

〈研究論文(學術)〉

## 유기용매염색 ( I )

— C. I. Disperse Violet 1에 의한 PET 염색 —

김태경 · 허재원 · 김병인 · 임용진

경북대학교 공과대학 염색공학과  
(1997년 6월 5일 접수)

## Organic Solvent Dyeing ( I )

— The dyeing of PET by C. I. Disperse Violet 1 —

Tae Kyeong Kim, Jae Won Heo, Byoung In Kim, and Yong Jin Lim

*Department of dyeing and finishing, College of Engineering,  
Kyungpook National University, Taegu, Korea*

(Received June 5, 1997)

**Abstract**—As a non-aqueous dyeing method, organic solvent dyeing was discussed. The dye uptakes on PET and the solubilities of C. I. Disperse Violet 1 in 24 kinds of organic solvents including water were investigated, and the partition coefficients in PET-solvents system were also obtained from their isotherms.

Contrary to in the other solvents, the dye uptake of C. I. Disperse Violet 1 on PET in hexane was even much higher, and also considerable in cyclohexane. The logarithmic plot of the dye uptakes versus the solubilities showed that the dye uptakes are linear and inversely proportional to the solubilities. The effect of  $T_g$  decrease of PET in organic solvents to dye uptake seems to be very small relative to the effect of solubility, and so negligible.

### 1. 서 론

최근 들어 GR 등 환경규제가 국제적으로 강화됨에 따라 공업용수를 다량으로 소비하는 염색공업에 있어서 염색폐수가 심각한 문제로 부각되고 있다. 따라서 선진국에서는 초임계 탄산가스 염색, 유기용제 염색 등 비수계염색에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 염색과정에서 물 대신 타용제를 염색매체로

사용하는 비수계염색은 용제를 회수하여 반복 사용하는 것으로 용제회수에 대한 시설의 부담은 있으나, 폐수처리 및 조제비용의 절감 등 긴 안목으로 보아 장점이 많아 차세대 염색으로 기대된다. 1990년대초에 Saus 등에 의해 시작된 초임계 탄산가스 염색은<sup>1,2)</sup>, 상온에서 기체인 탄산가스가 특정온도와 특정압력 하에서 기체와 액체상의 구분이 명확하지 않는 소위 초임계상태에 도달하는 현상을 이용하는 것으로,

이러한 상태에서 분산염료와 같은 유기분자는 용해되어 극저점도의 초임계유체를 따라 확산되면서 PET와 같은 합성섬유가 염색되는 새로운 비수계염색법으로서 각국에서 실험실적인 규모의 연구가 활발히 진행중이다. 유기용제를 염색에 이용한 예로는 분산염료에 의한 PET의 염색에 있어서 캐리어로서 유기용제를 이용한 경우와 유기용제로 전처리한 섬유의 물성변화에 따른 염색성의 변화 등 주로 염색 보조제로서의 이용에 대한 연구가 많이 보고되어 왔다<sup>3~12)</sup>. 염색보조제가 아닌 염색매체로서의 유기용제의 이용은 글리콜 또는 글리콜 에테르 내에서 직접염료 및 황화염료에 의한 면의 염색<sup>13)</sup>, 알코올류와 벤젠류의 용매내에서 카티온염료와 분산염료의 합성섬유에 대한 확산속도 연구<sup>14~16)</sup>, 극성-비극성 용매내에서 반응성 염료를 이용한 면의 염색<sup>17)</sup> 등의 몇몇 예를 제외하면 대부분 테트라클로로에틸렌과 같은 염소화탄화수소류의 연구에 집중되어 있다<sup>18~26)</sup>. 그러나 거의 모든 연구에 있어서 염료의 염착량이 물의 경우에 비해 현저히 낮으므로 실제 염색시 충분한 color yield를 얻기 어렵다는 문제점이 있었다. 본 연구에서는 염색매체를 물 대신 유기용매를 이용하는 용매염색의 기초 연구로서 테트라클로로에틸렌을 포함한 24종의 유기용매를 대상으로 이들의 용매염색에의 이용가능성을 알아보기 위해 분산염료를 사용하여 각 용매내에서의 PET에 대한 염색성을 조사하였다.

