

물/극성유기용매 혼합용에서 폴리에스테르의 염색

김 은 아·유 효 선

서울대학교 대학원 의류학과

Dyeing Property of Polyester in Dyebath Containing Water and Water Miscible Organic Solvents

Eun-Ah Kim · Hyo-Seon Ryu

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University

(1997. 10. 20 접수)

Abstract

Polyester filaments were dyed with disperse dye in dyebath containing water and water miscible organic solvents : acetone, 1,4-dioxane, DMF. In case of Acetone and 1,4-dioxane, the equilibrium dyeuptake was maximun at the volume fraction 0.05. The equilibrium dye uptakes were decreased as volume fraction of organic solvents were increased. When the volume fractions of water miscible organic solvents were varied, dye uptake was increased constantly with dyeing time. In dyebath containing water and water miscible organic solvent, the dyeuptake was increased quickly during initial 40~60 min. and slowly increased thereafter. The slope of C_t/C_∞ to \sqrt{t} was greater in dyebath containing water and water miscible organic solvents than dyebath containing water. The differences of the slope with volume fractions of water miscible organic solvent were not shown big.

Key Words: polyester, dyeing, disperse dye, water miscible organic solvent, dye uptake; 폴리에스테르, 염색, 분산염료, 극성 유기용제, 염료흡착량

I. 서 론

폴리에스테르 섬유는 매우 치밀한 구조를 가지고 있고, 결정화도가 높기 때문에 수분률이 매우 낮고 물에 거의 퍼운되지 않으므로 수계염색시에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 고온, 고압에서 염색하거나, 유기

용제 내에서 염색하거나^{1~3)}, 유기용제나 캐리어로 처리하여 섬유를 가소화 시켜 T_g 를 낮춤으로서 염료의 침투를 향상시키는 방법^{4~19)} 등이 시도되어 왔다.

고온, 고압에서 섬유 분자체의 열운동을 증가시켜 염색하는 방법은 에너지 소비의 절감 측면에서 문제가 있다.

폴리에스테르를 캐리어로 처리하면 결정화도는 증가하지만 결정 배향이 감소하고 비결정영역에서 packing이 느슨해지므로 염료의 확산계수와 포화염착량이 증가한다고 하였다⁵⁾. 그러나 캐리어는 대부분 물에 불용이

*이 논문은 1997년도 산학협동제단의 연구비지원으로 수행되었음.

모로 분산제를 넣어 에멀젼을 만들어야하고 불균열을 일으키기 쉬워 용제염색이 대두 되었다.

용제염색의 경우 캐리어를 사용했을 경우와 비슷한 효과를 얻을 수 있고 염료가 염욕에 완전히 녹아 균일한 염색을 얻을 수 있지만, 폴리에스테르섬유에 대한 분산 염료의 분배계수가 낮아 효과적인 염색을 얻을 수 없다.

용제염색에서 섬유에 대한 염착량을 증가시키기 위해 다른 유기용제를 첨가하거나 물을 첨가하기도 하였고^{1~3,14)}, 유기용제, 혼합유기용제, 또는 물/유기용제 혼합물로 전처리하여 염색성 향상을 시도하기도 하였다^{4~8,10)}.

이렇게 캐리어나 유기용제를 사용하는 경우, 이들은 대부분 폴리에스테르와 용해도 상수가 유사한 것들인데, 이는 고분자의 용해도 상수와 유기용제의 용해도 상수가 유사하여야 상호작용이 극대화되고, 따라서 고분자의 팽윤과 가소화를 일으키는데 효과적이기 때문이다.

분산염료는 섬유/물계에서 섬유에 대한 분배계수가 크므로 섬유로의 염료 흡착량이 크다. 반면, 폴리에스테르와 용해도 상수가 유사한 유기용제는 섬유의 가소화나 팽윤을 증가시켜 염색성을 증진시킬 수 있으므로 염색욕에 물과 유기용제가 함께 존재할 경우 효과적인 염색을 할 수 있을 것이다. 그리고 물과 유기용제가 잘 섞일 경우, 에멀젼을 만들기 위한 에너지를 절약할 수 있고, 불균열을 방지할 수 있으며, 염색 후 에멀젼보다 수세가 더 쉽고 용제의 회수도 용이할 것으로 생각된다. 그러나 물과 잘 섞이는 유기용제들은 섬유와 용해도 상수가 유사하더라도 섬유/물 계에서 섬유에 대한 유기용제의 분배계수가 낮아 충분한 양의 유기용제가 섬유내로 침투하지 못하므로 섬유의 팽윤이나 가소화를 일으키는데 효과적이지 못하다고 알려져¹¹⁾ 다양한 연구가 이루어지지 못했다.

