종류 세탁기의 에너지 소비, 세탁성, 행굼성, 그리고 세탁 중 세탁물의 영김도와 섬유손상도를 비교 평가하였다. 또한 세탁기와 세제 생산자들에게 세탁기 성능, 세제성분 개발 및 향상에 기초자료를 제공하여 도움을 주고자 시판 세제 종류별, 오염의 종류별 세탁성을 비교하였다. 다양한 세탁 실험을 통해 얻은 결과로부터 유추하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 와류식과 드럼식 가정용 전기세탁기 종류별 각종 성능을 비교한 결과, 물 에너지 소비량의 경우, 전체 세탁과정에서 총 물의 사용량은 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 물을 53% 적게 사용하였으므로 드럼식 세탁기가 물의 사용량을 더 절약할 수 있으며, 와류식 세탁기의 경우 드럼식 세탁기보다 세탁공정 시간이 짧으므로 전기에너지 절약에 더욱 유리할 것이다. 세탁성의 경우, 드럼식 세탁기가 와류식 세탁기보다 거의 모든 세제와 오염포에서 세탁성이 현저하게 우수하며, 행굼성의 경우는 반대로 와류식 세탁기가 드럼식 세탁기보다 약간 우수하다. 세탁 중에 세탁물은 드럼식 세탁기에서 덜 영키며, 섬유손상이 덜 된다. 따라서 드럼식 세탁기는 최근 기술개발과 홍보를 통해서 빠른 속도로 시장을 확장하고 있지만, 와류식 세탁기는 예전부터 사용하여 왔고, 사용이 편리하며, 가격대비 성능이 우수한 장점을 갖고 있어서 두 종류 모두 지속 가능할 것으로 보인다.

둘째, 세제와 오염의 종류별 세탁성능을 비교한 결과, 거의 모든 오염포에서 오염의 종류와 상관없이 P세제가 T세제보다 세탁성이 더욱 우수하다. 또한 세제 종류와 상관없이 수용성 단백질오염은 제거율이 가장 우수하며, 지용성 오염과 특히 색소 성분의 제거가 어렵다. 따라서 다양한 세제를 사용해서 세탁물 중에 오염을 완전하게 제거하기 위한 후속적인 세탁 연구가 요구된다. 또한 지용성 오염과 색소 성분 제거에 더욱 효과적인 세탁방법(세탁 온도 등)과 물리적인 힘, 세제 중 계면활성제 및 조제(표백제 등)의 개발이 더욱 필요하다.

본 연구의 세탁기와 세제의 종류별 성능 비교 평가 결과는 소비자나 생산자에게 실용적인 정보를 제공함으로써, 소비자에게는 구매 선택이나 사용에

도움을 주며, 생산자에게는 세탁기와 세제의 신개발에 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- ANSI/AHAM HLW-1.(1987). American National Standard: Performance evaluation procedure for household washers, 1-52.
- ANSI/AHAM HLW-1.(2007). American National Standard : Performance evaluation procedure for household washers-rinsing effectiveness test, 1-21.
- Bae, J. S.(1999). The detergency improvement and fabric damage in the washing treatment by commercial bleaching agents. *Family and Environment Research*, 37(2), 113-125.
- Choi, J. Y., Lee, J. M., Lee, J. S., Park, N. C., & Park, Y. P.(2003). A study on the dynamic behavior and comparative analysis of a suspension type pulsator/drum type washing machine. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference Proceedings*, 1134-1139.
- Chung, H. W., Kim, M. K., & Kim, H. S.(2006). Optimum washing conditions of artificially soiled cloths in a drum-type washing machine. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(11), 1589-1597.
- KS C IEC 60456.(2007). Clothes washing machines for household use - Methods for measuring the performance. Korean Agency for Technology and Standards.
- Kim, E. A., Ahn, M. Y., Han, E. K., Park, Y. S., & Shin, H. D.(1996). Reaction behaviour of artificially soiled fabrics for different washing conditions. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 20(6), 1048-1061.
- Kim, H. J.(2010). The effects of water hardness and pH of washing solution on soil removal and color of pigment soils: Focused on the wine soil and the cocoa soil. M. S. Thesis, Inha University.
- Kim, S. R.(2013). *Science and of detergency and detergent*. Kyomunsa .

- Lee, J. S., & Seong, H. Y.(2001). Detergency of fabrics with changes of mixed soil composition ratio and protease. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 25(5), 991-1001.
- Lee, O. K., Pyo, S. Y., Kim, H. S., Kim, P. D., & Lee, H. W.(1994). A study of improvement on washing and rinsing efficiency -Effect of the dissolution of detergent on washing and rinsing efficiency - . *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 18(1), 23-30.
- Oh, J. E., Jung, C. Y., Yang, I. H., Jeong, J. E., & Lee, J. W.(2011). Comparison of washer vibration according to position of unbalance mass. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference Proceedings*, 725-726.
- Oh, K. W., Kim, H. S., & Kim, S. H.(2002) Image analysis method for evaluating fabric damage by household washing machines. *Textile Science and Engineering*, 39(1), 108-115.
- Oh, K. W., & Yu, H. K.(1997). Evaluation of washing efficiency based on consumer's washing behavior. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 21(2), 251-261.
- Park, M. J.(2010). A centennial review of environmental problem and solving related to clothing care -Analysis of articles in Korean newspapers issued 1910~2010-. *Fashion Information and Technology*, 7, 12-34.
- Park, K. W., Kim, H. G., Jung, J. R., Kim, S. R., & Park, C. H.(1997). A study on the artificially soiled fabric containing oil soluble dye as an indicator. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 21(1), 58-66.