Journal of the Korea Society of Dyers and Finishers
Vol.10, No.5, pp.48~55(1998. 10)

〈研究論文(學術)〉

저굴절률 화합물 처리에 의한 PET 직물의 심색화

박민식·장철민·서말용*·김삼수·유승춘**

영남대학교 공과대학 섬유학부
*한국섬유개발연구원
**섬유기능대학 염색가공과
(1998년 9월 7일 접수)

The Bathochromic Effect of Polyester Fabric Treated with Low Refractive Compounds

Min Sik Park, Chul Min Jang, Mal Yong Seo*, Sam Soo Kim, and Sung Chun Yoo**

School of Textile Engineering, Yeungnam University, 214-1, Dae Dong, Kyeongsan 712-749, Korea
**Korea Textile Development Institute*
***Dyeing & Finishing Department, Textile Polytechnic College, 971-1, Dalseo-Ku, Korea*
(Received September 7, 1998)

Abstract-Polyester fabric is widely used in textile material though it has some problems such as low colour value, high refractive ratio(1.62) and etc.

In order to give Z-black colour of polyester fabric, this study has selected several disperse dyes by measuring of absorbance, dyed in their optimum conditions and treated with 4 kinds of low refractive compounds such as silicone, fluorine, urethane and silicone-fluorine mixed compounds. The bathochromic effect of treated PET fabric evaluated as lightness(L) change by uv-visible spectrophotometer.

This study also investigated that the effect of used bathochromic agents on the washing and lightfastness of treated PET fabric.

Ⅰ. 서 론

Polyethylene terephthalate(이하 PET) 섬유는 우수한 물리적, 화학적 특성으로 인하여 현재 일반 의류용에서부터 산업용 재료에 이르기까지 매우 광범위하게 사용되고 있다. PET 섬유의 개발 초기에는 주로 기능성을 위주로 한 의류용으로서, 고급 의류용 소재인 양모나 견 등의 천연섬유와 함께 널리 사용되었으나, 감성이나 패션성이 강조된 분야에 사용할 때는 천연섬유에 비해 다소 부진하였다. 그러나 계속된 기술개발을 통해 기능성과 감성을 겸비한 새로운 섬유소재로 재등장하고 있다. PET 섬유가 고감성소재로 등장하면서 갖게되는 가장 큰 문제점중의 하나가 PET 섬유의 구조에 기인한 염색성의 문제이다. 특히 PET 섬유를 소재로한 정장복(formal wear)의 짙은 검정색을 formal black 또는 jet

black 이라고 불러서, 다른 검정색과 구별하고 그 수요량 또한 대단히 많아지는 추세이다. PET 섬유는 표면이 매끄럽고 굴절률이 높으며, 분자흡광계수가 낮은 분산염료로 염색되기 때문에 섬유표면에서 가시광선 영역(400~700nm)의 반사광이 많아 염색된 PET 섬유라 해도 색이 진하게 보이지 않는 결점이 있다[1~3].

특히 PET 섬유는 굴절률이 1.62로서 양모섬유 1.56, acetate섬유 1.48, 면섬유 1.56, nylon섬유 1.55 등에 비해 비교적 높은 값을 갖고 있다. PET 섬유의 심색화 기술은 섬유의 표면개질에 의한 방법, 염색후 심색제 처리에 의한 방법, 새로운 적합 염료의 개발과 염색기술의 개선을 통한 방법 등이 응용되고 있다[4]. 이 중에서 염색후 심색제 처리에 의한 방법은 염색후 저굴절률의 피막을 섬유표면에 형성시켜 섬유표면에서의 반사광을 줄여 염색물의 색이 보다 진하게 보이게 하는 방법으로서 여기에는 silicone계, fluorine계, polyurethane계 등의 수지가 이용된다. 염색한 섬유에 백색광이 입사하여 어떤 색이 우리의 눈에 보인다고 하는 것은 섬유표면에서 반사되는 정반사광과 섬유내부로 흡수, 반사되어 나오는 내부반사광이 혼합된 것이다. 따라서 동일 염료라도 정반사광이 많으면 담색으로 보여지며, 정반사광량은 반사표면의 굴절률에 의존하며 섬유표면이 고굴절률을 가질수록 증가한다. 심색제로 처리한 섬유표면에서는 수지표면의 빛 반사(R1)와 수지와 섬유의 계면에서 일어나는 반사(R2)가 합해져서 아래의 식(1)과 같이 표시된다[5].