거의 모든 분산염료의 경우, 물에 비해 용매 내에서의 염착량이 아주 적은 것이 일반적이나 본 실험에서는 1,4-diaminoanthraquinone(C. I. Disperse Violet 1)을 핵산 내에서 염색한 경우 물에서와 거의 동등한 정도의 염착량을 보인다는 사실을 기초로 PET-용매간의 C. I. Disperse Violet 1의 분배계수를 구하고, 이들 분배계수와 용매 내에서의 염료의 용해도와의 상호관련성을 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

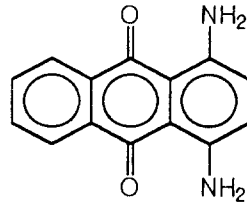
#### 2.1.1 시료

경사 176 fil./inch, 위사 82 fil./inch의 PET 평직

물을 사용하였다.

#### 2.1.2 염료

Aldrich사의 시약용 분산염료인 1,4-diaminoanthraquinone(C. I. Disperse Violet 1)을 그대로 사용하였으며, 염료의 구조와 분자량 및 최대흡수파장은 다음과 같다.



M.W. : 238.25 g/mole

$\lambda_{max}$  : 593.2 nm(in DMF)

#### 2.1.3 시약

각 유기용매는 시약1급을 그대로 사용하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 염색

#### 2.2.1.1 염색시험

24종의 용매에 대한 염착성을 알아보기 위하여 0.2g의 PET 직물을 염료농도 0.1g/l의 용액을 사용하여 용비 250 : 1의 조건으로, 각각 70°C에서 30분간에 걸쳐 130°C까지 승온시키고 이 온도에서 60분간 염색하였다.

염색이 끝난 PET 직물은 아세톤으로 2회 세척한 후 진공건조시켜 보관하였고, 염색기는 고압 pot 형의 Auto Textile Dyeing Machine(고려과학산업, 한국)을 사용하였다.

#### 2.2.1.2 흡착등온선

0.01g의 PET를 0.004, 0.01, 0.02, 0.03g/l의 염료 농도를 사용하여 용비 5,000 : 1의 무한염욕의 조건으로 130°C에서 평형에 도달할 때까지 염색하였다. 일반적으로 130°C의 고온에서는 염색속도가 매우 빨라 30분 정도에서 충분히 평형에 도달하므로 평형염색시간은 1시간으로 하였다.

### 2.2.2 염착량 측정

염색후 진공건조된 섬유를 적당량 평량하여 이를 100% DMF로 90°C에서 염료를 완전히 추출하고, 분광광도계(UV-2100 Spectrophotometer, Shimadzu)를 사용하여 이의 흡광도를 측정하여 미리 작성된 검량선으로부터 염착량을 계산하였다.

### 2.2.3 염료의 용해도 측정

각각의 용매 10ml에 과량의 염료를 첨가하여 15°C에서 충분히 용해시킨후, 3,500 RPM으로 원심분리하여 비용해 염료를 침전시켜 제거하고 그 염료 포화용액 1ml를 DMF로 희석하여 흡광도를 측정, 미리 작성한 검량선으로부터 용해도를 계산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 유기용매의 물리적 상수

본 실험에 사용된 용매들은 물, 메탄올, 에탄올, 프로판올, 부탄올, 펜탄올, 에틸렌글리콜(EG), 프로필렌글리콜(PG), 갈리세롤, 아세톤, 아세토페논, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 클로로벤젠, 디클로로메탄, 클로로포름, 카본테트라클로라이드, 1,1,2,2-테트라클로로에틸렌(PER), 헥산, 시클로헥산, 피리딘, 디메틸포름아미드(DMF), 디메틸설폭사이드(DMSO) 등 24종으로 이들의 물리적 상수들을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The physical constants of organic solvents