따라서 본 실험에서는 폴리에스테르와 용해도가 유사하여 섬유의 팽윤효과를 크게 할 수 있으면서 물과 균일한 혼합용액을 만들 수 있는 극성유기용제를 이용하여, 물/유기용제 혼합욕에서 극성유기용제의 첨가가 폴리에스테르에 대한 분산염료의 염색성에 미치는 영향을 살펴보자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 시료

시료는 한국의류시험검사원에서 제작한 염색견뢰도 실험용 첨부 배포를 정련한 후 올을 풀어 필라멘트 상태(75 denier/35 filaments)로 사용하였다.

2) 시약

염료는 분산염료 Disperse Blue 7을 acetone으로 재결정하여 정제한 후 사용하였다¹⁶⁾. 염료의 구조는 Fig. 1과 같다.

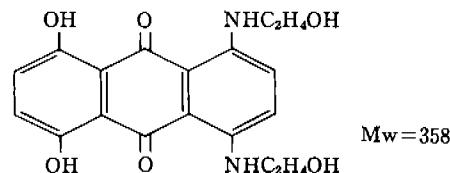


Fig. 1. Chemical Structure of C.I. Disperse Blue 7

염욕에 첨가하는 극성유기용제로는 폴리에스테르 섬유와 용해도 상수가 유사한 acetone, 1,4-dioxane, N,N-dimethylformamide(DMF)를 사용하였고, 염료추출을 위해 monochlorobenzene을 사용하였다. 위 시약은 모두 시약특급을 사용하였다.

폴리에스테르와 유기용제의 용해도 상수는 Table 1과 2에 나타나 있다.

2. 실험 방법

1) 염색방법

염료농도 0.6 g/l의 염욕 내에서 액비 300 : 1로 일정 온도에서 일정한 속도로 교반시키며 염색한다. 염색

Table 1. Solubility parameter of polyester²⁰⁾

단위(cal/cc)^{1/2}

Polyester	δ_t	δ_d	δ_p	δ_h	δ_a^*
Repeating unit	10.78	9.30	4.25	2.94	5.18
Aliphatic residue in repeating unit	12.10	9.66	6.70	2.85	7.28
Aromatic residue in repeating unit	9.85	9.04	2.50	3.00	3.90

Table 2. Solubility parameter of organic solvents¹⁷⁾
단위(cal/cc)^{1/2}

Organic solvent	δ_t	δ_d	δ_p	δ_h	δ_a^*
Acetone	9.77	7.58	5.1	3.4	6.13
1,4-Dioxane	10.0	9.30	0.9	3.6	3.71
N,N-Dimethyl-formamid	12.14	8.52	6.7	5.5	8.67
water	23.5	6.0	15.3	16.7	22.72

δ_t : total solubility parameter, δ_d : dispersion solubility parameter, δ_p : polar vander waals force solubility parameter, δ_h : hydrogen bond energy solubility parameter, δ_a : association solubility parameter, * $\delta_a^2 = \delta_p^2 + \delta_h^2$

온도는 첨가하는 유기용제의 끓는점에 따라, acetone의 경우 50°C, 1,4-dioxane과 DMF의 경우는 90°C에서 염색하였고, 염색된 시료는 냉각시킨 후 중류수로 충분히 헹구어 상온에서 건조하였다.

평형흡착량은 같은 염료농도에서, 염욕에 포함된 유기용제의 volume fraction을 변화시켜가며 90°C로 염색하는 경우는 20시간 동안, 50°C에서 염색하는 경우는 48시간 동안 염색하여 결정하였다.

시간을 변화시킬 경우 염색시간은 5, 10, 20, 40, 60, 90, 120분으로 변화시키며 염색하였고, 이 경우 동일 염욕에서 계획된 시간 간격으로 시료를 한 개씩 꺼내면서 염색하였다.

2) 흡착량의 결정

염색한 시료를 100°C에서 chlorobenzene으로 3시간 동안 처리하여 흡착된 염료를 추출하는 과정을 2회 반복한 다음 이를 합한 것의 광학밀도를 염료의 최대 흡수 파장인 630 nm에서 spectrophotometer로 측정하여 미리 작성된 검량선을 통하여 결정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물과 유기용제의 비율에 따른 평형흡착량

염욕에 각각 acetone, 1,4-Dioxane과 DMF이 포함될 때, 염욕의 조성에 따른 평형흡착량의 변화를 Fig. 2와 3, 4에 나타내었다.