$$R=R_1+R_2=\left(\frac{n_{resin}-1}{n_{resin}+1}\right)^2+\left(\frac{1.62-n_{resin}}{1.62+n_{resin}}\right)^2 \cdots\cdots\cdots(1)$$

where, n_{resin};Refraction ratio of bathochromic agent

이때 반사계수(R)는 오로지 심색제의 굴절률에만 관계가 있으며 수지의 굴절률에 대한 2차 함수의 형태로 나타나게 된다. 이 함수를 그래프로 도식화한 문헌에 의하면 쌍곡선의 형태가 되며 심색제의 굴절률이 1.34 일 때 표면 반사율이 4.12%로서 최소가 된다[6~8]. 따라서 PET 섬유의 심색화는 사용한 심색제의 굴절률이 1.34에 가까울수록 효과적인 심색효과가 기대된다고 볼 수 있다. 따라서 이 연구에서는 고발색용 분산염료 10종을 대상으로 염료 용액의 흡광도를 측정하여 최적염료를 선정한 후, 소정의 염색공정으로 PET 직물을 염색하고, 염색된 PET 섬유표면에 silicone계(굴절률 1.43), fluorine계(굴절률 1.38), urethane계(굴절률 1.55)를 기초로한 화합물을 피막상으로 coating 함으로써 섬유표면의 반사광을 줄여서 PET 섬유를 심색화 하고자 하였다. 저굴절률 화합물 처리에 의한 PET 섬유의 심색화는 기존 염색가공 설비를 이용하여 비교적 쉽게 처리할 수 있으며, 표면조면화에 의한 심색화 가공시 발생하는 직물의 촉감처럼 감성적인 성질 변화와 강도같은 물리적 성질의 변화없이 PET 섬유를 효과적으로 심색화 할 수 있는 수단으로 활용하고자 한다.

2. 실 험

2.1 염료 및 시약

실험에 사용한 염료의 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Used dyes

Code	Commercial Name	λ_{max}(nm)	Maker
Dye-1	Artron Black BRLE	568	Dae Young Ltd., (Korea)
Dye-2	Refalon Black S-EX	571	Badische A.G., (Germany)
Dye-3	Lucky Black MB	571	LG Chem. (Korea)
Dye-4	Miketon Top Black PBSF	601	Mitsui Toatsu Inc., (Japan)
Dye-5	Artron Black BD-LE	580	Dae Young Ltd., (Korea)
Dye-6	Dispersol Black C-VB	580	Imperial Ltd., (England)
Dye-7	Dispersol Black X-F	544	Imperial Ltd., (England)
Dye-8	Dianix Tuxedo Black F	559	Mitsubishi Ltd., (Japan)
Dye-9	Artron Black TR-SF	559	Dae Young Ltd., (Korea)
Dye-10	Dianix Black Z-5100	568	Mitsubishi Ltd., (Japan)

Silicone 및 urethane계의 유화제로 dodecanol에 ethylene oxide를 부가중합한 $C_{12}H_{25}O(C_2H_4O)_6H$, $C_{12}H_{25}O(C_2H_4O)_8H$ 및 $(CH_3)_2CHOH$를 사용하였다. 그리고 fluorine계 심색제는 Y-4232 [韓國精密化學(株), 韓國]를 사용하였다. 분산제로 Sunmorl BK-20T [韓國精密化學(株), 韓國], pH 조정제로 위해서 CH_3COOH [德山藥品工業(株)]를 사용하였다. 그리고 $Na_2S_2O_4$및 NaOH 등을 환원세정에 사용하였다.

2.2 시료

전처리 및 감량가공(감량률 약 20%)된 PET 직물(경사 ; P/F 75/72, SD, 86 가닥/inch, 위사 ; P/F 75/72, SD, 2401TM)을 정련제 [Greenda-SA, 三益商社(株), 韓國] 농도 2g/ℓ로 80℃에서 30분간 정련한 후 실험에 사용하였다.

