

## 염화코발트법을 이용한 직물의 동적 수분전달에 대한 연구

홍 경 희 · 김 은 숙

충남대학교 가정대학 의류학과

### **A Study on Dynamic Moisture Transfer in Textiles Using Cobaltous Chloride Method**

**Kyunghi Hong, Eunsook Kim**

Dept. of Clothing & Textiles  
College of Home Economics, Chungnam National University  
(1989. 8. 31 접수)

#### **Abstract**

Moisture related properties of fabrics in dynamic modes are considered to be important in the judgement of the subjective comfort characteristics of clothing fabrics. In the current study, an attempt to improve the cobaltous chloride test method was made which has been known as a convenient screening test for dynamic surface wetness.

The color changes of cobaltous chloride treated fabrics on the simulated sweating skin were calibrated against standard color strips. The standard color strips were made of all types of test fabrics and installed inside of the test tubes containing a series of saturated salt solutions, which gives more quantitative informations on dynamic moisture transfer.

Influences of fiber types and finishes on dynamic moisture transfer in textiles were studied using a single layer of fabric samples. Fiber types included 100% cotton, C/P 50/50, C/P 35/65. Durable press and soil release finished cotton and C/P 50/50 fabrics were also included. There were significant fiber effects on the dynamic moisture transfer. The order of time taken to reach to the specified % RH was C/P 35/65 < C/P 50/50 < 100% cotton fabrics.

It was possible to detect significant finish effects by increasing the concentrations of cobaltous chloride solutions. The order of time taken to reach to the specified % R.H was durable press < pure < soil release finished fabrics.

Double layer experiments were also conducted using cobaltous chloride treated cotton or C/P 35/65 fabrics as the outer layer. Polyurethane coated fabrics, ultradense woven fabrics, 100% cotton, C/P 50/50, C/P 35/65 and 100% PET were placed at the inner side of the outer layer and tested. It was shown that cobaltous chloride treated 100% cotton fabric was easier to detect color changes than C/P blend fabric in the double layer experiments. By placing test sample under the cobaltous chloride treated cotton fabrics, it was able to detect the differences among

the test samples, some of which were known to be difficult in padding with cobaltous chloride solutions. Besides, the double layer method would provide with the broader application of the cobaltous chloride method in future, since it is possible to test the dynamic moisture transfer of clothing as worn.

I. 서 론

1. 연구의 배경

최근에는 평상시의 의복 뿐 아니라 다양한 환경조건하에서의 보호복이나 작업복, 또는 기능복 직물 개발에 관심이 높아지고 있고 의복의 기능성은 그 중요성이 부각되고 있다. 새로운 소재 개발은 직물의 물리·화학적 성질의 개선에 그쳐서는 지속적인 성장을 하기 어렵고, 그 직물을 착용하는 인간의 주관적인 쾌적감도 향상시켜야 할 것이다. 그러나, 아직까지의 의복의 쾌적감에 직접적인 영향을 주는 요소들은 체계적으로 정립되어 있지 못하다.

일반적으로 쓰이는 평형상태에서의 직물의 수분에 대한 성능은 의복에 대한 인간의 주관적인 쾌적감을 예측하는데 일관성이 없음이 나타나고 있다. 이러한 혼란의 중요한 원인의 하나는 열, 수분 전달 현상은 복합적인 인체-의복-환경 시스템에 연결되어 있기 때문이고, 다른 하나는 이 시스템의 성격상 쾌적감과 상관관계가 높은 때는 동적(dynamic)인 상태이기 때문이다. 따라서 인체-의복-환경 시스템을 모방한 조건에서의 직물의 동적 수분 전달현상 규명은 의복의 쾌적감의 요인 연구에서 연구해야할 중요한 과제라 하겠다. 선행연구에서는 동적 수분전달 측정법으로 염화 코발트(Cobaltous Chloride)법을 제안하였다. 염화 코발트 법은  $CoCl_2$ 의 형태에서  $CoCl_2 \cdot 2H_2O - CoCl_2 \cdot 4H_2O - CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 의 형태로 수화물이 되어감에 따라 푸른색에서 보라색을 거쳐 붉은색으로 색이 점진적으로 변하는 것을 이용하여 직물 표면에서의 수분전달을 측정하는 것이다. Scheurell 등<sup>4,6,7</sup>이 이용한 염화 코발트법에서는 색의 식별기준으로 Munsell color chip을 사용하였기 때문에 입의의 색이 몇 %의 상대습도를 나타내는지 수량화가 되어 있지 못하고, 직물내면의 색 변화를 관찰하느라 인체-직물-환경 시스템에서 직물과 피부사이의 미세 기후층(microclimate)이 교란되는 단점이 있었고, 적용 직물의 범위가 좁았다. 그러나 염화 코발트법은 손쉽고 경제

적인 수분전달 측정법으로서 그 모양과 형태를 자유자재로 바꿀수 있는 직물에 Cobaltous Chloride 용액을 침지하여 사용 하므로, 의복을 착용한 상태에서도 실험이 용이하도록 개발한다면 의복의 열·수분전달 평가의 방법으로 가치가 있다 하겠다. 따라서, 본 논문은 다음과 같은 목적을 가지고 연구 하였다. 1) 직물의 동적 수분 전달 측정의 방법으로 염화 코발트법을 개선함으로써 앞으로의 의복 연구의 방법론으로서의 실용성을 타진한다. 2) 위의 방법의 적용 실험으로서 섬유 및 가중 종류에 따르는 동적수분 전달 현상을 측정하되, 최근에 시판되는 투습 방수 소재 두 종류를 첨가하여 성능을 평가한다.