Solvents	Boiling point	Density	Ref. index	Dipole moment	Dielectric constant	Viscosity	Solubility Parameter*			
	°C	g/cm <sup>3</sup> , 20°C	20°C	D	20°C	cP, 25°C	$\delta$	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_h$
Water	100.0	0.998	1.333	1.85	80.10	1.00 <sup>(21)</sup>	23.4	6.0	15.3	16.7
Methanol	64.6	0.791	1.329	1.70	33.00	0.54	14.3	7.4	6.0	10.9
Ethanol	78.2	0.789	1.361	1.69	25.30	1.07	12.9	7.7	4.3	9.5
n-Propanol	97.2	0.804	1.385	1.55	20.80	1.95	12.0	7.8	3.3	8.5
n-Butanol	117.7	0.810	1.399	1.66	17.84	2.54	11.3	7.8	2.8	7.7
+ n-Pentanol	137.9	0.814	1.410	1.70	15.13 <sup>(25)</sup>	3.62	10.6	7.8	2.2	6.8
Ethylene glycol	197.3	1.109	1.432	2.28	41.40	16.10	16.3	8.3	5.4	12.7
Propylene glycol	187.0	1.036	1.432	2.20	27.50 <sup>(30)</sup>	40.40	14.8	8.2	4.6	11.4
Glycerol	290.0	1.261	1.475	2.60	46.53	934.00	17.7	8.5	5.9	14.3
Acetone	56.0	0.790	1.359	2.88	21.01	0.31	9.8	7.6	5.1	3.4
Acetophenone	202.0	1.028	1.537	3.02	17.44 <sup>(25)</sup>	1.68	9.7	8.6	4.2	1.8
Benzene	80.0	0.877	1.501	0.00	2.28	0.60	9.1	9.0	0.5	1.0
Toluene	110.6	0.867	1.496	0.38	2.38 <sup>(23)</sup>	0.56	8.9	8.8	0.7	1.0
Ethylbenzene	136.1	0.867	1.496	0.59	2.45	0.63	8.8	8.7	0.3	0.7
Chlorobenzene	131.7	1.106	1.524	1.69	5.69	0.75	9.5	9.3	2.1	1.0
Dichloromethane	39.8	1.327	1.424	1.60	8.93 <sup>(25)</sup>	0.41	9.9	8.9	3.1	3.0
Chloroform	61.1	1.483	1.446	1.04	4.81	0.54	9.2	8.7	1.5	2.8
Carbon tetrachloride	76.8	1.594	1.460	0.00	2.24	0.91	8.7	8.7	0.0	0.0
Perchloroethylene	121.3	1.623	1.505	0.00	2.27 <sup>(34)</sup>	0.84	9.9	9.3	3.2	1.4
n-Hexane	68.7	0.655 <sup>(25)</sup>	1.375	0.00	1.89	0.30	7.2	7.2	0.0	0.0
Cyclohexane	80.7	0.779	1.427	0.00	2.02	0.89	8.2	8.2	0.0	0.0
Pyridine	115.2	0.982	1.510	2.22	13.26	0.88	10.6	9.3	4.3	2.9
DMF	153.0	0.944 <sup>(25)</sup>	1.431	3.82	38.25	0.79	12.1	8.5	6.7	5.5
DMSO	189.0	1.101	1.417	3.96	47.24	1.99	13.0	9.0	8.0	5.0

\*  $\delta$ : total,  $\delta_d$ : dispersive term,  $\delta_p$ : polar term,  $\delta_h$ : hydrogen bonding term

3.2 염착량 및 분배계수

염색매체로 물 이외의 유기용매의 사용가능성을 알아보기 위하여, 물을 포함한 24종의 유기용매를 사용하여 C. I. Disperse Violet 1으로써 PET 섬유를 130°C에서 1시간 염색시 염착량을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에 의하면 과거에 용매염색에의 이용가능성이 큰 것으로 알려져 많은 연구가 이루어졌던 테트라클로로에틸렌(perclene, PER)을 비롯한 거의 대부분의 용매에서의 염착량은 물에 비해 현저히 낮음을 알 수 있다.

또한 이들의 염착량들은 염색매체로 사용한 용매들의 Table 1에 나타난 물리적 상수와는 전혀 상관없음을 알 수 있다.