2.3 실험장치

염료용액의 흡광도는 UV-spectrophotometer (MILTON ROY GENESYS 5, U.S.A.)로 측정하였고, 염색은 염색온도 및 시간조절이 가능한 고온염색기 Mathis Labomat Beaker Dyer type BFA-8/16 (Werner Mathis AG Co., Ltd. Switzerland)을 이용하였다. 또한 심색제를 유화 시키기 위해 Ultra-turrax T50(IKA Co. Germany) 교반기 및 Mathis CH-8156(Werner Mathis AG Co., Ltd. Switzerland) padding기를 이용하였다. 심색효과는 Macbeth Color-Eye 3100(New windsor, NY USA)을 활용하여 염색포의 반사율과 L 값으로 측정하였다.

2.4 실험방법

2.4.1 염료용액의 투과율 및 흡광도 측정

10종의 분산염료를 0.03% 농도로 만든 후, UV-spectrophotometer를 이용하여 가시광선영역(400~700nm)에서 염료용액의 투과율 및 흡광도를 측정하였다.

2.4.2 PET 직물의 염색

염색과 환원세정은 Table 2, 3과 같은 조건으로 행하였다.

Table 2. Dyeing conditions

pH of dye liquor	5.5
Conc. of dye (% o.w.f.)	4, 6, 8, 10
Conc. of dispersing agent	2g/ℓ
Liquor ratio	30 : 1
Dyeing Temp. and time	130℃×40min.

Table 3. Reduction cleaning conditions

$Na_2S_2O_4$	2g/ℓ
NaOH	2g/ℓ
Nonionic surfactant	2g/ℓ
Treatment Temp. and time	80℃×20min.

2.4.3 저굴절률 화합물에 의한 PET 직물의 심색처리

염색된 PET 직물을 4종(silicone계, fluorine계, silicone-fluorine혼합계, urethane계)의 저굴절률 화합물 30, 40, 50, 60g/ℓ 용액으로 만든 후, 10분간 침지하고 2-dip-2-nip 방식으로 pick-up율 90%가 되도록 padding 하였다. Padding 처리된 시료는 건조기로 110℃에서 120초간 pre-dry 한 후, 170℃에서 60초간 heat setting 하였다.

2.4.4 심색효과의 측정

심색처리된 PET 직물의 심색효과는 Macbeth Color-Eye 3100을 사용하여 등간격 파장법(20nm)에 따라 각 파장에서의 분광 반사율을 측정한 후, L 값으로 심색효과를 평가하였다[9].

2.4.5 세탁 및 일광견뢰도

세탁견뢰도는 KS K 0430의 A-2법으로 M LAS/EF (Atlas Co., U.S.A.)를 이용하여 측정하였으며, 일광견뢰도는 M 25/18ft(Atlas Co., U.S.A.)로 KS K 0700의 carbon arc-lamp법에 의해 측정하였다.

2.4.6 SEM에 의한 표면관찰

심색제 처리 후 PET 섬유표면은 SEM(scaning electronic microscopy, Hitachi S4100, Japan)을 이용하여 1500배로 확대한 표면상태로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 최적염료의 선정

Table 4는 10종의 고발색용 분산염료를 0.03% 농도의 용액으로 만든 후, UV-spectro-photometer를 이용하여 가시광선 영역에서 염료용액의 투과율 및 흡광도를 측정한 결과이다. 염료용액의 흡광도는 Dye-8〈Dye-6〈Dye-7〈Dye-10≒Dye-2〈Dye-9〈Dye-1〈Dye-3〈Dye-5〈Dye-4의 순으로 높았으며, Dye-4의 경우 흡광도 2.045로 가장 우수하였다. UV-spectro-photometer 측정결과로 부터 10종의 분산염료 중 흡광도가 비교적 높은 Dye-3, Dye-4, Dye-5를 심색제 처리용 분산염료로 선정하였다.