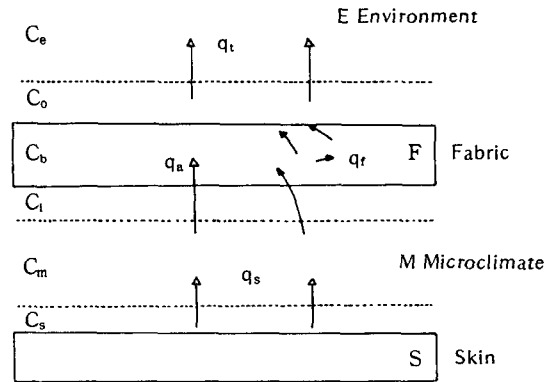


Fig. 1. The cross section of the skin-microclimate-fabric-environment system<sup>5)</sup>.

- $C_s$  = moisture concentration at the skin surface,  $g/cm^3$
- $C_m$  = moisture concentration in the microclimate between the skin and inner fabric surface,  $g/cm^3$
- $C_i$  = moisture concentration at the inner fabric surface,  $g/cm^3$
- $C_b$  = moisture concentration in the bulk fabric,  $g/cm^3$
- $C_o$  = moisture concentration at the outer fabric surface,  $g/cm^3$
- $C_e$  = moisture concentration in the environment,  $g/cm^3$
- $q_s$  = moisture flux from the skin,  $g/cm^2 \cdot sec$
- $q_a$  = moisture flux through the open air space in the fabric,  $g/cm^2 \cdot sec$
- $q_r$  = moisture flux passing along internal pore surfaces in fibers, and passing through fibers,  $g/cm^2 \cdot sec$
- $q_t$  = moisture flux passing through the fabric,  $g/cm^2 \cdot sec$

2. 연구 모델

본 연구에서는 측정하고자 하는 인체-의복-환경 시스템의 기본적인 형태로 피부 모형에서 1 cm 떨어진 인체-의복-환경모형을 사용하였으며 이를 도식화하여 Fig. 1에 나타내었다. 피부로부터 증발된 땀은 직물과 피부 사이의 미세 기후층(microclimate)을 거쳐 확산되고, 직물 내부에 응축되어 흡수된후(qf) 환경으로 재확산 되거나(qt의 일부) 직물의 기공을 통해(qa) 직접환경으로 방출된다(qt의 일부). 모델에서 주관적 감각과 상호 관련이 큰 것은 직물 내면에서의 수분의 양(Ci)의 시간에 따르는 변화인데 염화 코발트법으로 Ci를 관찰하려면 본 모형내부의 미세 기후층(M)을 교란하게 된다. 따라서 본 연구에서는 연구모델중 직물 외면에서의 수분의 양

(Co)이 동적 수분전달의 시간 변화에 따라 어떻게 연관이 되어 있는가를 밝히고자 하였고 Ci의 시간에 따른 변화는 Clothing Hygrometer법으로 연구한 후속논문에서 관찰하고자한다.

II. 연구방법

1. 실험장치

8 mm 아크릴 수지판을 이용하여 인공기후실을 만들어 온도 28±0.5°C, 습도 82±1% RH를 유지하였다. 땀 발생 모형은 사각형의 열판 중앙의 공간에 hot plate를 넣고 그 위의 원형 용기에는 증류수를 채웠으며 sensor를 꽂아서 항상 34°C 유지되도록 하였다. 시험포는 수틀에 끼워 수면으로부터 1 cm위치에 놓았다. 땀 용

Table 1. Physical properties of fibers and fabrics

Fiber Properties	Cotton	Polyester	Cotton/Polyester. 50/50	Cotton/Polyester.35/65
type	Scoured, bleached Cotton	Kodel 424 (heat treated)	*	*
Staple length	9/8 inch	3/2 inch	*	*
fineness	4.5 micronaire	1.5d	*	*
yarn number (warp/fill)	30s/36s	30s/36s	30s/36s	30s/36s
** twist mult-plier (warp/fill)	4.1/4.1	2.5/ 2.4	3.6/3.5	3.1/3.0
fabric count (W/inchx F/inch)	70WX70F	70WX70F	70WX70F	70WX70F

\* Each Cotton/Polyester blend fabric is made of identical Cotton & Polyester fibers described.

\*\* Twist of Polyester is decreased to compensate for the mean staple length in crease, i.e., adding 3/2 "Polyester to 9/8" Cotton fiber.

Charact. Fabrics	Weight g/m <sup>2</sup>	Thickenss 0.01mm	Count (Warp x weft)/ inch <sup>2</sup>
COT : 100% Cotton, no finish.	110.2	29	70 x 70
COTD : Cotton, durable press finish.	115.0	27	70 x 70
COTA : Cotton, soil release finish.	125.5	26	70 x 70
C/P ·35/65 : blend, Cotton/Polyester ·35/65, no finish.	116.0	29	70 x 70
C/P ·50/50 : blend, Cotton/Polyester ·50/50, no finish.	113.2	29	70 x 70
C/P ·50/50D : blend, Cotton/Polyester ·50/50, durable press finish.	118.4	27	70 x 70
C/P ·50/50A : blend, Cotton/Polyester ·50/50, soil release finish.	129.7	28	70 x 70
PET : 100% Polyester, no finish.	115.6	26	70 x 70
UWF : Ultradense Woven fabrics.	112.3	16	140 x 90
PCF : Polyurethane Coated fabrics.	68.7	12	114 x 100

(KSK 0514) (KSK 506)

Table 2. Fabrics tested at each experimental group

Method Indep. Variable	Single Layer	Double Layer
Fiber Type	COT C/P 50/50 C/P 35/65	COT (CC*), C/P 35/65 (CC*) COT, PCF C/P 50/50, UWF C/P 35/65, PET
Finishes and Fiber Type	COT, C/P 50/50 COT A, C/P 50/50 A COT D, C/P 50/50 D	COT (CC*) COT COTA COT D

CC\*. Cobaltous Chloride impregnated fabrics

액으로 증류수를 쓴 이유는 땀의 고형성분은 1%에 지나지 않고 증발시에는 단지 수분만 증발하므로 증기상태의 수분전달 현상 연구엔 증류수가 무방하기 때문이다.