Acetone과 1,4-Dioxane이 염욕에 포함된 Fig. 2, 3의 경우 유기용제의 부피분율이 0.05일 때 염료의 평형

흡착량은 최대를 나타냈고, 그 이후 유기용제의 부피분율이 증가함에 따라 평형흡착량은 감소하였다. Fig. 4에 나타난 DMF의 경우 최대치 없이 DMF 부피분율 증가에 따라 평형흡착량이 감소하였다. acetone과 1,4-Dioxane에서 부피분율이 0으로부터 0.05로 증가하는 경우를 제외하고, 모든 경우에 염욕의 조성에서 유기용제의 양이 증가함에 따라 평형흡착량은 감소하였다. 분

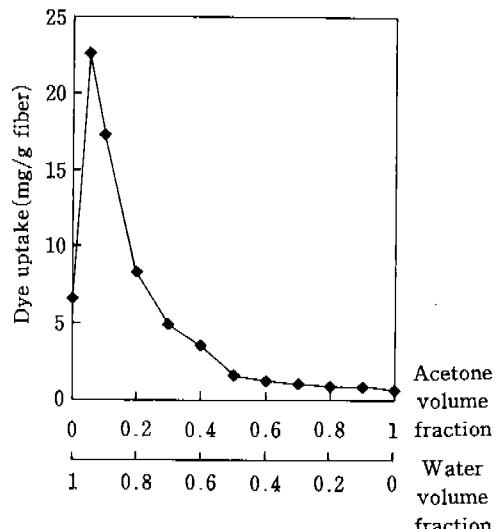


Fig. 2. Effect of acetone volume fraction on equilibrium dye uptake (dyeing temp.: 50°C, dyeing time: 48 hour)

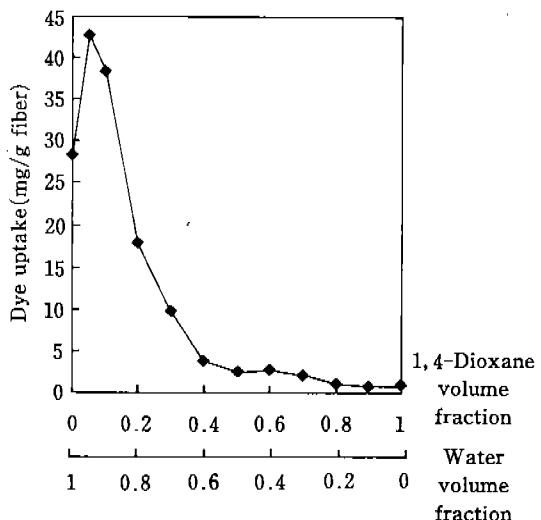


Fig. 3. Effect of 1,4-dioxane volume fraction on equilibrium dye uptake (dyeing temp.: 90°C, dyeing time: 20 hour)

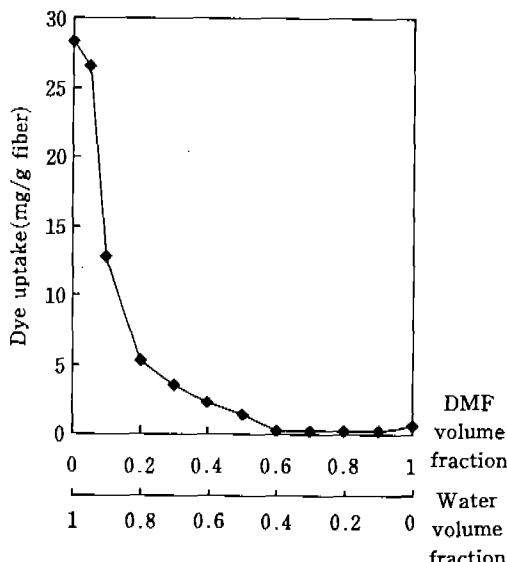


Fig. 4. Effect of DMF volume fraction on equilibrium dye uptake (dyeing temp.: 90°C, dyeing time: 20 hour)

산염료는 물에 잘 녹지 않지만 유기용제에 대한 용해도는 크기 때문에 염욕내 유기용제의 양이 많아질수록 섬유에 대한 염료의 분배계수가 낮아지므로 섬유에 대한 염착량은 감소하게 된다.

염욕에 acetone과 1,4-dioxane의 부피분율이 0.05, 0.1 일 경우, 포함되어있지 않은 경우보다 평형흡착량이 증가하였으나 DMF의 부피분율이 0.05일 때는 평형 흡착량이 그렇지 않은 경우보다 오히려 감소하였다.