Table 4. Transparency and absorbance of disperse dye solution(dye concentration : 0.03%)

Code	Dye name	% T	Abs.
Dye-1	Artron Black BRLE	3.7	1.431
Dye-2	Refalon Black S-EX	4.9	1.309
Dye-3	Lucky Black MB	3.6	1.443
Dye-4	Miketon Top Black PBSF	0.9	2.045
Dye-5	Artron Black BD-LE	1.4	1.853
Dye-6	Dispersol Black C-VB	5.3	1.275
Dye-7	Dispersol Black X-F	5.1	1.292
Dye-8	Dianix Tuxedo Black F	5.6	1.251
Dye-9	Artron Black TR-SF	4.2	1.376
Dye-10	Dianix Black Z-5100	4.9	1.309

3.2 저굴절률 화합물의 처리효과

3.2.1 PET 직물의 염색

UV-spectrophotometer 측정결과 흡광도가 높은 3종의 분산염료를 선정하여, 소정 조건에서 감량처리된 PET 직물을 130℃에서 40분간 염색하였다. PET 직물의 감량은 섬유의 단점중의 하나인 촉감을 개선하기 위한 수단으로 행하여지고 있으나, 일반적으로 jet black용 PET 섬유의 감량가공은 염색성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 원사 내부에 미세입자가 포함되어 있는 심색사나 원착사의 경우에는 감량공정이 심색성에 미치는 영향이 매우 크다고 할 수 있다[10~12]. 염색공정 후 Macbeth color-eye 3100을 이용하여 염색된 직물의 반사율을 측정한 후, 아래의 Kubelka-Munk 식(2)에 따라 겉보기 농도(K/S)를 산출하였다[13].

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad \cdots\cdots (2)$$

Where, K ; The coefficient of absorption of the dye at λ_{max}

S ; The coeifficient of scattering at λ_{max}

R ; The reflected light at λ_{max}

Fig. 1은 분산염료 Dye-3, Dye-4, Dye-5의 농도를 변화시키면서 염색하였을 때, K/S 값의 변화를 나타낸 것이다. 3종의 염료 모두 염색농도가 증가 할수록 K/S 값이 증가하였으며, 흡광도 측정결과와 같이 Dye-3〈Dye-5〈Dye-4의 순서로 염색된 시료의 K/S 값도 증가하였다.

6% o.w.f. 이상의 염료농도에서는 3종 분산염료의 K/S 값이 비교적 높은 값을 나타내고 있으며, 10% o.w.f. 일 때 사용한 3종 분산염료간의 K/S 값이 가장 비슷한 값을 나타내고 있어 10% o.w.f. 농도에서 염색된 PET 시료를 심색처리 하고 그 결과를 비교검토 하였다.

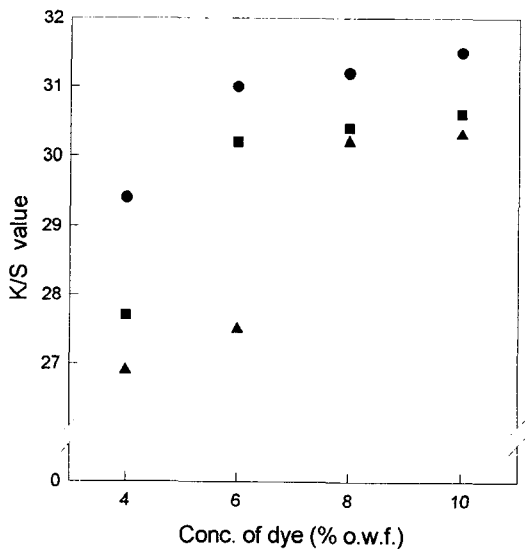


Fig. 1 Effects of the dye concentration on the K/S value of dyed fabric ; Dye-3(▲), Dye-4(●), Dye-5(■).