2. 시 료

시료직물로는 미국 농무성(U.S.D.A.)에서 연구용으로 제작한 직물 8종과 시판되고 있는 투습방수소재 2종을 썼다. 직물의 물리적 특징은 Table 1에 제시되어 있다. 본 실험은 목적에 따라 몇개의 실험군으로 나뉘는데 Table 2에서 보는 바와 같이 섬유의 종류에 따르는 실험과 섬유의 가공까지 포함하여 연구한 실험으로 크게 둘로 나누었으며 이것을 각각 한겹, 두겹상태에서 실험하였다.

3. 직물의 염화 코발트(CC) 용액처리 및 Calibration

시험포(26×36 cm)를 가정용 세탁제로 깨끗이 세탁한 후 증류수로 충분히 행구고, 100°C의 oven에서 건조시켜 데시케이터에서 상온으로 열을 식힌다. 습윤제 TritonX-100)를 첨가한 증류수에 시료를 30분간 담갔다. electric padder를 사용하여 짜는 것을 2회 반복한다. 25% 또는 35% 염화 코발트(CC) 용액에 시료를 30분간 담갔다가 electric padder로 짜고, 이 시료를 100°C의 oven에서 1시간 이상 건조시킨 뒤 % add-on을 측정했다. 시료를 지름 12 cm의 원형으로 잘라 oven에서 건조한 뒤, 수틀에 끼워서 oven에서 재 건조하여 데시케이터에서 보관하였다가 사용한다. 실제 투습되는 직물 시료의 면적은 52.75 cm<sup>2</sup>이다. CC용액 처리한 직물의 변화에 대한 calibration을 하기위해 실험대상이 된

모든 시료에 CC용액을 처리하여 건조시킨 것을 1×10 cm의 직사각형으로 절단하여 단계적인(0%, 35%, 44%, 52%, 75%, 85%, 90%) RH를 유지하는 포화염 용액(calcium chloride, chromium trioxide, potassium carbonate, sodium dichromate dihydrate, sodium chloride, potassium chloride, zinc sulfate heptahydrate, 시약용 1급) 7개의 시험관속에 넣고 시료를 설치한 뒤 밀봉했다. 위 시험관을 실험조건과 동일한 온도·습도를 유지하는 인공기후실에 설치하고 이틀 후 평형 상태에 도달했을 때의 색을 표준색으로하여 calibration하였다.

4. 직물의 동적 수분 전달 현상 측정

항온항습조 투입구에 설치된 고무장갑을 통하여 땀 발생 모형위의 용기 뚜껑을 연후 실험계획(CRD: Completely Randomized Design)에 따라 신속하게 시험포를 데시케이터에서 빼내 땀 발생 모형위에 설치하고 30-40분 동안에 시험포의 수분전달 정도에 따라 색이 푸른색에서 붉은색까지 변하는 것을 관찰한다. 이 때 일련의 포화염 용액상에 있는 표준포의 해당하는 색에 도달할 때 까지 걸리는 시간을 측정한다.

III. 결과 및 고찰

1. 직물의 염화 코발트(CC) 용액 처리 결과

예비실험결과 CC용액의 농도가 높을수록 색 감별이 용이했다. 그러나 직물의 수분전달에서 CC에 의한 영향을 최소한으로 줄이기 위해, CC용액의 농도를 10%에서 부터 시도하여 보았다. 그 결과 CC용액의 농도가 25%

Table 3. % add-on of fabrics

Concentration	25% CC soln.			35% CC soln.					
	Fiber	COT	C/P 50/50	C/P 35/65	COT	COTA	COTD	C/P 50/50	C/P 50/50A
CC% add-on	17.9	18.4	15.4	35.7	30.4	33.1	30.5	29.6	30.4
* (S.D)	(0.21)	(0.13)	(1.35)	(3.03)	(2.54)	(0.29)	(0.48)	(0.10)	(0.41)

\*S.D = Standard deviation.

가 되었을때 색의 감별이 용이하여 이 농도에서 섬유종류에 따른 수분전달 현상을 측정하였다. 또한 가공에 의한 영향을 검토하기 위해서 용액의 농도를 35%까지 높였다. 이는 서로 다른 가공에 의해서 생기는 차이가 섬유종류의 차이에 의해 나타나는 수분전달의 차이보다 작아서 실험의 분별력(sensitivity)을 높이기 위함이었다. 한겹실험에서는 PET를 제외시켰는데, 이는 PET를 CC용액으로 처리한 뒤 오븐에서 건조시키면 CC 입자가 섬유위에 고르게 흡착되어 있는 상태가 아니고 부분적으로 반점 무늬가 나타났고, 데시케이터에서 꺼내자마자 색상이 달라져 실제 동적 수분 전달 현상을 판정하기가 어려웠기 때문이다. 이와같이 시험포에 직접 CC용액 처리가 어려운 PET와 PCF, UWF는 순수한 상태로 두겹 실험의 안검으로 놓고 실험하였다. CC용액 처리시 각종 시험포의 % add-on을 Table 3에 제시하였다. % add-on 이 다소 차이가 나도 시험하고자 padding한 각 직물중에서 부분적으로 1cm×10cm의 표준포를 7개씩 취하여 각 포화염용액상에서 평형에 도달하게 하여, 동일한 % add-on을 가지고 있는 표준포의 색에 맞추어 calibration을 하였기 때문에 실제 동적 수분 전달 결과에는 % add-on에 의한 색상 변화오차가 없다. 그러나 추가 실험으로 가공실험용 면포의 % add-on을 30±0.5%로 맞추어 같은 실험을 하여 % add-on의 차이가 실험결과에 영향을 미치는가를 확인하였다. 그 결과 가공의 종류에 따른 동적 수분 전달순서나 유의차에는 큰 변화가 없었다(Table 6).