분산염료로 폴리에스테르를 염색할 때, 용해도 상수가 폴리에스테르의 것과 유사한 유기용제를 첨가하면 섬유의 가소화 및 팽윤과 같은 캐리어 효과를 얻을 수 있다¹⁸⁾. 그러나 Ingemells 등¹¹⁾은 물과 완전히 섞이는 유기용제의 경우 섬유/물계에서 섬유에 대한 유기용제의 분배계수가 낮기 때문에 섬유에 유기용제가 흡착되지 못하여 캐리어의 효과를 나타내지 못한다고 하였다.

본 실험에 사용된 유기용제는 모두 물과 잘 섞이는 용제이지만, DMF의 경우를 제외하고, acetone과 dioxane을 소량 첨가한 경우는 상당한 캐리어 효과를 얻을 수 있었다.

총용해도 상수(δ_t)는 간단히 분산력 용해도 상수(δ_d)와 회합 용해도 상수(δ_a) 두 성분으로 나눌 수 있다. 섬유의 가소화는 δ_t 도 관련이 있지만 δ_d 에 의해 더 크게 좌우되며, 섬유와 δ_d 가 유사해도 물에 대한 유기용제의

용해도가 크면 섬유에 유의한 농도의 용제가 침투하지 못하므로 가소작용이 아주 작은 것으로 알려져 있다.

극성 유기용제의 수용성이 큰 것은 일반적으로 δ_a 가 크기 때문에, 따라서 분산염료의 평형 흡착에 δ_d 도 영향을 미친다. 캐리어를 첨가하여 염색하는 경우, 캐리어의 δ_a 가 약 8.7 정도 되면 물 단독으로 염색하였을 경우와 거의 비슷한 값을 나타내며, 캐리어의 δ_a 가 작을수록 즉, 극성이 작을수록 염료의 평형흡착량은 증가하였다¹¹⁾. 본 실험에 사용된 유기용제는 모두 물과 잘 섞이는 극성이 큰 용제이지만, Table 1에 보여진 것처럼 δ_a 는 1, 4-dioxane=3.71<acetone=6.13<DMF=8.67이므로, DMF의 경우 평형흡착량이 증가하지 않았지만, 상대적으로 δ_a 가 작은 acetone과 1,4-dioxane은 평형흡착량이 증가하였다.

한 분자에서 분산력과 회합력을 독립적으로 존재하지 않으므로 염색특성에 대한 그 기여의 비율을 생각해 볼 수 있다. 분산 용해도 상수와 회합 용해도 상수의 상대적 크기, 즉 $(\delta_d/\delta_a)^2$ 로서 나타낼 수 있는¹¹⁾ 각 성분의 기여도는 acetone은 1.54, 1, 4-dioxane은 6.30, DMF는 0.97이다. 따라서 분산 용해도 상수의 상대적 크기가 더 큰 경우 폴리에스테르의 가소화가 효과적으로 일어나 염료의 평형흡착량이 증가하였으나 회합 용해도 상수의 상대적 크기가 더 크면 폴리에스테르의 가소화가 효과적이지 못하므로 평형흡착량이 증가하지 못한 것으로 생각된다.

또 다른 관점에서도 생각할 수 있는데, 폴리에스테르의 반복단위 내에는 지방족 잔기와 방향족 잔기가 포함되어 있어 각각에 따른 δ_t 를 갖는다. Table 1에 나타난 것처럼, 전체 반복단위의 δ_t 는 10.78, 지방족 잔기는 12.10, 방향족 잔기는 9.85이다. 유기용제와 고분자의 δ_t 는 서로 유사하여야 상호작용을 하므로, acetone과 1, 4-dioxane은 방향족 잔기에, DMF는 지방족 잔기에 영향을 미치게 된다.

물에 방향족 잔기와 상호작용하는 유기용제를 첨가할 경우, 물은 폴리에스테르에서 극성부분인 지방족 잔기와 상호작용하고, 유기용제는 방향족 잔기와 상호작용하여 섬유가 크게 팽윤되므로, acetone과 1, 4-dioxane을 첨가한 경우 염료의 평형흡착량이 증가한 것으로 생각되며, 지방족 잔기에 상호작용하는 유기용제를 첨가할 경우, 물과 유기용제 모두 지방족 잔기에 상호작용하여 팽윤의 효과가 크지 않기 때문에, DMF를 첨가

한 경우는 염료의 평형흡착량의 증가를 보이지 않은 것으로 추측된다. 이는 국 등²⁰⁾의 연구 결과에 의해서도 나타난 바 있다.

2. 시간에 따른 염료 흡착량의 변화

염욕에 포함되어 있는 유기용제의 부피분율이 0.3 이상이 되는 경우 평형흡착량이 급격히 감소하므로, 부피분율 0.05, 0.1, 0.2인 경우와 비교를 위해 염욕에 유기용제가 포함되지 않은 경우의 염색시간에 따른 염료 흡착량을 관찰하여 Fig. 5와 6, 7에 나타내었다.