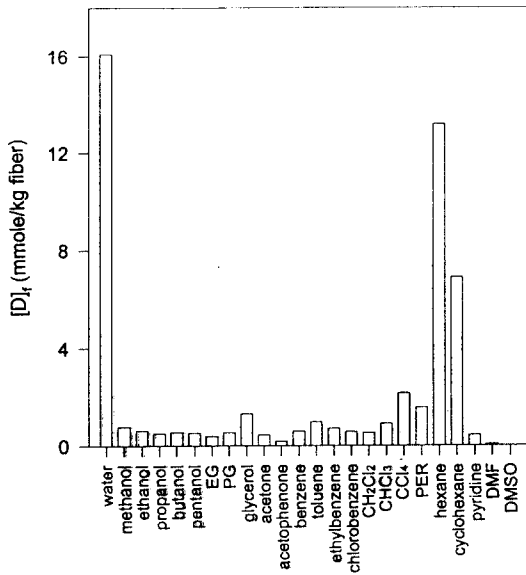


Fig. 1 Dye adsorptions of C. I. Disperse Violet 1 on PET in various organic solvents at 130°C.

그러나 헥산의 경우에는 흥미롭게도 물과 거의 동등한 정도의 염착량을 보이며, 시클로헥산에서도 상당히 높은 값을 나타냄을 알 수 있다. 이들을 더욱 명확히 비교하기 위해 물과 헥산, 시클로헥산을 포함하여 비교적 염착량이 큰 사염화탄소, 테트라클로로에틸렌, 글리세롤등 6종의 용매들에 대해 130°C에서의 흡착등온선을 얻어 Fig. 2에 나타내었다.

흡착등온선을 얻기 위해서는 염료가 완전히 용해된 상태이어야 하나 분산염료의 물에 대한 용해도가 아주 낮으므로 130°C에서 충분히 용해될 수 있는 정도의 저농도인 0.126mmol/l까지의 농도에서 실시하였다. 육비는 염색전후의 염액의 농도변화를 무시할 수 있을 정도인 5,000 : 1로 하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 이들 용매에서 C. I. Disperse Violet 1은 사용한 농도 구간내에서 좋은 직선관계를 나타내므로 이들 용매에서 C. I. Disperse Violet 1의 PET에 대한 염착은 물에서와 같이 Henry형 흡착임을 알 수 있다. 그리고 이 직선의 기울기가 용매와 PET에 대한 염료의 분배계수이므로 그 값을 산출하여 Table 2에 나타내었다. 다른 유기용매들의 경우는 분배계수가 물에 대해 7% 미만인데 비해 헥산은 70% 이상의 값을 가지며 시클로헥산의 경우도 상당히 높다는 것을 알 수 있었다.

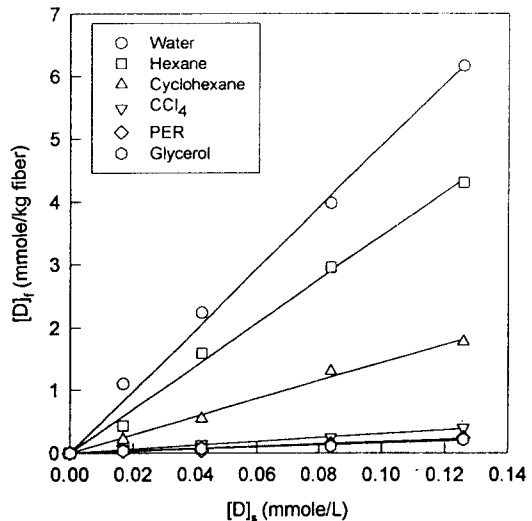


Fig. 2 Adsorption isotherms of C. I. Disperse Violet 1 on PET in several organic solvents at 130°C.

3.3 염료의 용해도

분산염료에 의한 PET 섬유의 염색은 소수성 결합(hydrophobic interaction)이외에 고용체 이론으로 설명되기도 한다. 일반적으로 분산염료는 수용성기를 가지지 않는 소수성 유기분자로서 물에 불용성

Table 2. Partition coefficients(K) of C.I. Disperse violet 1 at 130C

Solvents	K	Ratio(%)
Water	49.00	100.00
n-Hexane	35.66	72.78
Cyclohexane	14.40	29.39
Carbon tetrachloride	3.05	6.22
Tetrachloroethylene	1.78	3.63
Glycerol	1.57	3.20

이므로 물을 염색매체로 사용하는 염색계에 있어서 염료는 물에서보다 소수성인 PET 섬유에 더 잘 용해된다. 이러한 현상을 근거로 하여 PET 섬유에 대한 분산염료의 염착을 고체인 PET에의 분산염료의 용해로 보는 것이 고용체 이론이다.

