

〈연구논문(학술)〉

## 폴리에스터 섬유의 저욕비염색공정에 있어서 직물특성과 균염성의 상관성 분석

정종석 · 장경진<sup>1</sup> · 김태경<sup>†</sup> · 조성우<sup>2</sup> · 이용진<sup>2</sup> · 남창우<sup>3</sup>

경북대학교 기능물질공학과, <sup>1</sup>경북대학교 섬유시스템공학과  
<sup>2</sup>명성기계 주식회사, <sup>3</sup>한국생산기술연구원

### Correlation between Levelness and Fabric Characteristics for Low Liquor Ratio Dyeing Processes of Polyester Fibers

Jongsuc Jung, Kyungjin Jang<sup>1</sup>, Taekyeong Kim<sup>†</sup>, Sungwoo Cho<sup>2</sup>,  
Yongjin Lee<sup>2</sup> and Changwoo Nam<sup>3</sup>

Dept. of Advanced Organic Materials Science and Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

<sup>1</sup>Dept. of Textile System Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Myungsung Machinery Co., Ltd., Kyungbuk, Korea, <sup>3</sup>Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, Korea

(Received: July 25, 2008/Revised: September 12, 2008/Accepted: February 20, 2009)

**Abstract**— The seven kinds of polyester fabrics having different fabric characteristics were investigated in terms of their dyeing levelness under various liquor ratios. The levelness was evaluated statistically from color strength obtained at different sections of each piece of dyed fabrics. The color strength data were analyzed using an exponential decay function of 3 parameters,  $y=y_0+ae^{-bx}$ . The b value of the function was used as an index of sensitiveness of dependence on liquor ratio of levelness. The index, b value, showed a linear proportional relationship to thickness of fabrics. Average unlevelness of dyeings exhibited an inverse proportional relationship to both weight and thickness of fabrics.

**Keywords:** polyester, fabric characteristics, dyeing, low liquor ratio, levelness

## 1. 서 론

모든 산업에 있어서 에너지와 자원의 소비는 필연적이다. 산업의 특성에 따라 그 소비량에 차이는 있을지라도 원자재를 활용하여 제품을 생산하는 산업군에 있어서는 대량의 에너지와 자원을 소비하지 않고는 원천적으로 생산이 불가능하다. 섬유산업은 천연으로부터 얻은 또는 석유로부터 합성한 고분자 물질을 사용하여 원사를 제조하고, 이로부터 제직 또는 편직 등의 공정을 통해 직편물 등을 제조한다. 이들은 다시 염색과 가공 등의 공정을 거쳐 의류용을 포함한 각종 섬유 제품으로 생산된다. 이러한 섬유산업 역시 그 제조공정의 전반에 걸쳐서 다량의 원료물질과 에너지를 소비하고 있으며, 이 중에서 특히 에너지의 소비는 다른 산업에 비해서

상당히 높은 것으로 조사되어 있다<sup>1,2)</sup>.

에너지의 소비량을 줄이기 위한 다방면에서의 노력이 이루어지고 있는 가운데 섬유산업에서도 제품의 생산성이나 품질은 저하시키지 않으면서도 에너지를 가급적 적게 사용하기 위한 기술 및 공정 개발들이 많이 시도되고 있으며 이러한 시도들은 섬유산업 중에서도 특히 에너지의 소비가 많은 염색가공 공정이 주를 이루고 있다.

그 예로써, 고흡진염료기술, 저온염색기술, 초임계염색기술, 무염료발색기술, 자외선경화가공기술 등이 알려져 있고 현재에도 많은 연구들이 진행되고 있다<sup>3-13)</sup>. 이들 기술들의 핵심은 공정과 설비의 개발과 함께 새로운 소재나 염조제, 가공제와 같은 원료물질의 개발이 병행해서 이루어지는 기술들에 속한다.