Fig. 5와 6, 7을 보면, 모든 경우 염색 초기에는 염색시간이 증가함에 따라 염료 흡착량이 급격히 증가하다가 일정시간이 지난 후에는 염색시간 증가에 따른 염료 흡착량의 원만히 증가한다. 그러나, DMF의 경우 약간 다른 경향을 띠는 것으로 보인다. Fig. 7에서 분명히 나타나지는 않지만, DMF가 포함된 경우는 염색시간 20분 이후 염색시간 증가에 따른 염료 흡착량의 증가가 매우 작다. 이는 평형흡착량과 비교해 보면 더 확실히 나타나, acetone과 1,4-dioxane의 경우 염욕내 유기용제 부피분율에 따른 염색시간 변화에 의한 염료 흡착량의 증가 순서가 유기용제 부피분율에 따른 평형흡착량의 순서와 같지만, DMF의 경우 부피분율 0.5인 경

우와 DMF를 포함하지 않은 경우 염색시간 변화에 의한 염료 흡착량의 증가 순서가 평형흡착량의 경우와 역전되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5와 6, 7 모두에서 염욕에 포함된 유기용제의 부피분율이 0.05일 때, 염색시간 증가에 따른 염료 흡착량의 증가가 가장 커고, 염욕에 포함된 유기용제의 부피분율이 증가하면 염료흡착량이 감소한다. 염욕에 포함된 유기용제의 부피분율이 증가하면, 수계염색보다는 용제염색의 특징을 나타내게되어, 염욕에 대한 염료의 분배계수가 섬유에 대해서 보다 더 커지게 되어 염색 효율이 떨어지기 때문으로 보인다.

3. 염색초기의 걸보기 확산계수

일반적으로 직경이 r 인 실린더 형 섬유의 경우, 염색 초기의 확산계수는 다음 식으로 나타낼 수 있다¹⁸⁾.

$$\frac{C_t}{C_\infty} = 2\sqrt{\frac{D \cdot t}{\pi}}$$

여기서, C_t 와 C_∞ 는 각각 일정 시간 및 평형 상태에서의 염료 흡착량을 나타내며, D 는 확산계수를 나타낸다. 따라서 C_t/C_∞ 를 \sqrt{t} 에 대하여 표시하면 직선을 얻을 수 있으며, 이 직선의 기울기는 걸보기 확산계수의 제곱근에 비례하므로 섬유로의 염료 이동 속도를 비교

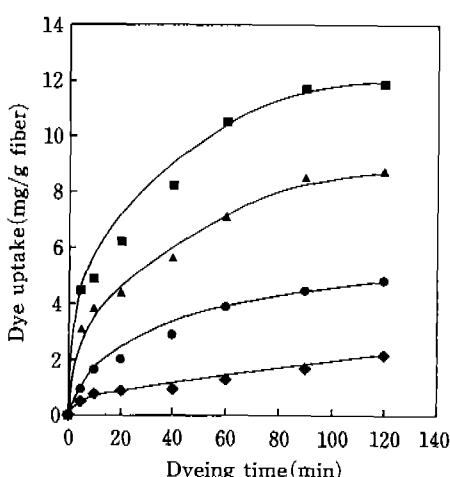


Fig. 5. Effect of dyeing time on dyeuptake with various volume fraction of acetone (dyeing temp. 50°C)
 ◆ acetone volume fraction : 0
 ■ acetone volume fraction : 0.05
 ▲ acetone volume fraction : 0.1
 ● acetone volume fraction : 0.2

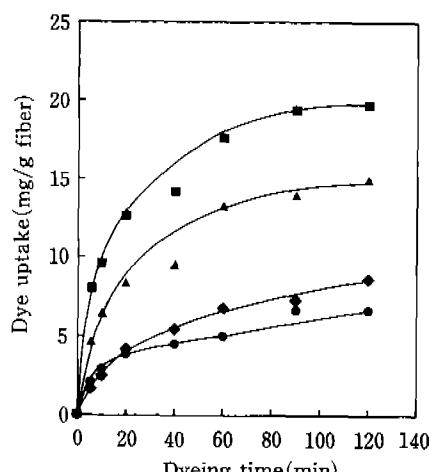


Fig. 6. Effect of dyeing time on dyeuptake with various volume fraction of 1,4-dioxane (dyeing temp. 90°C)
 ◆ 1,4-Dioxane volume fraction : 0
 ■ 1,4-Dioxane volume fraction : 0.05
 ▲ 1,4-Dioxane volume fraction : 0.1
 ● 1,4-Dioxane volume fraction : 0.2