소수성의 분산염료가 같은 소수성인 PET 섬유에 염착되는 원리를 엔트로피의 측면에서 해석하기 위해 사용되는 것이 소수성 결합이다<sup>22</sup>. 물은 여러개의 물분자가 수소결합에 의해 거대분자를 이루고 있는데 이를 소위 'cluster'라고 하며, 이런 cluster를 형성하지 않고 단독으로 존재하는 물분자를 'free water'라고 한다. 온도가 낮을수록 free water에 비해 cluster의 비율이 많아지며, 반대로 고온일수록 cluster는 점차로 파괴되어 free water로 된다. 물속에 PET 및 분산염료와 같은 소수성의 유기분자가 들어가면 free water들이 이들 유기분자를 완전히 둘러싸서 iceberg를 형성한다. 유기분자를 질서정인하게 둘러싼 물분자는 free water 상태일 때에 비해 자유도 즉 엔트로피가 감소하게 되며 이 계는 엔트로피적으로 불리하게 된다. 따라서 이들 유기분자들이 서로 모여 응집하게 되면 유기분자들 사이에 있던 물분자는 다시 free water 상태로 돌아가고 그만큼 계의 엔트로피는 증가하게 된다. 어떤 계의 반응은 엔트로피가 증가하는 방향으로 진행하려는 경향을 가지므로 물속에서의 유기분자의 응집(염료-염료 결합, PET-염료 결합)은 쉽게 일어난다. 이와 같은 결합을 소수성 결합이라 하며 소수성인 PET에 소수성인 분산염료가 잘 염착되는 것은 소수성 결합으로 잘 설명되며 염착량이 염료농도에

비례하므로 고용체 이론도 수용할 수 있다.

이러한 사실로 미루어 볼 때, 각 용매 내에서의 염료의 용해도는 용매-PET간의 분배계수에 직접적인 영향을 미칠 것으로 생각되므로 본 연구에서는 각 용매들에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 용해도를 측정하여 이들이 용매 내에서의 PET에 대한 염착량에 어느 정도의 관련성을 가지는지를 조사하였다.

15C에서 물을 포함한 24종의 유기용매에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 용해도를 측정하여 Fig. 3에, 그리고 염착량과 용해도와와의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에 의하면 예상한 대로 용해도와 염착량과는 서로 반비례 관계를 보인다. 염착량이 큰 물, 핵산 및 시클로핵산의 용해도는 플롯의 스케일에 나타나지 않을 정도의 낮은 값을 가지며 반대로 염착량이 낮은 아세톤, 아세토페논, DMF, DMSO의 경우는 용해도가 상당히 큼을 알 수 있다.

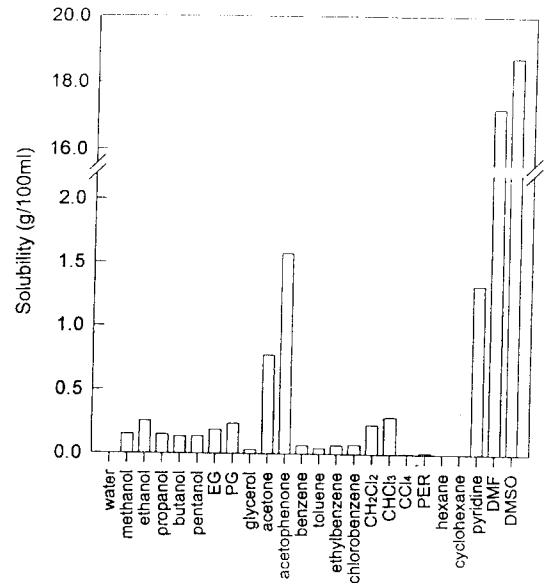


Fig. 3 Solubilities of C. I. Disperse Violet 1 in various organic solvents at 15C.