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-53-950-5639; Fax.: +82-53-950-6617; e-mail: taekyeong@knu.ac.kr

또 다른 에너지 절약기술로서 저욕비염색기술을 들 수 있다. 저욕비염색기술은 염색에 사용되는 물의 양을 기존의 욕비 1:5~1:10 정도에서 그 이하로 줄이는 기술로서 직접적으로는 물의 소비량을 줄일 뿐 아니라 염액이나 수세액의 승온에 소모되는 에너지의 사용을 함께 줄이고 추가적으로는 폐수의 배출량과 폐수처리비용까지도 감소시키는 에너지자원절약기술이다<sup>14,15)</sup>.

그러나 저욕비염색기술이 현실화되기 위해서는 적은 양의 용수로 최대의 효율을 낼 수 있는 염색설비의 개발이 필수적이다. 따라서 산업적인 면에서 염색기계제조메이커에 의해 여러 차례 이와 관련한 기술개발들이 시도되어 왔고 현재에도 꾸준한 연구개발이 이루어지고 있다<sup>16,17)</sup>.

본 연구는 이러한 저욕비염색기술에 관한 것으로서 폴리에스터 섬유류의 고압염색시 욕비가 감소함에 따라 균염성이 저하되는 현상을 직물의 특성과 관련지어 분석하였다. 일반적인 액류순환식 직물염색공정에서의 염색은 직물의 총무게 기준으로 투입하므로 직물의 두께가 두껍고 중량이 무거운 직물의 경우 투입되는 직물의 면적은 상대적으로 줄어들게 되고, 반대로 얇거나 가벼운 직물의 경우 보다 면적은 넓어지게 된다. 현장 작업자들의 경험에 의하면 두껍고 무거운 직물일수록 균염성이 우수하고 얇고 가벼운 직물일수록 균염성이 불량해진다고 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 근본적으로 균염성의 확보가 어려운 저욕비염색기술에서 직물의 두께나 중량의 변화가 욕비별 균염성에 얼마나 민감하게 영향을 끼치는지를 조사하고 분석하여 저욕비염색기술개발에 대한 기초연구로서 활용하고자 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험재료

#### 2.1.1 시료

물리적 특성이 다른 100% 폴리에스터 직물 7종에 대하여 소재특성을 분석하고, 욕비별 염색실험에 사용하였다. 각 PET 직물의 특성은 Table 1과 같다.

#### 2.1.2 염료 및 시약

본 실험에서는 직물에 나타나는 불균염의 인식에 있어서 판별이 용이한 것으로 알려진 Navy계열 색상의 분산염료 가운데 Synolon N/Blue K-GLS(경인양행)를 정제없이 사용하여 PET 직물을 염색하였으며, 염색 후 환원세정에는 sodium hydroxide(NaOH)와 sodium hydrosulfite( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ )의 특급시약을 Aldrich사로부터 구매하여 사용되었다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 직물특성 분석

7종의 PET 직물에 대하여 단위 면적당 무게, 두께, 단위 폭당 경사 및 위사의 밀도, 경위사의 굵기 등을 측정하였다. 단위면적당의 직물무게는 경위사 각 방향의 50cm 크기의 직물의 무게를 측정하여 단위면적당의 무게로 환산하였다.

직물의 두께 측정에는 Peacock Dial Thickness Gauge(Ozaki, Japan)를 이용하였고, 경위사의 밀도 및 굵기는 실체현미경 SMZ1000(Nikon, Japan)과 이미지분석소프트웨어를 활용하여 측정하였다.

Table 1. Characteristics of polyester fabrics used in the experiments

Sample	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Fabric density (threads/5mm)		Yarn thickness( $\mu\text{m}$ )	
			Warp	Weft	Warp	Weft
PET1	56.6	175	21	15	93	143
PET2	108.8	185	28	17	173	303
PET3	112.6	315	34	17	123	172
PET4	136.8	240	44	17	154	281
PET5	138.7	300	48	18	180	264
PET6	184.6	350	20	15	186	386
PET7	214.4	550	26	14	229	214

### 2.2.2 염색

7종의 각 PET 시료 1g에 대해 염료 농도(1% owf), 온도(130℃) 및 시간(60분)의 조건을 동일하게 설정하고, 욕비를 1:2에서 20까지 10가지 조건으로 다양하게 적용하여 염색하였다.