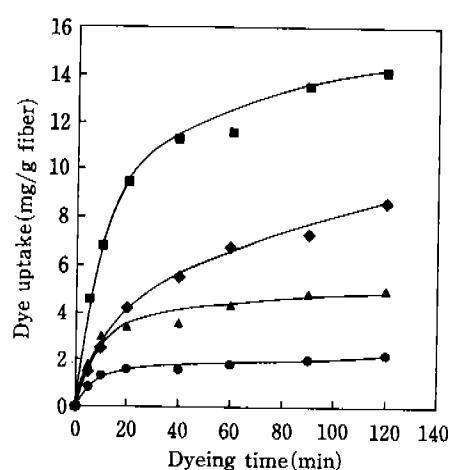


Fig. 7. Effect of dyeing time on dyeuptake with various volume fraction of DMF (dyeing temp. 90°C)
 ◆ DMF volume fraction : 0
 ■ DMF volume fraction : 0.05
 ▲ DMF volume fraction : 0.1
 ● DMF volume fraction : 0.2

할 수 있다.

Fig. 8, 9, 10은 유기용제를 포함하는 경우와 그렇지

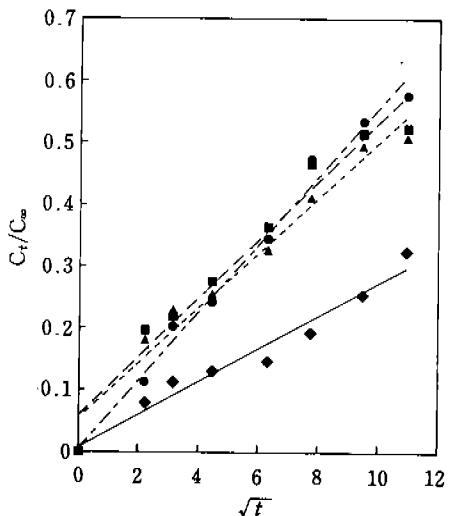


Fig. 8. Relationship between C_t/C_∞ and \sqrt{t} of polyester with various acetone volume fraction (dyeing temp. 50°C)
 ◆ acetone volume fraction : 0
 ■ acetone volume fraction : 0.05
 ▲ acetone volume fraction : 0.1
 ● acetone volume fraction : 0.2

않은 경우의 확산계수를 비교하기 위해 \sqrt{t} 와 C_t/C_∞ 를 plot한 뒤 회귀분석한 것이다. 염욕에 유기용제가 포함되지 않은 경우에 비하여 유기용제가 포함된 경우의 직선의 기울기가 더 크게 나타나므로 확산계수도 더 큼을 알 수 있다. 폴리에스테르로의 분산염료 흡착은 염욕내에 용해되어 있는 분산염료 분자에 의해서 일어나고²¹⁾, 확산은 두 부분의 농도차이가 클수록 빠리 일어난다. 물에 대한 분산염료의 용해도는 매우 낮지만 염욕에 유기용제가 포함된 경우 염욕내 용해되어 있는 분산염료의 농도가 커져 섬유내부로 확산할 수 있는 염료의 양이 증가하므로¹⁹⁾ 섬유 표면과 섬유 내부의 염료 농도 차이가 커져 염료의 확산도 빠르게 일어나는 것으로 생각된다.

또 염욕에 유기용제가 포함되지 않은 경우 \sqrt{t} 와 C_t/C_∞ 의 관계는 분명한 직선관계를 보이지만 유기용제가 포함된 경우는 직선에서 상당히 어긋나 염색초기에는 확산이 빠리 일어나고 시간이 지나면서 확산 속도가 느려짐을 할 수 있다.

분산염료의 염색은 일반적으로 초기에 섬유표면에서 염료의 흡착이 일어나고, 시간이 지나면서 서서히 섬유 내부로 확산되는 단계를 거친다²²⁾. 염욕에 유기용제가

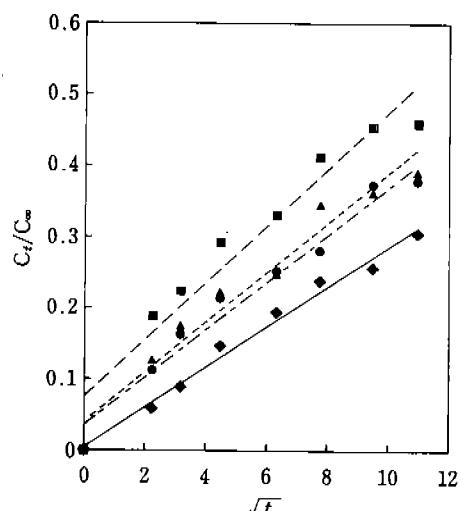


Fig. 9. Relationship between C_t/C_∞ and \sqrt{t} of polyester with various 1,4-dioxane volume fraction (dyeing temp. 90°C)
 ◆ 1,4-Dioxane volume fraction : 0
 ■ 1,4-Dioxane volume fraction : 0.05
 ▲ 1,4-Dioxane volume fraction : 0.1
 ● 1,4-Dioxane volume fraction : 0.2