3.2.2 심색제 종류의 영향

심색가공에 사용되는 저굴절률 화합물은 silicone, fluorine, acryl, vinyl 및 urethane계 등 여러 종류가 사용되고 있지만, 시판되는 심색제는 주로 silicone과 fluorine 를 주체로 하여 단독 혹은 배합물의 형태로 사용되고 있다. Silicone계 심색제는 굴절률이 1.39~1.45 정도이며, amino계 변성 silicone의 심색화도가 가장 높다고 알려져 있다. 그리고 이들은 염색가공 후 색상변화가 적고, 가공처리 후 경시변화가 적을 뿐만 아니라, 촉감이 우수한 것이 장점이지만, slip이 발생하기 쉽고, 견뢰도가 떨어지는 것이 단점이다. 또한 fluorine계의 경우에는 굴절률이 낮기 때문에 심색효과가 우수하며, slip의 발생이 적지만 외부 조건에 민감하여 색상변화와 가공제의 경시변화가 심하여 촉감이 나빠지는 단점이 있다[14]. 이 연구에서는 silicone, fluorine, urethane계와 silicone-fluorine을 50 : 50으로 혼합한 4종의 저굴절률 화합물을 염색된 PET 직물에 처리하여 심색성을 검토하였다. Fig. 2는 Dye-4의 염료농도를 변화시키면서 염색된 PET 직물에 3종의 저굴절률 화합물 50g/ℓ을 padding 처리한 후, 염료 농도변화에 따른 심색처리 효과를 Macbeth color-eye 3100으로 측정한 L값을 나타낸 것이다. 미처리 시료와 비교하여 염료의 농도가 증가 할수록 L값은 감소하였으며, 특히 10% 농도로 염색한 후 silicone 으로 처리한 시료의 경우 3.6정도의 L값 감소를 나타내었고, fluorine 및 urethane으로 처리한 시료의 경우 0.8 정도의 L값 감소를 나타내었다. Dye-5 및 Dye-3의 경우에도 염료농도를 변화시키면서 염색된 PET 직물을 3종의 심색제로 처리한 결과 Dye-4의 결과와 같이 silicone계 화합물로 처리 하였을 때 심색처리 효과가 가장 우수 하였다. 그러나 일반적으로 silicone계로 처리 하였을 때, PET 섬유의 심색화 처리효과는 우수하지만, 각종 견뢰도가 떨어지는 것이 단점으로 알려져 있다. 이 연구에서는 이를 개선하기 위해서 견뢰도가 우수한 fluorine계 저굴절률 화합물을 silicone 과 50 : 50으로 혼합하여 PET 섬유를 심색화 처리하였다. Fig. 3은 Dye-4로 염색한 후, silicone, fluorine 및 silicone과 fluorine을 혼합한 저굴절률 화합물을 염색된 PET 직물에 처리하여 심색처리 효과를 L값으로 나타낸 것이다. 심색화 효과는 fluorine<silicone+fluorine<silicone의 순으로 증가하고, 이 경우에도 silicone계 화합물로 심색처리한 PET 섬유의 효과가 가장 우수 하였으며, silicone과 fluorine을 배합한 저굴절률 화합물로 처리한 시료의 L값은 10% o.w.f. 농도로 염색한 시료의 경우 11.1의 명도값을 나타내어, silicone으로 처리한 시료와 비교하여 ΔL=1.4의 값을 나타내었다. 그러나 silicone과 fluorine 을 배합한 저굴절률 화합물로 심색처리한 시료의 견뢰도가 silicone 단독으로 처리한 시료의 견뢰도와 비교(표 5.6 참조)하여 우수하리라고 생각된다.

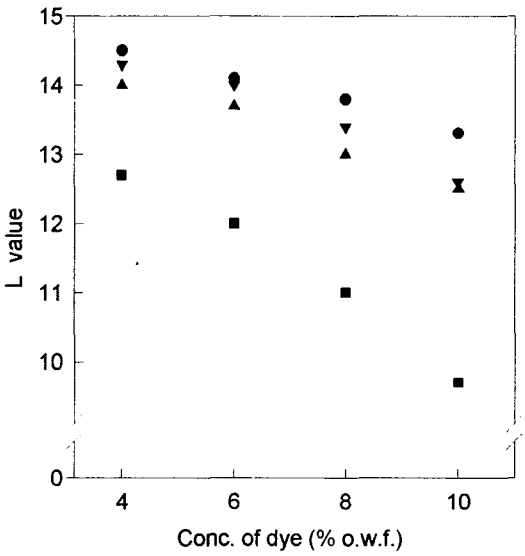


Fig. 2 Effects of the low refractive compounds on the L values of PET fabric dyed with Dye-4 ; silicone(■), urethane(▲), fluorine(▼), untreated(●).