2. 섬유종류에 따른 동적 수분전달 현상

2-1. 한겹실험

COT, C/P 50/50, C/P 35/65 혼방직물 한겹을 CC용액으로 처리한 후의 동적수분 전달현상을 Fig. 2에 시도하였다. 처음 세가지 포화염용액(32, 44, 52% R.H)에

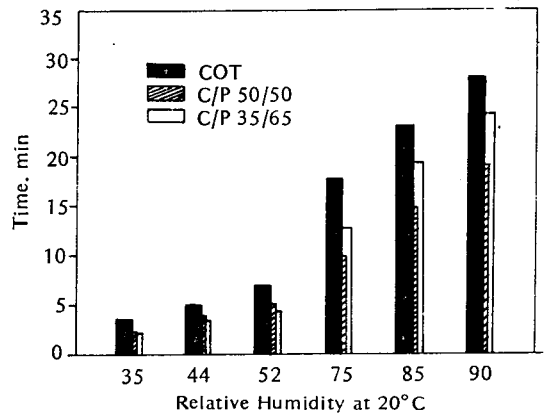


Fig. 2. Effect of Fiber Type on Dynamic Moistur Transfer by Cobaltous Chloride Method.

도달하는데 걸리는 시간은  $\alpha=0.05$  이하에서 유의차 나타내었는데 C/P 35/65가 제일 빠르고, C/P 50/50 COT의 순서로 느려졌다. 상대습도 75% RH 이후에는 C/P 50/50과 C/P 35/65의 순서가 바뀌었는데 실제로 비교적 낮은 상대습도인 chromium trioxide, potassium carbonate 및 sodium dichromate dihydrate 용액상의 시험포색에 도달할 때까지는 색의 변화를 육안으로 관찰하기 쉬웠으나 sodium chloride 이후에는 분극 색이 거의 비슷하여 감별이 어려워, 본 실험 결과 분석 시에는 sodium dichromate dihydrate 까지의 결과를 중점적으로 논의하고자 한다. 섬유간에 실질적 차이가 있는가를 알아보기 위해 최소유의적 차이(least significant difference; LSD)를  $\alpha=0.05$  수준에서 계산한 결과는 Table 4과 같다.

Chromium trioxide 염용액 위에서는 \*표로 표시된 바와 같이 COT와 C/P 35/65가 다르게 나타났다. 즉 COT가 chromium trioxide 염용액 위의 색상에 도달할 때까지의 평균시간은 3.5분, C/P 35/65 혼방직물은 2

Table 4. LSD for the single layer experiments  
) Chromium Trioxide

MEAN (min)	GROUP	GRP 3	GRP 2	GRP 1
1.2900	GRP 3			
1.5025	GRP 2			
1.5025	GRP 1	*		

!) Potassium carbonate

MEAN	GROUP	GRP 3	GRP 2	GRP 1
1.4800	GRP 3			
1.9150	GRP 2			
1.9750	GRP 1	*	*	

1) Sodium dichromate dihydrate

MEAN	GROUP	GRP 3	GRP 2	GRP 1
1.2925	GRP 3			
5.1675	GRP 2	*		
5.8350	GRP 1	*	*	

\* DENOTES PAIRS OF GROUPS SIGNIFICANTLY DIFFERENT AT THE .050 LEVEL

\*\* GRP1 : COT, GRP2 : C/P 50/50 GRP3 : C/P 35/65

다 짧은 2.3분이 걸렸다. Potassium carbonate 용액에서는 COT와 C/P 50/50, C/P 35/65 직물이 다른 결과가 나왔으며 COT, C/P 50/50, C/P 35/65 직순서로 이 용액상의 색에 도달하는 시간이 짧아지고다. Sodium dichromate dihydrate 염용액상의 색상지 도달하는 데는 섬유종류별로 가장 차이가 많았다. COT와 C/P 35/65, C/P 50/50과 C/P 35/65 직물, COT와 C/P 50/50이 모두 유의차를 나타내었다. 이 실험결과에서 각 포화염 용액이 표준색까지 도달하는 시간 길다는 것은 앞의 Fig. 1에서 도시한 모델 중 Co의 증가 서서히 일어난다는 것을 의미한다. 본 실험의 동적분전달 현상은 Scheurell등의 연구<sup>4,6,7)</sup>와 흡사한 결과 보여주고 있다. 측정방법중 다른점은 본 연구에서는 분전달량이 색의 calibration으로 실제 몇 % R.H에 당하고 있는가가 수량화 되었다는 점이며, 소형 인공 후실 안에 있어서 시험포 밖의 기류가 항상 통제되어 있다는 점, 또한 미세기후층(M)이 교란 되지않아 겉면서의 색판정이 더욱 정확하며 직물의 종류가 다양하고

두겹 실험도 실시하였다는 점이다.