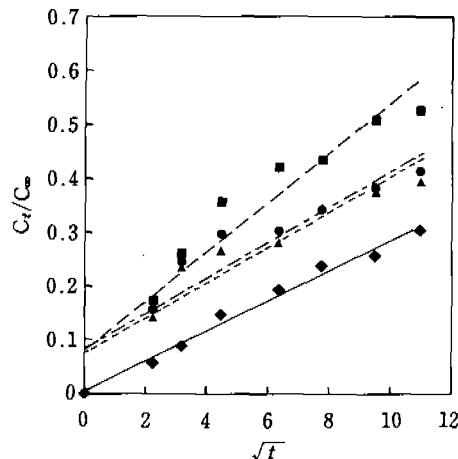


Fig. 10. Relationship between C_t/C_∞ and \sqrt{t} of polyester with various DMF volume fraction (dyeing temp. 90°C)

- ◆ DMF volume fraction : 0
- DMF volume fraction : 0.05
- ▲ DMF volume fraction : 0.1
- DMF volume fraction : 0.2

포함된 경우 염색 초기에 섬유로 흡착되는 염료는 섬유 표면에만 흡착되는 것이 아니라, 유기용제의 도움으로 펑윤되어 있는 폴리에스테르의 내부까지 빠르게 침투되는 것으로 생각된다. 섬유내부까지 염료가 침투되면 섬유표면과 섬유내부의 농도구배가 작아지므로 확산속도가 감소되기 때문에 \sqrt{t} 와 C_t/C_∞ 의 관계가 완전한 직선관계 보이지 않는 것으로 추측된다.

\sqrt{t} 에 대한 C_t/C_∞ 의 기울기는 염욕에 유기용제를 첨가하면 커졌으나 염욕에 포함된 유기용제의 부피분율에 따라 큰 차이를 보이지 않으므로 염욕에의 유기용제 첨가가 확산계수를 증가시키지만, 염욕에 포함된 유기용제의 양은 확산계수에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

IV. 결 론

극성유기용제/물 혼합용에서 분산염료로 폴리에스테르를 염색하여, 염색성을 고찰한 결과는 다음과 같다.

Acetone과 1,4-dioxane의 경우 염욕에서의 부피분율이 0.05일 때 염료의 평형흡착량이 최대값을 보이고, 그 후 부피분율이 증가하면 평형흡착량이 감소한 반면, DMF의 경우는 최대 평형흡착량이 나타나지 않고 부피

분율 증가에 따라 평형흡착량이 감소하였다.

Acetone과 1,4-dioxane이 소량 첨가되었을 경우 염료의 평형흡착량이 증가한 이유는 유기용제의 회합 용해도 상수에 대한 분산 용해도 상수의 상대적 크기가 크므로 폴리에스테르의 가소화가 효과적으로 일어났기 때문으로 추측된다.

acetone과 1,4-dioxane의 경우 유기용제가 포함여부에 관계없이 염색 초기에는 염색 시간 증가에 따라 염료 흡착량이 급격히 증가하고, 그 이후 염색시간에 따라 염료 흡착량이 완만히 증가하나, DMF가 포함된 경우는 염색초기에 염료흡착량이 급격히 증가한 이후에는 시간에 따른 염료흡착량 증가가 매우 작다. 염색시간이 증가함에 따라, 시간에 따른 염료 흡착량의 증가는 acetone과 1,4-dioxane의 경우 염욕의 유기용제 함량에 따라 염료의 평형흡착량과 같은 순서로 커졌으나, DMF의 경우 염욕내 부피분율이 0.05일 때 가장 컸다.

염색초기의 \sqrt{t} 에 대한 C_t/C_∞ 의 기울기는 염욕에 유기용제가 포함되지 않은 경우보다 포함된 경우에 더 커지고, 염욕내 유기용제 부피분율에 따라서는 큰 차이가 없었다. 유기용제가 포함되지 않은 경우 \sqrt{t} 와 C_t/C_∞ 는 완전한 직선관계를 나타내나 유기용제가 포함된 경우 \sqrt{t} 와 C_t/C_∞ 의 관계는 직선에서 약간 벗어났다.