염색된 시료를 NaOH 2g/l 및 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 2g/l와 1:20의 욕비로 70℃에서 20분간 환원세정을 하였다. 염색은 대림스타릿의 IR 고압염색기를 사용하였다.

### 2.2.3 균염성 측정

다양한 욕비에서 염색된 시료를 동일한 면적으로 9등분(가로3구획 × 세로3구획)하고 각 구획에 대하여 360~740nm 파장 범위에서 10nm 간격으로 반사율을 측정하였다.

Kubelka-Munk식을 이용하여 K/S값을 산출하고 측정 범위의 파장대에 대해서 합산한 Total K/S를 욕비별로 나타내고, 이 결과를 활용해 균염성을 판정하였다. 반사율 측정에 사용된 장비는 Konica-Minolta Spectrophotometer CM-3600d(Japan)이며 D65광원에 10°시야로 측정하였다.

### 2.2.4 각 구획별 Total K/S 표준편차율의 욕비의존성 분석

욕비에 따른 Total K/S값 분포도의 변화 경향을 수치화하기 위해 식(1)과 같이 일정 욕비에서 Total K/S의 표준편차를 구하고 이를 평균값에 대한 비율로 나타낸 값을 계산하여 분석하였다.

$$\text{Standard deviation ratio}(\%) = \frac{\text{Standard deviation of total } K/S}{\text{Average of total } K/S} \times 100 \quad (1)$$

### 2.2.5 각 구획별 Total K/S 표준편차율의 욕비의존성 회귀분석

수치적 해석과 특정 공정모델 확립을 위한 상수값을 얻어내기 위해서 측정된 데이터들에 대한 회귀분석을 아래 식 (2)에 의해 수행하고 세가지 상수값(y<sub>0</sub>, a, b)중 b값을 이러한 욕비의존민감도를 나타내는데 사용하였다.

$$y = y_0 + ae^{-bx} \quad (2)$$

y : Standard deviation of total K/S(unlevelness)

x : liquor ratio

y<sub>0</sub>, a, b : constants

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 PET 직물의 욕비별 상대적 균염성

7종의 시료들을 욕비별로 염색한 후 각 욕비에 따른 균염성을 조사하여 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 각 욕비에서 Total K/S값이 좁게 분포할수록 균염성이 우수한 것을 나타내고, 그 값이 위아래로 넓게 퍼질수록 균염성이 좋지 않음을 의미한다. 욕비가 낮아짐에 따라 대부분의 시료에서 균염성이 저하되고 있음을 알 수 있다.

### 3.2 각 구획별 Total K/S 표준편차율의 욕비의존성

Fig. 1의 결과는 시료가 각 욕비에서의 균염성을 나타내는 결과이기는 하지만 욕비변화에 따른 시료의 균염특성 변화경향을 체계적으로 이해하기는 다소 곤란하므로 이를 일반화된 공정모델 확립의 상수값으로 사용하기 위해서는 변화경향을 나타낼 수 있는 수치적 factor를 찾아낼 필요가 있다.

이러한 경향을 이해하기 위해서는 Fig. 1의 그래프 상에서 욕비가 낮아짐에 따른 Total K/S값 분포도의 변화경향을 수치화해야 한다. 이를 위해 일정 욕비에서 Total K/S의 표준편차를 구하고 이를 평균값에 대한 비율로 나타낸 값을 계산하여 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 (b)와 (d)는 욕비가 낮아짐에 따라서 직물의 불균염도가 완만하게 상승하는 것으로 나타나고 있고, (c)와 (e)는 낮은 욕비에서 급격한 균염성의 변화가 일어나는 것을 확인할 수 있다.