2-2. 두겹실험

두겹실험을 한 이유로는 1) 한겹실험에서 원하는 직물 자체에 CC 처리를 하여도 효과적으로 동적 수분전달 현상을 측정할 수 없는 경우-반점이 나타나 색이 구별이 어려운 PET, CC와 착화합물을 만드는 나일론, CC의 균일한 분포 및 % add-on을 얻을 수 없는 직물, 색이 진한 직물, 특수직물이나 신소재등-에도 이러한 직물은 원상 그대로 안검으로 두고 겉쪽의 지시용 직물에 CC용액을 처리하여 쉽게 수분전달 현상을 파악할 수 있다는 점, 2) 한겹실험과 동일한 직물을 사용하므로써 한겹을 통과하여 나온 수분의 양을 다시 지시용 직물에 통과시켜 보고, 한겹실험은 표면자체의 수분전달 현상을 파악하고 있으나 두겹실험을 통하면 일단 안직물의 겉면에 있는 수분이 확산을 통해 지시용 직물을 통과한 양을 측정한다는 점 등에서 한겹직물 실험을 재 확인해 본다는 점, 3) 일반적인 의생활은 중착의를 하며 이때 내의에서의 수분전달이 쾌적감에 가장 중요하고 내의의 수분전달 정도에 따라 의외에 영향을 미치므로 두겹일 때의 수분전달 현상을 파악해 보면 내의를 통과한 수분을 알 수 있다는 점에서 의의를 찾아볼 수 있기에 두겹실험에 착안하여 시행하였다.

면은 CC용액에 처리하면 색상이 선명하게 나와 판별하기가 쉬워서 두겹실험에 지시용 직물로 뒷쪽에 사용하였다. 즉 수틀에 시험하고자 하는 시험포와 CC 처리된 면을 밀착이 되게 끼워, 이 수틀을 땀 발생 모형위에 놓고 실험하였다. 즉, CC 처리된 지시용 직물 COT를 뒷쪽에 두고 COT, C/P 50/50, C/P 35/65, PET, Polyurethane이 Coating된 투습방수원단(PCF), 고밀도 직물(UWF)을 안검으로 사용했을 때의 동적 수분전달 현상을 측정하였다.

두겹 직물 실험의 수분전달 속도를 one way ANOVA로 통계 처리한 결과 네가지 염용액 상의 표준색에 도달할 때까지 걸리는 시간이 섬유별로 모두  $\alpha = 0.05$  수준이하의 유의차를 보였다. 즉 CC로 처리된 COT를 시험포겸 지시용포로써 한겹으로 직접 사용했을 때와 비교하여 타 직물 실험시 지시용 직물로 뒷쪽에 놓아도 지장없이 동적 수분전달 현상을 측정할 수 있음이 밝혀졌으며 이는 착용한 의복의 쾌적감을 실험에도 응용할 수 있는 가능성을 보여주었다고 하겠다.

어떠한 직물간에 유의차가 있는가를 알기위해 LSD를

$\alpha=0.05$  수준에서 구하였다. Chromium trioxide 용액 위의 표준색에 도달하는 데 걸리는 시간은 PCF가 유의하게 제일 길고(3, 9분) 그의 5가지 섬유들은 이보다 시간이 짧게 걸리고  $\alpha=0.05$  수준에서 모두 같음을 보여 주었다. Potassium carbonate 용액위의 시험포 색에 도달하는 시간은 PCF가 제일 늦고 그 다음이 COT인데 실제로 PCF와 COT는 통계적으로 같고 PCF는 C/P 35/65, C/P 50/50, PET, UWF와 다르게 나왔다. Sodium dichromate dihydrate 용액위의 표준색에 도달하는 시간은 섬유별로 가장 유의차가 많이 나왔다. 평균시간을 보면  $PCF > COT > C/P 50/50 > UWF > C/P 35/65 > PET$ 의 순이다. 전체적으로 투습방수직물 2종을 비교해 볼때 PCF는 미세기공의 Polyurethane 피막을 입힌것으로서 직물 외면에서는 고밀도 직물보다 훨씬 COT에 가까운 동적수분전달 특성을 지니고 있다고 하겠다. UWF는 극세 폴리에스테르 섬유로서 촉감이 부드럽고 유연하며, 직물 외면을 통과해 나오는 수분의 양은 폴리에스테르 섬유와 유사한 경향을 보였다.

이상과 같이 지시용 직물로서 COT이 매우 효과적인데 반하여 지시용 걸면 직물에 C/P 35/65 혼방직물을 사용한 결과 동일한 실험임에도 COT를 쓴 경우보다 차이를 분별하기 어려웠다. 즉, Potassium carbonate 용액상에서만  $\alpha=0.05$  수준에서 6가지 섬유간에 차이가 나타났다. LSD 결과에도 PCF와 COT이 가장 천천히 수분을 전달하는데 둘은 유의차가 없고 이들은 UWF 직물과 PET와는 달리 나타났을 뿐이다. 이로써 CC용액 처리된 COT를 시험포로 하였을 때 한겹 뿐 아니라 두겹실험에서도 타직물의 윗쪽에 놓음으로써 지장없이 동적 수분 전달 현상을 측정할 수 있되 지시포로는 순면을 사용함이 좋다는 것을 알 수 있었다.

### 3. 가공과 섬유종류에 따르는 동적 수분전달

가공에 따른 동적 수분전달을 측정하기 위하여 25% CC용액의 농도를 35%로 높이고, COT, C/P 50/50의 두 가지 섬유 종류의 직물에 각기 방추가공, 방오가공을 한 직물과 순수직물을 비교 실험하였다. Fig. 3과 4는 CC 처리된 COT과 C/P 50/50에 따라서 각각 다른 가공(순수직물, 방오가공, 방추가공)을 했을 때의 동적 수분전달 현상으로 Fig. 2와 같이 52% RH까지와 75% RH 이후의 경향이 다르게 나오는데 75% RH 이후에는 측정상 감별이 어렵기 때문에 그 이전의 수분전달 현상