참 고 문 헌

- 1) 이대수, 안태환, 용제염색에서 극성 화합물이 염착속도에 미치는 영향, 한국염색가공학회지, 2(1), 21, 1990
- 2) Kuwabara, S., Effect of Normal Alcohols and Iso-octane on Tetrachloroethylene Dyeing of Poly(Ethylene Terephthalate), *Sen-I Gakkaishi*, 35, T-345, 1979
- 3) Hashimoto, I., The rate of Diffusion of Disperse Dye on Poly(ethylene terephthalate) in Organic Solvent Dyeing, *Sen-I Gakkaishi*, 33, T-342, 1977
- 4) Kuwabara, S., Dyeing of Poly(ethylene terephthalate) Pretreated with Solvent, *Sen-I Gakkaishi*, 34, T-412, 1978
- 5) 강상오, 조현태, 김성련, 분산염료/PET섬유 염색제에서 Carrier의 작용성에 관한 연구, 한국섬유공학회지, 19(2), 18, 1982
- 6) 김공주, 안경열, 강영의, Poly(ethylene terephthalate) 섬유의 상압 분산 염색에 관한 연구, 한국섬

유공학회지, 23(4), 47, 1986

- 7) Weigmann, H.D., Scott, M.G., Ribnick, A.S., Matkowsky, R.D., Interaction of Nonaqueous Solvent with Textile Fibers—Part VII: Mechanism of Dye Diffusion in Solvent—Treated Polyester Yarns, *Textile Res. J.*, 47(11), 745, 1977
- 8) Moore, R.A.F., Weigmann, H.D., Dyeability of Polyester After Carrier/Solvent Pretreatment, *Text. Chem. Color.*, 13(3), 70, 1981
- 9) Hori, T., Sato, Y., Shimizu, T., Contribution of Swelling, Dye Affinity, Glass Transition Temperature and Other Factors to the Experimental Diffusion Coefficient of a Dye into Poly(ethylene Terephthalate) from Various Solvents, *J. Soc. Dyers Col.*, 97(1), 6, 1981
- 10) Matkowsky, R.D., Weigmann, H.D., Scott, M.G., Atmospheric Disperse Dyeing of Polyester, *Text. Chem. Color.*, 12(3), 55, 1980
- 11) Ingamells, W., Thomas, M.N., Mechanism of Carrier Dyeing, *Textile Chem. Colorist*, 16(3), 55, 1984
- 12) Weigmann, H.D., Scott, M.G., Ribnick, A.S., Matkowsky, R.D., Interaction of Nonaqueous Solvent with Textile Fibers—Part VII: Dyeability of Polyester Yarns After Heat and Solvent—Induced Structural Modifications, *Textile Res. J.*, 46(8), 574, 1976
- 13) Weigmann, H.D., N, Scott, M.G., Ribnick, A.S., Matkowsky, R.D., Interaction of Nonaqueous Solvent with Textile Fibers—Part VIII: Mechanism of Dye Diffusion in Solvent—Treated Polyester Yarns, *Textile Res. J.*, 47(11), 745, 1977
- 14) Roberts, G.A.F., Solanki, R.K., Carrier Dyeing of Polyester Fiber Part III-The Role of Water in Solventdyeing, *J. Soc. Dyers Col.*, 97(5), 220, 1981
- 15) 김공주, Polyester 섬유의 염소화 탄화수소/물 emulsion 처리에 의한 물성의 변화와 염색성(I), 한국 섬유공학회지, 19(2), 10, 1982
- 16) Vickerstaff, T., "The Physical Chemistry of Dyeing", 2nd ed, pp.18-29, Oliver and Boyd, London, 1954.
- 17) Brandrup, J., and Immergut, E.H., "Polymer Handbook", John Wiley & Sons, New York, 1975.
- 18) Vickerstaff, T., "The Physical Chemistry of Dyeing", 2nd ed, pp.123-163, Oliver and Boyd, London, 1954.
- 19) Ingamells, W., in "The theory of coloration of textiles", (Johnson,A.,ed) 2nd ed., pp. 225-245., Society of Dyers and Colourists, Bradford .1989
- 20) 국윤환, 최창남, 유기용매/물의 가성소오다 용액에서 폴리에스테르 직물의 알칼리가공에 관한 연구, 한국 섬유공학회지, 21(2), 13, 1984.
- 21) Sumner, H., in "The theory of coloration of textiles", (Johnson, A., ed) 2nd ed., pp. 275-280., Society of Dyers and Colourists, Bradford.1989
- 22) Jones, F., in "The theory of coloration of textiles", (Johnson, A., ed), 2nd ed., pp. 373-374, Society of Dyers and colourists, Bradford, England, 1989.