그리고 (a)는 욕비가 감소함에 따라 불균염도가 비교적 점진적으로 커질 뿐만 아니라 그 값도 아주 크게 나타난 반면, (g)는 전체 욕비에서 불균염도가 낮아 욕비에 관계없이 균염이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

이와 같은 현상을 통해 두 가지 결과를 알 수 있는데, 첫째는 욕비에 따른 Total K/S의 표준편차율(unlevelness)값이 욕비에 따라 어느 정도 민감하게 의존하느냐 하는 것과 둘째는 표준편차율 값 자체가 전체적으로 높은가 낮은가 하는 것이다. 전자의 경우는 다시 두 가지로 구분할 수 있는데 하나는 어떤 욕비 이상에서는 균염성이 양호하다가 어떤 욕비 이하에서 균염성이 현저히 나빠지는 경우이고, 다른 하나는 욕비가 감소함에 따라 점진적으로 균염성이 나빠지는 경우이다.

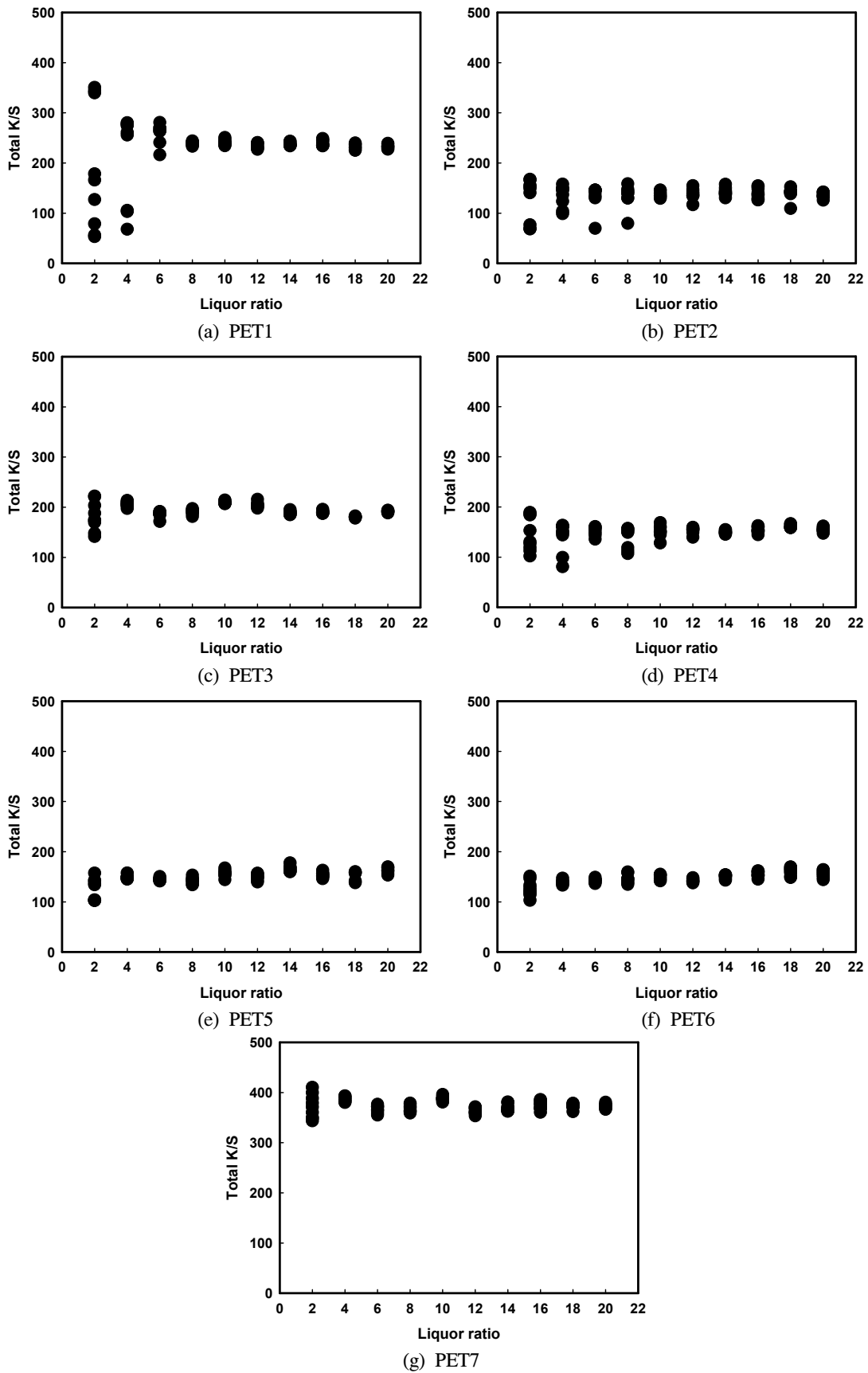


Fig. 1. Distribution of color strengths taken at different sections of polyester fabric.