3.2.3 Padding액 농도의 영향

Fig. 4는 3종의 분산염료 10% o.w.f.의 농도로 PET 직물을 염색한 후, 심색효과가 가장 우수한 silicone계 심색제의 농도를 30, 40, 50, 60g/l로 변화시키면서 심색처리 하였을 때, 심색처리 효과를 L값의 변화로 나타낸 것이다. 심색제의 농도가 증가할수록 L 값은 감소하였지만, 50g/ℓ 이상의 농도에서는 L값의 변화가 크지 않았다. 이와 같은 결과는 silicone계 심색제가 50g/ℓ 일 때 가장 우수한 심색성을 나타내는 최적 농도임을 알 수 있다.

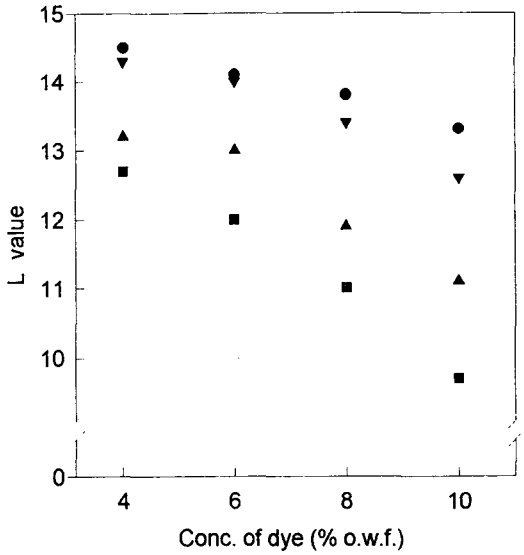


Fig. 3 Effects of the low refractive compounds on the L values of PET fabric dyed with Dye-4 ; silicone(■), silicone+fluorine (▲), fluorine(▼), untreated(●).

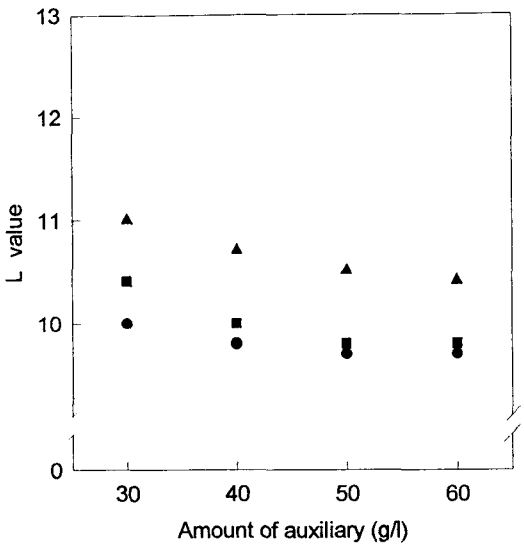


Fig. 4 Effects of the amount of auxiliary on the L values of PET fabric treated with silicone;Dye-3(▲), Dye-4(●), Dye-5(■).

3.2.5 세탁 및 일광견뢰도 측정 결과

일반적으로 fluorine계 심색제는 색상변화 및 가공제의 경시변화가 심하고 촉감이 나빠지는 단점이 있지만 각종 견뢰도가 우수한 장점이 있다고 알려져 있다[15~16]. Table 5와 Table 6은 *silicone, fluorine* 및 silicone-fluorine을 배합한 심색제로 처리한 시료의 세탁 및 일광견뢰도를 측정한 결과이다.

Silicone과 fluorine을 배합한 심색제의 세탁 및 일광견뢰도는 silicone 단독으로 처리한 시료의 결과와 비교하여 우수한 결과를 나타내었다. Dye-4의 경우 10% o.w.f. 농도로 염색한 후, silicone 50g/ℓ로 처리한 시료의 경우 3~4등급의 세탁견뢰도를 나타내지만, silicone과 fluorine을 배합한 심색제로 처리한 시료의 경우 4~5등급으로 세탁견뢰도가 증가되었음을 나타내고 있다. 일광견뢰도 측정 결과 역시 silicone 50g/ℓ로 처리한 시료의 경우 3~4등급을 보인 반면, silicone과 fluorine을 배합한 심색제로 처리한 시료의 경우 4~5등급을 나타내서 일광견뢰도가 증가되었다.