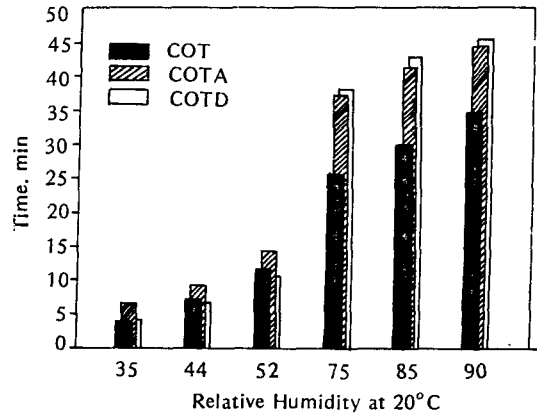


Fig. 3. Effect of Finishes on Dynamic Moisture Transfer of COT Fabrics by Cobaltous Chloride Method

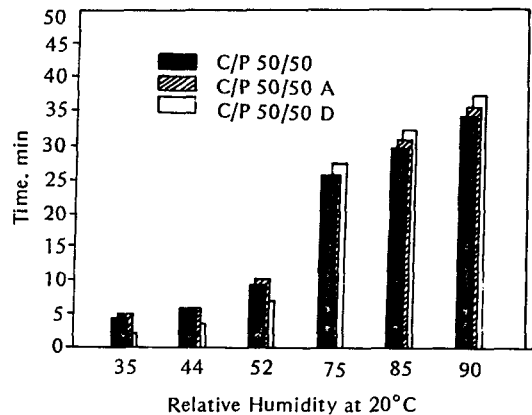


Fig. 4. Effect of Finishes on Dynamic Moisture Transfer of C/P 50/50 Fabrics by Cobaltous Chloride method.

을 분석하였다. 유의차를 검증하기 위해 two way ANOVA를 실시한 결과 가공의 경우는 chromium trioxide, potassium carbonate, sodium dichromate dihydrate에서 섬유의 종류, 가공의 종류간에 모두  $\alpha=0.01$ 이하의 높은 유의차를 보였다. 이는 CC 용액의 농도를 증가시킨 때문으로 생각된다. 가공과 직물이 동적 수분전달에 미치는 효과의 상호작용(interaction)은 chromium trioxide 용액상의 색까지 도달하는 평균 시간에는  $\alpha=0.01$ 에서, potassium carbonate 용액상까지의 색에 도달하는 시간에는 각기  $\alpha=0.05$ 에서 상호작용이 존재하였다. 즉, 가공의 효과가 섬유 종류에 따라 다르게 나타남을 보여준다. 그러나, 가공섬유의 종류에 따른 수분 전달 현상이 제대로 발휘되지 못하는 경우는

Table 5. LSD for the effect of fiber and finishes  
1) Chromium Trioxide

IEAN(min)	GROUP	GRP 23	GRP 11	GRP 13	GRP 21	GRP 22	GRP 12
.2706	GRP23						
.9800	GRP11	*					
.1967	GRP13	*					
.2300	GRP21	*					
.9150	GRP22	*					
.5833	GRP12	*	*	*	*	*	*

\* GRP11:COT GRP13:COTD  
GRP12:COTA GRP21:C/P·50/50  
GRP22:C/P·50/50A  
GRP23:C/P·50/50D

Potassium carbonate

IEAN	GROUP	GRP 23	GRP 21	GRP 22	GRP 13	GRP 11	GRP 12
6025	GRP23						
8150	GRP21	*					
8925	GRP22	*					
5300	GRP13	*					
0000	GRP11	*	*				
0567	GRP12	*	*	*	*	*	

sodium dichromate dihydrate

IEAN	GROUP	GRP 23	GRP 21	GRP 22	GRP 13	GRP 11	GRP 12
0425	GRP23						
2925	GRP21	*					
1875	GRP22	*					
4733	GRP13	*					
5000	GRP11	*	*				
8833	GRP12	*	*	*	*	*	

DENOTES PAIRS OF GROUPS SIGNIFICANTLY DIFFERENT AT THE .050 LEVEL.

1) 다만 크기가 다름을 알 수 있다.  
-가지 섬유종류와 세가지 가공의 종류를 조합하여 6-의 평균을 순서대로 나열하고 어떤 그룹간에 유의차 있는가를 LSD를 써서 검증한 결과가 Table 5이다.  
가공을 한 COT은 각각의 포화염위의 표준색까지 가는 시간이 가장 길고, 다음이 순수직물, 그 다음 방후가공이며 섬유종류도 대체로 COT이 시간이 길 그 다음이 C/P 50/50임을 알 수 있다. (Table 5-2, 3)  
Table 6은 % add-on을 30±0.5%로 맞추고 COT, COTA, COTD를 추가 실험하여 % add-on의 차이가 이 어려운 가공의 종류에 따른 동적수분 전달현상에

Table 6. LSD for the effect of finishes (Single layer, % add-on controlled, COT, COTA, COTD)

1) Chromium Trioxide

Mean	Group	COTD	COT	COTA
2.12	COTD			
4.38	COT			
5.38	COTA	*		

2) Potassium carbonate

Mean	Group	COTD	COT	COTA
3.33	COTD			
7.08	COT	*		
8.12	COTA	*		

3) Sodium Dichromate Dihydrate

Mean	Group	COTD	COT	COTA
7.17	COTD			
12.54	COT	*		
12.75	COTA	*		

\* different pairs at  $\alpha=0.05$

어느정도 차이를 주는가를 알아본 결과로서 ANOVA에서는 CrO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> · 2H<sub>2</sub>O 포화염 용액에서 각각  $\alpha=0.05$ ,  $\alpha=0.01$ ,  $\alpha=0.01$  수준의 유의차를 보였고 LSD 결과에서는 Table 6에서와 같이 그 순서도 COTD<COT<COTA의 순으로 시간이 느렸다. 즉, 통계 분석 결과, % add-on을 조절한 일련의 실험과 5% 가량 % add-on에 차이가 난 일련의 실험에는 별 차이가 없었는데, 그 이유는 각 상태에 모든 실험 직물별로 calibration 했기때문에 결과에는 변동이 없는 것으로 생각된다.