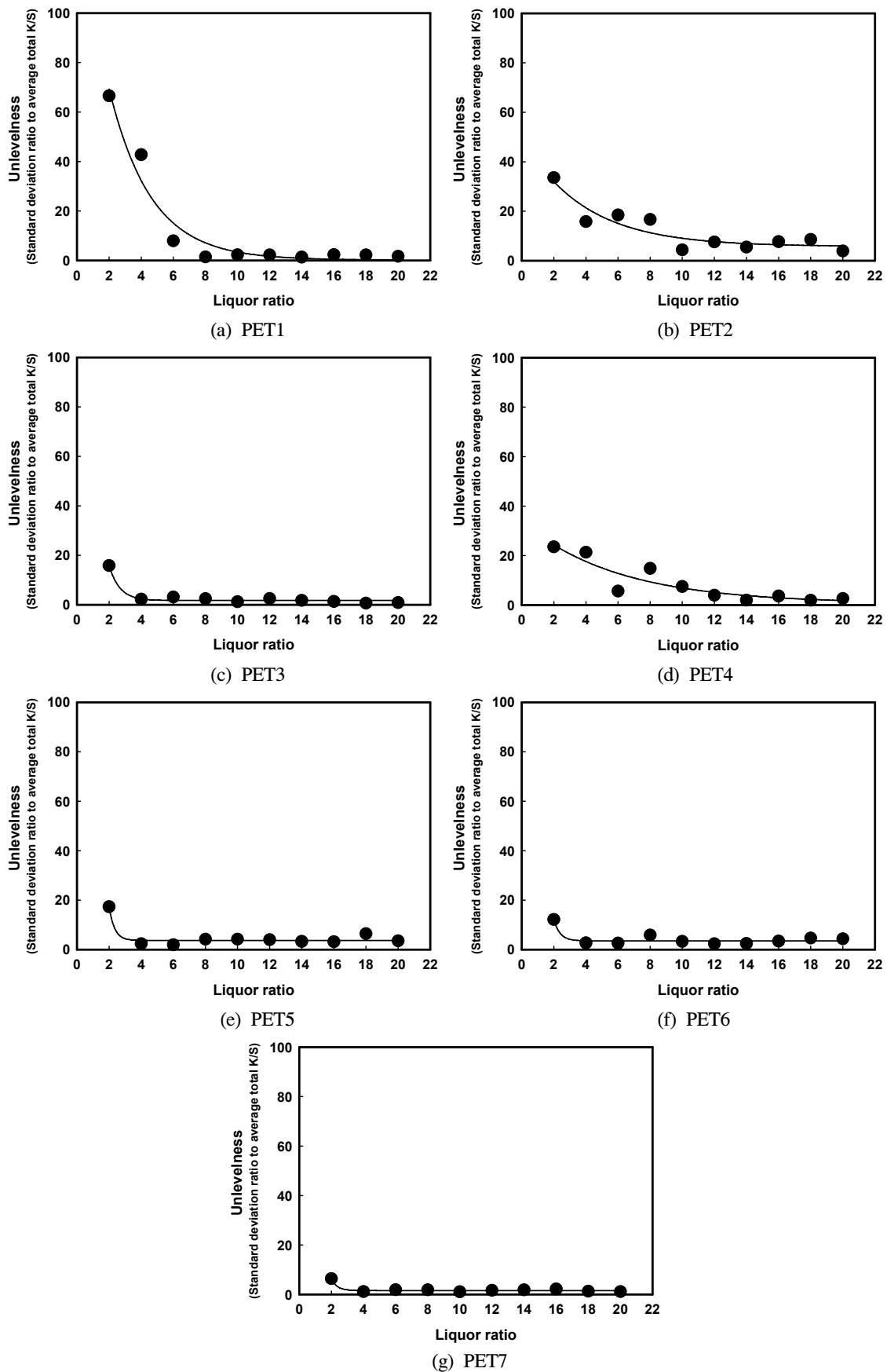


Fig. 2. Unlevelness of polyester fabrics according to liquor ratio.