용해도와 염착량과의 이러한 상관관계를 보다 정량적으로 나타내기 위하여 염착량을 각 용매에 대한 염료의 용해도에 대하여 플롯하여 보았다. 그 결과 Fig. 5에서와 같이 염료의 용해도에 대한 염착량은 단순 반비례가 아니라 지수적으로 반비례한다는 사

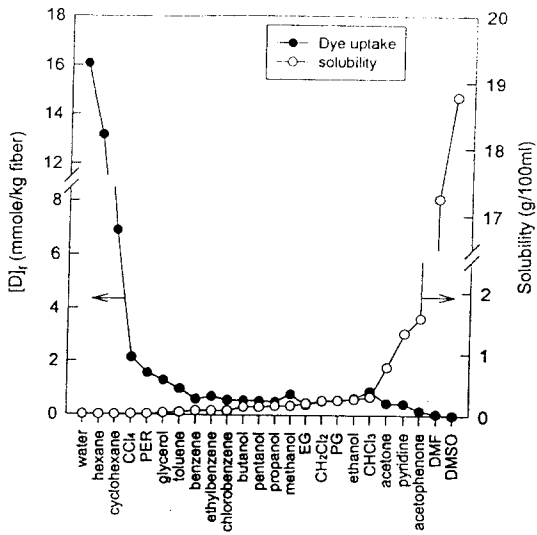


Fig. 4 Dye adsorptions on PET at 130°C and the solubilities of C. I. Disperse Violet 1 at 15°C in various organic solvents.

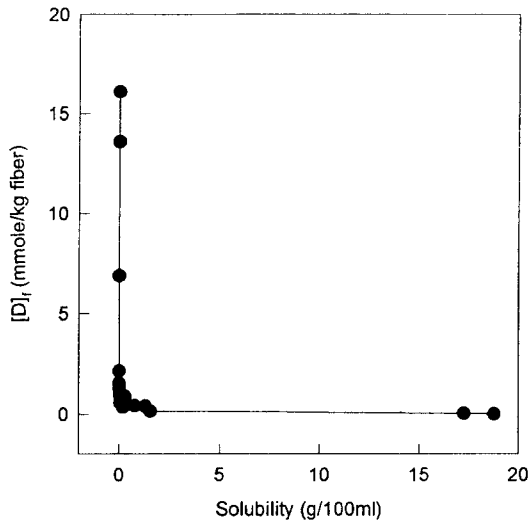


Fig. 5 Relationship between the solubilities (15°C) and the dye adsorption(130°C) of C. I. Disperse Violet 1 in various organic solvents.

실을 알 수 있다. 따라서 Fig. 5의 X와 Y축에 대해 각각 대수를 취하여 나타낸 것이 Fig. 6이다. 본 실험에서 사용한 24종의 용매들에 대한 용해도와 염

착량의 대수 그래프에서 이들은 직선적인 관계가 있음을 알 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 물은 특이한 경우로서 Fig. 6의 직선에서 비교적 크게 벗어나 예상염착량에 비해 상당히 낮은 값을 보인다. 이것은 무기용매인 물이 소수결합과 같은 보통의 유기용매에서는 볼 수 없는 특이한 성질을 가지기 때문이라고 생각된다.

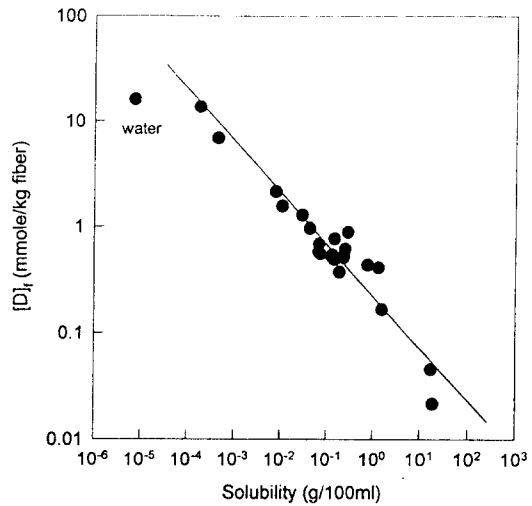


Fig. 6 Logarithmic plot of the solubilities (15°C) and the dye adsorptions(130°C) of C. I. Disperse Violet 1 in various organic solvents.

### 3.4 T<sub>g</sub> 변화의 영향

PET 섬유는 소수성이며 결정구조가 치밀하여 다른 섬유에 비해 상대적으로 높은 온도에서 염색이 이루어진다. 따라서 PET에 대해 가소화 작용을 하는 유기용매를 염색의 캐리어로 사용하거나, 또는 PET와 상용성이 큰 유기용매로 전처리를 함으로써 PET의 결정구조를 변화시켜 염착온도를 낮추고 염착량을 증가시키는 방법 등에 관한 연구가 많이 보고되어 있다<sup>3~12)</sup>.