Add-on을 30%로 조절한 면으로 가공의 종류에 따르는 면의 동적수분전달을 두겹 실험한 결과는 CrO<sub>3</sub>포화염 용액상에서만  $\alpha=0.05$ 에 유의차를 보였다. LSD의 결과, 평균치의 순서는 COTD<COT<COTA이었고, COTA과 COTD가, COTD와 COT가  $\alpha=0.05$ 에서 유의적 차이가 있음을 보여주었다. 이와같이 COTA가 직물의 외면으로 서서히 수분을 전달하고, COTD는 빨리 수분을 전달하는 현상은 Clothing Hygrometer를 이용한 후속 연구에서도 공통적으로 관찰되었는데 이 현상의 메카니즘규명은 후속의 후속연구가 요망된다. 현재로서는 Acrylic Acid type 방오가공제가 면섬유의 internal



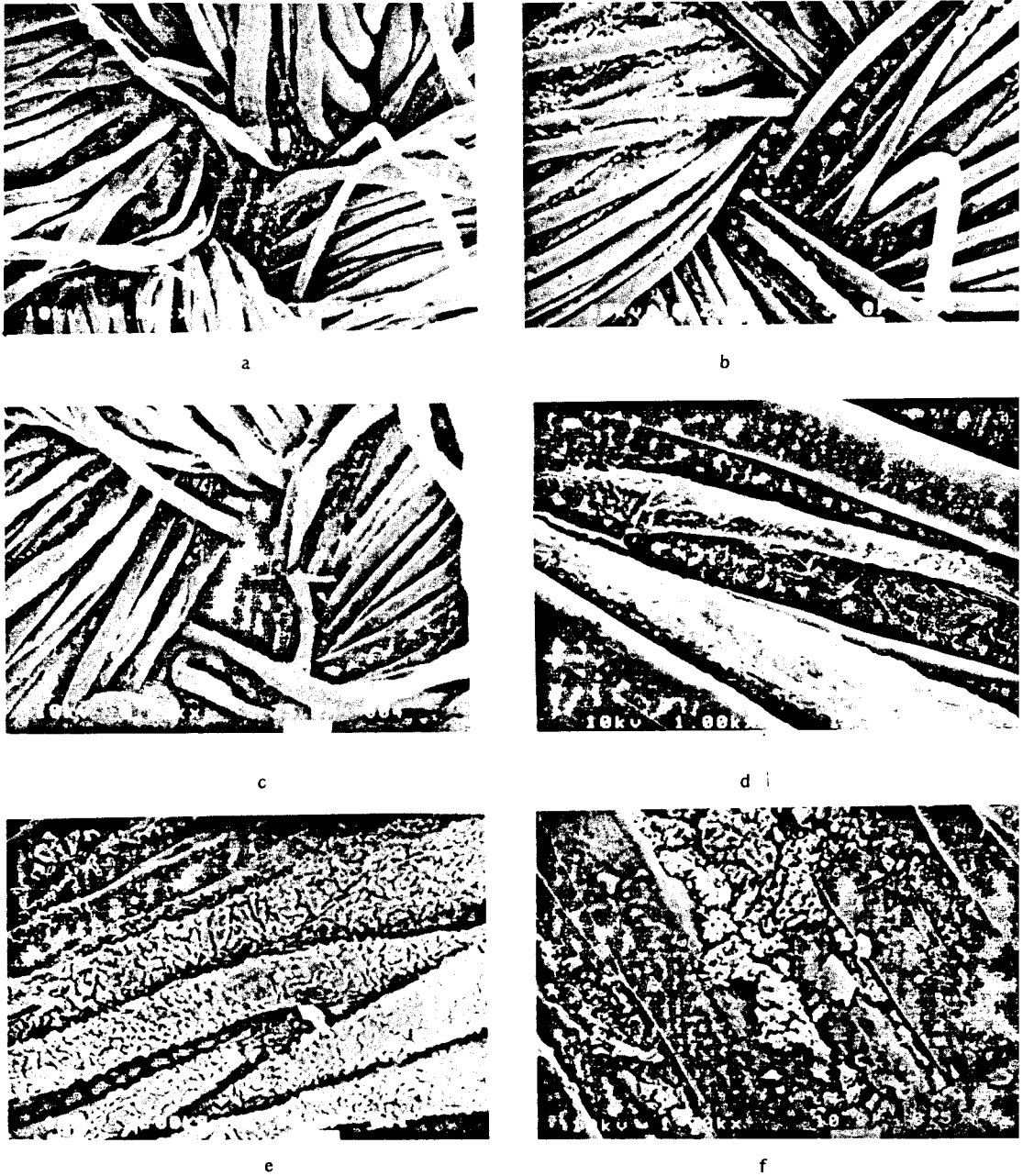


Fig. 5. Scanning Electronmicrographs of  $\text{CoCl}_2$  Treated Fabrics

5-a.: Cotton Fabrics ( $\times 300$ )

5-b.: PET Fabrics ( $\times 290$ )

5-c.: Soil release finished C/P 50/50 Fabrics ( $\times 290$ , C/P 50/50A)

5-d.: C/P 35/65 Fabrics ( $\times 1000$ )

5-e.: Soil release finished cotton fabrics ( $\times 1000$ , COTA)

5-f.: Durable press finished cotton fabrics ( $\times 1000$ , COTD)