### 3.3 각 구획별 Total K/S 표준편차율의 욕비의존성 회귀분석

앞서 2.2.5항에서 설명한 회귀분석식의 특징은  $b$  값에 따른 그래프의 변화를 나타낸 Fig. 3에서도 알 수 있듯이,  $b$  값이 작으면  $x$  값(욕비)의 증감에 따라 그래프가 완만하게 변하는 반면  $b$  값이 크면 일정  $x$  값 이하에서 기하급수적으로 증가하는 양상을 보인다.

이와 같이 균염특성의 욕비의존 민감성(sensitiveness of dependence on liquor ratio of levelness)을 나타내는  $b$  값을 실험에 사용한 소재의 특성치와 연관시켜 상관성을 분석한 결과, 특이한 상관성을 보이는 직물의 특성치는 직물의 두께이다. 이를 확인하기 위해  $b$  값과 직물 두께와의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에 의하면 직물이 두꺼워짐에 따라  $b$  값이 비례적으로 증가하는 경향이 나타나는데 이것은 직물이 두꺼워짐에 따라 일정 욕비 이하에서

갑자기 균염성이 저하되는 욕비의존민감도가 크다는 것을 나타낸다.  $b$  값이 작으면 균염성이 욕비에 아주 완만하게 영향을 받는다는 것을 의미한다. 따라서 이러한  $b$  값을 활용하면 전반적으로 직물의 두께 변화에 따른 균염성의 욕비의존민감도를 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

여기서  $b$  값은 균염성의 욕비의존민감도를 알 수 있는 특성치이긴 하지만 실제로 그 소재가 전반적인 욕비에 대해서 전체적인 균염성이 좋은가 혹은 나쁜가를 알려주지는 못한다. 앞에서 언급한 바에 의하면 Fig. 2의 욕비별 Total K/S 표준편차율 그래프에서 얻을 수 있는 또 다른 결과는 표준편차율 값 자체가 전체적으로 높은가 낮은가 하는 것이다. 이 값은 그 소재 자체가 전반적으로 균염성이 좋은가 나쁜가를 나타낼 수 있으므로 이 값을 직물의 특성치와 연관시켜 관찰할 필요가 있다. 이를 위해 각 욕비에서 얻은 Total K/S의 표준편차율

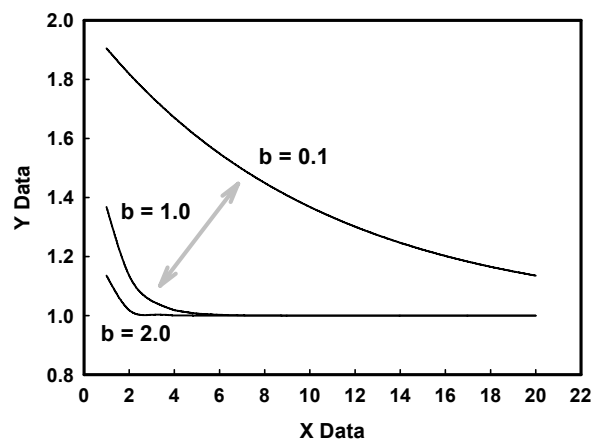


Fig. 3. Effect of constant  $b$  on the variation of curve patterns of function.  $y = y_0 + ae^{-bx}$