유기용매를 염색매체로 사용하는 용매염색에 있어서 각 용매 내에서의 PET 섬유의 가소화 정도에는 차이가 있으며 그러한 차이는 염료의 염착에 영향을 미칠 수 있다.

Ribnick 등은 동적수축(dynamic shrinkage)이라는 방법을 사용하여 여러 가지 유기용매 내에서의 PET의  $T_g$  감소를 측정하였다<sup>28</sup>. 동적수축법이란 용매중에 침지시킨 섬유 수축율을 일정한 가열속도에서 측정하는 것으로 각 수축율을 온도에 대해 플롯하고 그 플롯을 수축율이 0인 점으로 외삽하여 그 때의 온도를 구하는 방법이다. 결국 이 온도는

Table 3. Estimation of  $T_g$  of PET in various organic solvents by means of dynamic shrinkage<sup>28</sup>.

Solvents	$T_g$ (°C)	$\Delta T_g$
Dry(in air)	83	0
n-Butanol	30	53
Tetrachloroethylene	20	63
Toluene	20	63
DMSO	-15	98
Chlorobenzene	-33	116
Pyridine	-67	150
DMF	-72	155
Chloroform	-143	226

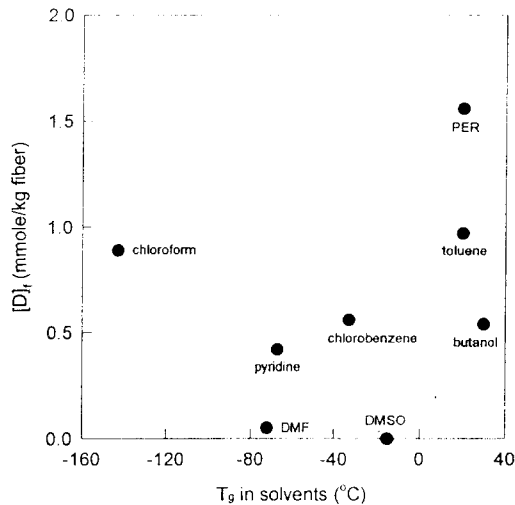


Fig. 7 Relationship between the decrease of  $T_g$  of PET in solvents and the dye adsorptions of C. I. Disperse Violet 1 at 130°C.

섬유가 수축을 시작하는 온도이며 용매 내에서의 섬유의  $T_g$ 에 해당한다. Ribnick의 연구와 본 연구에서 공통적으로 사용된 8종의 용매에 대한 값을 Table 3에 나타내었다. 각 용매 내에서의  $T_g$ 에 대한 130°C에서의 C. I. Disperse Violet 1의 염착량을 플롯한 것이 Fig. 7로  $T_g$ 의 변화와 130°C에서의 염착량 사이에 의미있는 관련성은 보이지 않는다. 이것은 130°C의 고온에서는 이미 PET의 구조가 상당히 이완되어 있기 때문으로 생각되며, 또한 유기용매를 사용한 PET의 분산염색에 있어서 염착량은 용매에 의한 PET의 가소화보다는 염료의 용해도에 의한 영향이 지배적이라는 것을 나타낸다.

#### 4. 결 론

염색매체를 물 대신 유기용매를 이용하는 용매염색의 기초연구로서 테트라플로로에틸렌을 포함한 24종의 유기용매를 대상으로 이들의 용매염색에의 이용가능성을 알아보기 위해 분산염료를 사용하여 각 용매내에서의 PET에 대한 염색성을 조사하였다.

염착량들은 염색매체로 사용한 용매들의 물리적 상수와는 전혀 상관관계가 없음을 알 수 있었다.