Table 5. Washing fastness of bathochromic treated polyester fabric

Dye name	Bathochromic treatment	Grade
Dye-3	Silicone 50g/ℓ	3~4
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	4~5
	Fluorine 50g/ℓ	5
Dye-4	Silicone 50g/ℓ	3~4
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	4~5
	Fluorine 50g/ℓ	5
Dye-5	Silicone 50g/ℓ	3
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	4~5
	Fluorine 50g/ℓ	4~5

Table 6. Light fastness of bathochromic treated polyester fabric

Dye name	Bathochromic treatment	Grade
Dye-3	Silicone 50g/ℓ	3~4
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	5
	Fluorine 50g/ℓ	5
Dye-4	Silicone 50g/ℓ	3~4
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	4~5
	Fluorine 50g/ℓ	4~5
Dye-5	Silicone 50g/ℓ	3
	Silicone-Fluorine 50g/ℓ	4~5
	Fluorine 50g/ℓ	4~5

3.3 심색처리후 색상변화

Fig. 5는 Dye-4 10% o.w.f.의 농도로 PET 섬유를 염색한 후, 4종의 저굴절률 화합물로 심색처리한 시료의 색상변화를 나타낸 것이다. 미처리 시료와 비교하여 silicone 및 silicone-fluorine으로 처리한 시료의 경우 색상변화가 크지 않은 반면, urethane 및 fluorine로 처리한 시료의 경우에는 bluish한 색상변화를 나타내었다. 염색후 심색처리에 의해 PET 섬유의 색상변화가 일어날 경우에는 섬유제품의 생산 공정에서 재현성에 많은 문제점이 발생할 수 있다고 여겨지기 때문에, 심색제의 선정에 많은 주의가 필요하다고 생각된다.

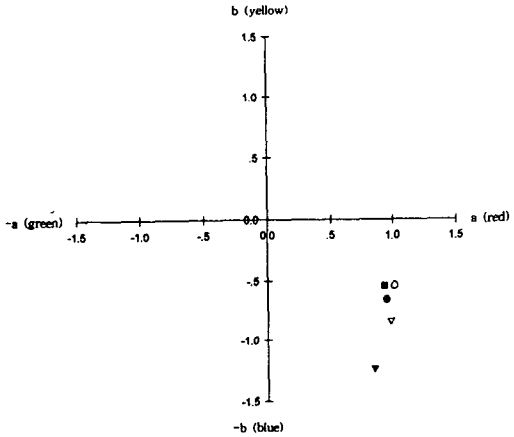
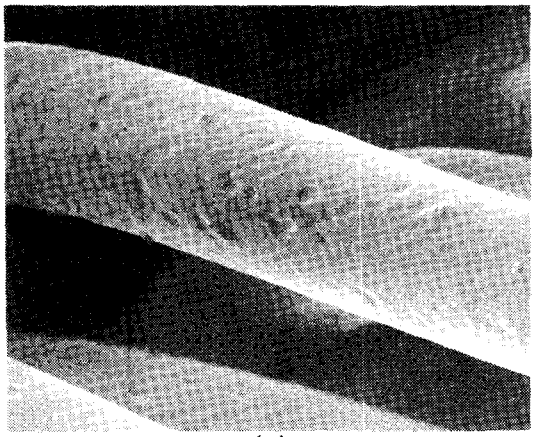
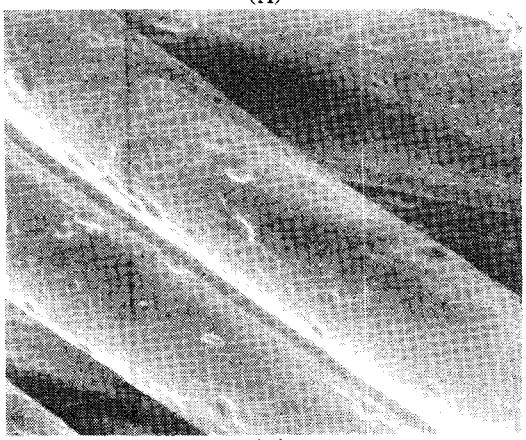


Fig. 5 Colour change of bathochromic treated polyester fabric(Dye-4 concentration : 10% o.w.f.).
● ; Untreated PET
■ ; PET treated with Silicone type
○ ; PET treated with Silicone-Fluorine type
▽ ; PET treated with Urethane type
▼ ; PET treated with Fluorine type

3.4 SEM에 의한 표면관찰

Dye-4를 10% o.w.f.의 농도로 염색한 후, silicone계 저굴절률 화합물로 심색처리한 시료와 plasma etching으로 표면조면화 처리한 시료에 대한 SEM 사진을 photo 1에 나타내었다.