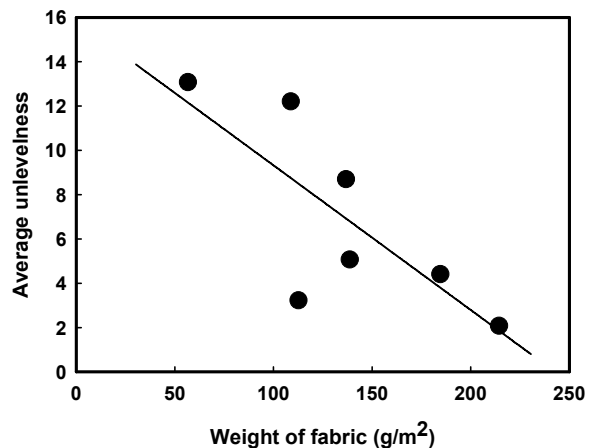


Fig. 5. Relationship between average unlevelness and weight of polyester fabrics.

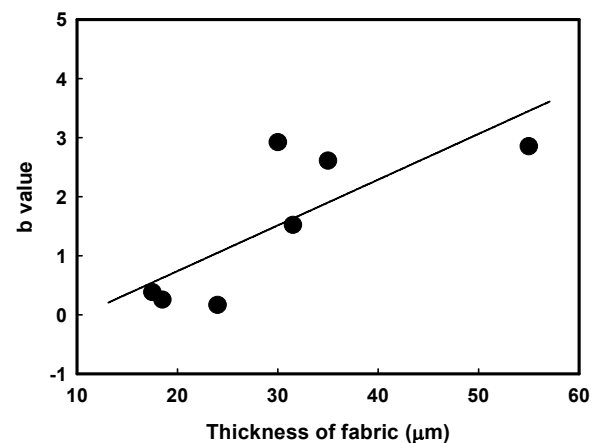


Fig. 4. Relationship between  $b$  values and thickness of polyester fabrics.

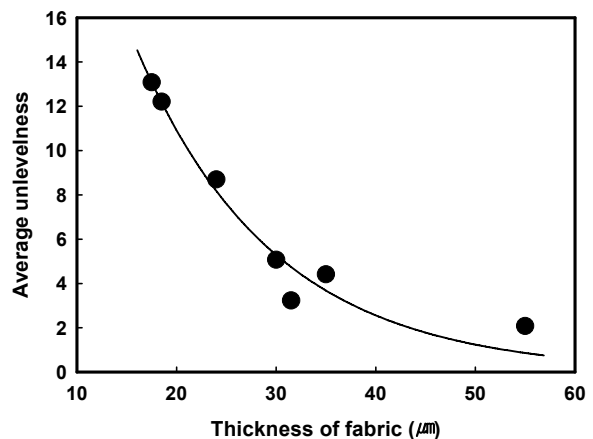


Fig. 6. Relationship between average unlevelness and thickness of polyester fabrics.

의 평균값을 구하고 이를 평균불균염도(average unlevelness)로 나타내었다. 이 값의 의미는 모든 욕비에 대한 Total K/S의 표준편차율을 평균한 값이므로 욕비에 상관없이 그 소재가 어느 정도의 불균염성을 가지는가를 나타낼 수 있다. 단위 면적당 무게와 두께에 대한 평균불균염도를 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 각각의 그래프에서 확인할 수 있듯이, 각 소재의 평균불균염도는 직물의 중량과 두께에 반비례하는 관계가 성립하는 것으로 분석되었다. 즉, 직물의 중량이 가벼워지고 직물의 두께가 얇아질수록 그 직물의 일반적 불균염성은 커진다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 직물을 염색할 때 중량단위로 염색하므로 동일중량에서 두께가 얇으면 상대적으로 면적이 넓어지게 되어 불균염이 발생할 확률이 상승하기 때문이며, 이 경향은 저욕비일 경우에 두드러지게 나타날 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

PET 직물을 위한 저욕비염색기술개발을 위하여 다양한 PET 직물에 대해 특성별로 욕비에 따른 균염성을 조사하고 그 데이터를 바탕으로 균염성의 경향을 수치화 할 수 있는 체계를 마련하고자 연구하였다. 회귀분석에서 욕비의존민감도를 나타내는 b값을 소재의 특성치와 연관시킨 상관성 분석을 통해, 두꺼운 직물일수록 b값이 비례적으로 증가하여 일정 욕비 이하에서 갑자기 균염성이 저하되는 욕비의존민감도가 큰 것으로 나타났다. 각 욕비에 대한 Total K/S 표준편차율로 나타낸 평균불균염도를 분석한 결과는 직물 중량이 가볍고 두께가 얇을수록 그 직물의 일반적 불균염성은 증가하였다.