거의 모든 분산염료의 경우, 물에 비해 용매 내에서의 염착량이 아주 적은 것이 일반적이거나 본 실험에서는 1,4-diaminoanthraquinone(C. I. Disperse Violet 1)을 헥산에서 염색한 경우 물에서와 거의 동등한 정도의 염착량을 보인다는 사실을 알았다. 사용한 유기용매들 중 염착량이 큰 6종의 용매에 대한 흡착등온선을 통해 PET-용매간의 C. I. Disperse Violet 1의 분배계수를 구하였으며, 각 용매에서의 염착량과 염료의 용해도와의 상호관련성을 조사하였다. 그 결과 사용한 농도구간에서 Henry형의 좋은 직선관계를 나타내는 것으로 보아 용매염색에서도 PET와 분산염료의 염착기구 자체에는 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 염료의 용해도를 측정된 결과 염착량과 용해도 사이에는 지수적인 반비례 관계가 있으며, 이들의 대수 그래프에서는 직선적인 반비례관계를 보이는 것을 알았다. 유기용매 내에서의 PET의  $T_g$  변화가 염착량에 미치는 영향을 살펴보았으나 뚜렷한 관련성은 얻지 못하였다.

## 참고문헌

1. W. Saus, D. Knittel, and E. Schollmeyer, *Text. Res. J.*, **63**, 135(1993).
2. W. Saus, D. Knittel, and E. Schollmeyer, *Inter. Text. Bull.*, **4**, 62(1993).
3. T. Wakida, T. Takagishi, G. J. Kim, and N. Kuroki, *Sen-i Gakkaishi*, **39**, 67(1983).
4. S. R. Shukla, V. B. Hedao, and A. N. Saligram, *Am. Dyestuff Repr.*, **3**, 37(1992).
5. C. D. Shah and D. K. Jain, *Text. Res. J.*, **54**, 485(1984).
6. S. R. Shukla, R. V. Hyndekar, and A. N. Saligram, *J. Soc. Dyers Colour.*, **108**, 29(1992).
7. S. R. Shukla, R. V. Hyndekar, and A. N. Saligram, *J. Soc. Dyers Colour.*, **107**, 463(1991).
8. S. R. Shukla, R. V. Hyndekar, and A. N. Saligram, *J. Soc. Dyers Colour.*, **107**, 407(1991).
9. Y. J. Lim, H. J. Choi, N. S. Yoon, and H. K. Lee, *J. Kor. Soc. Text. Eng. Chem.*, **21**, 281(1984).
10. H. D. Weigmann, M. G. Scott, A. S. Ribnick, and R. D. Matkowsky, *Text. Res. J.*, **47**, 745(1977).
11. H. D. Weigmann, M. G. Scott, A. S. Ribnick, and L. Rebenfeld, *Text. Res. J.*, **46**, 574(1976).
12. Y. J. Lim, M. Tahara, T. Takagishi, N. Kuroki, and T. Wakida, *Sen-i Gakkaishi*, **40**, 89(1984).
13. E. J. Blanchard, *Text. Res. J.*, **50**, 147(1980).
14. I. Hashimoto, *J. Text. Machinery Soc.*, **32**, P231(1979).
15. I. Hashimoto, *J. Text. Machinery Soc.*, **32**, P162(1979).
16. I. Hashimoto, *J. Text. Machinery Soc.*, **32**, P399(1979).
17. R. B. Chavan and A. Subramanian, *Text. Res. J.*, **53**, 540(1983).
18. W. S. Perkins and D. M. Hall, *Text. Res. J.*, **43**, 115(1973).
19. R. B. Chavan and J. V. Rao, *Text. Res. J.*, **53**, 290(1983).
20. K. Gebert, *J. Soc. Dyers Colour.*, **87**, 509(1971).
21. W. Furness, *J. Soc. Dyers Colour.*, **87**, 514(1971).
22. B. Milicevic, *J. Soc. Dyers Colour.*, **87**, 503(1971).
23. A. J. Shipman, *J. Soc. Dyers Colour., Rev. Prog. Col.*, **2**, 42(1971).
24. B. Milicevic, *J. Soc. Dyers Colour., Rev. Prog. Col.*, **1**, 49(1970).
25. G. M. Gantz, *AATCC*, **1**, 70(1969).
26. W. Kothe, "AATCC Symposium Textile Solvent Technology Update '73", 127(1973).
27. E. R. Trotman, "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres(6th Ed.)", P.277(1984).
28. A. S. Ribnick and H. D. Weigmann, *Text. Res. J.*, **43**, 316(1973).