(A)


(B)

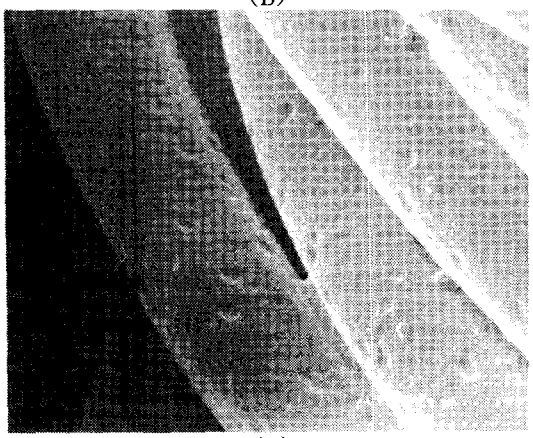

(C)

Photo 1. SEM photographs of bathochromic treated PET fiber
(A) Untreated sample
(B) Treated with low refractive compounds
(C) Sputter etching treated sample

Silicone으로 심색처리한 시료는 염색만 실시한 시료와 비교할 때 섬유표면의 변화가 거의 없었고, plasma etching에 의해 표면조면화된 시료는 표면에 생성된 요철로 인해서 심색화 효과가 증가될 수 있다고 기대할 수 있지만, 생성된 표면요철은 PET 직물의 handle과 같은 물리적인 특성을 변화시킬 수 있다고 생각된다.

4. 결 론

저굴절률 화합물을 PET 직물에 처리하여 심색 효과를 검토한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 10종의 분산염료에 대해 흡광도를 측정결과 Dye-3〈Dye-5〈Dye-4의 순서로 증가하였으며, Dye-4의 경우 2.045의 흡광도 값을 나타냈다.

2) 염색처리된 PET 직물의 K/S 값은 흡광도 측정결과와 같이 Dye-3〈Dye-5〈Dye-4의 순서로 증가하였으며, 6% 이상의 염료 농도에서는 K/S 값의 증가가 크지 않았다.

3) 심색제의 종류에 따른 심색처리 효과는 fluorine계〈urethane계〈silicone계의 순으로 그 효과가 우수했다.

4) 세탁 및 일광견뢰도는 silicone계〈silicone-fluorine 혼합계〈urethane계〈fluorine계의 순서로 그 효과가 우수했다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단이 지원한 영남대학교 지역협력연구센터(RRC/PDRC)에서 수행된 연구결과의 일부임을 밝혀두며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 別所義雄, *染色工業*, **28**, 7, 127(1980).
2. A. Peterline, *J. Polym. Sci.*, A-2, **7**, 1151(1969).
3. D. C. Prevosek, *J. Polym. Sci.*, Part C, **32**, 343-375(1971).
4. R. P Daubeny, C. W. Bunn, C. J. Brown, *Proc. Roy. Soc.*, **226**, 531(1954).
5. 小田浙雄, 容 正辛, *染色工業*, **34**, 4, 112(1986).
6. 喜 多村外, *纖維工業*, **17**, 4, 59(1969).
7. 小出和住, 概 昌夫, *染色工業*, **37**, 2, 65(1989).
8. 水島春男, *染色工業*, **28**, 7, 39(1980).
9. 菅野勝男, *染色工業*, **32**, 7, 51(1984).
10. 小田浙雄, *染色工業*, **34**, 7, 112(1986).
11. T. SATO, NONAKASHIMA, N. Kyochika and K. Katabe, *SEN-I KAKAISHI*, **44**, 7, 265(1988).
12. 藤田 隆, *染色工業*, **24**, 7, 133(1976).
13. P. F. Gordon, P. Gregory, "Organic chemistry in color", Springer-Verlag, London, **95**, (1983).
14. 藤田 隆, *染色工業*, **37**, 2, 2(1990).
15. 喜 多村外, *染色工業*, **35**, 3, 322(1988).
16. 別所義雄, *染色工業*, **35**, 7, 124(1988).