#### 참고문헌

1. IEA, Energy conservation in the International Energy Agency 1978 Review, 7, OECD, 1979.
2. D. Balmforth, Energy and Water Use and Conservation the Textile Industry - A Literature survey 1973~1977, ITT Report 51, Institute of Textile Technology, Charlottesville.
3. S. H. Lee, J. M. Park, S. J. Park, and J. H. Jeong, Studies on the Effluent Characteristics of Dyeing Wastewater by Textile Classification, *J. Korean Soc. Water Quality*, **23**(6), 881-888 (2007).

4. S. K. Dho, Dyeing of Wool at Low Temperature, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **15**(6), 55-62(2003).
5. A. Bendak, Low-temperature dyeing of protein and polyamide fibres using a redox system, *Dyes & Pigments*, **11**(3), 233-242(1989).
6. M. V. Kraan, M. V. Fernandez Cid, G. F. Woerlee, W. J. T. Veugelers, and G. J. Witkamp, Dyeing of natural and synthetic textiles in supercritical carbon dioxide with disperse reactive dyes, *J. Supercritical Fluids*, **40**(3), 470-476(2007).
7. A. Ferri, M. Banchemo, L. Manna, and S. Sicardi, Dye uptake and partition ratio of disperse dyes between a PET yarn and supercritical carbon dioxide, *J. Supercritical Fluids*, **37**(1), 107-114(2006).
8. S. M. Cho, S. C. Choi, J. H. Lyu, and Teruo Hori, Dyeing of Polypropylene Fibers in Supercritical Carbon Dioxide, *J. Korean Fiber Soc.*, **38**(11), 564-574(2001).
9. K. Sawada and M. Ueda, Dyeing of protein fiber in a reverse micellar system, *Dyes & Pigments*, **58**(2), 99-103(2003).
10. Y. A. Son, Y. M. Park, S. Y. Park, C. J. Shin, and S. H. Kim, Exhaustion studies of spiroxazine dye having reactive anchor on polyamide fibers and its photochromic properties, *Dyes & Pigments*, **73**(1), 76-80(2007).
11. D. M. Lewis, A. H. Renfrew, and A. A. Siddique, The synthesis and application of a new reactive dye based on disulfide-bis-ethylsulfone, *Dyes & Pigments*, **47**(1-2), 151-167(2000).
12. J. R. Rao, P. Thanikaivelan and B. U. Nair, An eco-friendly option for less-chrome and dye-free leather processing: in situ generation of natural colours in leathers tanned with Cr-Fe complex, *Clean Technologies & Environmental Policy*, **4**(2), 115-121(2002).
13. H. S. Lee, W. S. Son, J. H. Yu, W. S. Lyeo, and J. Jang, Dyeability of Surface Modified Cellulose Acetate Fabrics via UV Irradiation, *Textile Sci. & Eng.*, **43**(4), 183-190(2006).
14. G. J. Kim, Y. U. Kang, and K. R. Ahn, A Study on the Low Liquor Ratio Dyeing of Poly(ethylene terephthalate) Fiber (I), *J. Korean*

- Soc. Textile Engineers & Chemists*, **24**(3), 242-252(1987).
15. G. J. Kim, Y. U. Kang, and J. J. Kim, A Study on the Low Liquor Ratio Dyeing of Poly(ethylene terephthalate) Fiber (II), *J. Korean Soc. Textile Engineers & Chemists*, **25**(6), 473-481(1988).
16. J. Y. Son, and J. S. Park, Pat. KOR 20-1988-0019127(1988).
17. Y. G. Jeong, Pat. KOR 10-2006-0056042(2006).