Table 7. % Add-on and air permeability of samples

Fiber Type			Double Layer			Single Layer			Finishes & Fiber Type			Double Layer		
Fiber	%Add-on	Air-perm**	Fiber	%Add-on	Air-perm	Fiber	%Add-on	Air-perm	Fiber	Air-perm	Fiber	%Add-on	Air-perm	
COT	17.9	47.9	COT (CC*)	17.9	47.9	COT	35.7	15.2	COT (CC*)	30.6	COT	0	67.4	
C/P 50/50	18.4	31.5	COT	0	67.4	COT A	30.4	24.0	COT	0	COT A	0	63.0	
C/P 35/65	15.4	38.8	C/P 50/50	0	68.0	COT D	33.1	46.5	COT A	0	COT D	0	71.6	
			C/P 35/65	0	55.8	C/P 50/50	30.5	17.8	COT D	0				
			PCF	0	0.21	C/P 50/50 A	29.6	25.7						
			UWF	0	0.35	C/P 50/50 D	30.4	36.3						
			PET	0	46.7	COT***	29.0	31						
			C/P 35/65 (CC*)	15.4	38.8	COT A***	28.3	30						
						COT D***	30.7	69						

\*\*\* % add-on controlled experiments

\*\* in CC/cm<sup>2</sup>.sec  
(CC\*) Cobaltous chloride impregnate fabrics in double layer experiment

pore size distribution에 미치는 변화, 가공제중 극성기의 pore 구조내의 morphology 및 수분존재하의 역할 등이 DMDHEU type의 방추가공과 달라 면직물의 내면에서 외면으로의 수분전달 현상이 다를것으로 예측된다. 육안으로 관찰가능한 범위내의 SEM 사진상에서도 COTA, C/P 50/50 A와 COTD, C/P 50/50D 직물상에 CC가 침착되어 있는 양상이 다르다. 본 연구에서는 직물의 내면에서의 수분 전달 현상도 동시에 관찰할 수 없는 것이 제한점인데 직물 내·외면에서의 각 가공직물별 수분전달변화는 Clothing Hygrometer를 이용한 후속 연구에서 논의하고자한다.

4. 주사 전자 현미경(S.E.M.) 관찰 결과

CC용액 처리된 시료들 S.E.M.으로 약 300X, 1000X의 배율로 관찰하였다. Fig. 5-a~f에서와 같이 면 섬유는 CC가 고르게 흡착되어 있고, C/P 혼방직물의 경우는 면 섬유에만 고르게, 선택적으로 흡착이 일어났고, 폴리에스테르에는 거의 흡착되지 않고, 부분적으로 덩어리로 섬유와 섬유 사이에 침착되어 있다. 관찰한 모든 시료의 경우 섬유 사이보다 공간이 큰 경사, 위사간의 틈(interstice)에는 사용한 % add-on에서 CC가 침착되어 있지 않음을 확인할 수 있었으나(Fig. 5-a,b,c), 통기성은 CC의 농도가 증가할수록 감소하고 있다(Table 7). 또한 가공된 섬유 표면의 S.E.M. 사진에서 관찰해보면 방추가공 직물은 면 섬유에 고르게 흡착되어 있으나(Fig. 5-e) 방추 가공 직물에는 군데군데 침착되어 있음이 보이고 있다(Fig. 5-f). 따라서, 각 직물에 직접 CC용액 처리할 경우에 % add-on이 같아도 CC의 분포 상태가 다르므로 이론적으로 수분전달에 다소의 차이를 줄 수 있겠다. 이러한 문제는 두겹 실험에서와 같이 면을 공통적으로 CC용액에 처리하고 이를 지시포로 사용함으로써 해결할 수 있다. 두겹실험은 동적수분전달에 미치는 직물의 효과를 감소시키는 반면 의복 착용 상태에서 손쉽게 측정할 수 있는 장점이 있다.

5. 공기투과도(air permeability)와 염화 코발트법

CC용액에 직물을 침지하면 전반적으로 통기성이 줄어들며 농도가 높을수록 더욱 줄어들음을 Table 7에서 볼 수 있다. 그러나, 직물 겉면의 동적 수분전달 현상이 통기성에 관련이 없음은 다음과 같은 사항을 보고도 알 수

있다. 첫째, COT보다 PET가 통기성은 작으나 오히려 직물 겉면으로의 수분전달 현상이 빠르다는 점이다. 둘째, 가공 종류의 동적 수분 전달 측정을 위해 한겹 실험했을 때의 방추, 방추가공직물은 CC용액 처리한 COT나 C/P 50/50보다 각각 통기성은 상대적으로 크지만 방추가공은 순수직물보다 수분전달이 느리고, 방추가공은 빠르게 나왔다. 이로써 CC법에 의한 동적수분 전달현상에는 통기성만이 아닌 다른 섬유 및 가공의 요소가 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 요약 및 결론

염화코발트법을 인체-의복-환경 시스템 안에서 직물을 통한 동적수분 전달측정에 적합하도록 아래와 같은 점에 대해 개선하였으며 그 적용으로 섬유와 가공의 종류에 따른 동적수분 전달현상을 측정하였다.

1) 섬유 종류를 감별하는 데에는 CC용액의 농도가 25%이고 % add-on이 18% 정도이면 가능하였고, 가공의 종류를 감별하는 데에는 CC용액의 농도가 35%이고, % add-on이 30%는 되어야 가능하였다.

2) 포화염 용액을 이용하여 일정한 상대 습도하에서의 표준색을 설정하여 calibration 함으로써 수분 전달 현상을 수량화 하였다. 이때 섬유와 가공의 종류에 따라, add-on에 따라 일정한 습도 하에서의 색이 다르므로 실험하고자 하는 전 시료 종류에 대해 각 포화염 용액상에서 calibration 하는 것이 정확한 실험을 위해 필요하며, 다소의 % add-on이 틀려도 이렇게 calibration 함으로써 오차를 줄일 수 있음을 알았다.

3) 두겹 실험에는 CC용액에 침지한 면포를 이용함이 가장 분별력이 좋다는 것을 발견하였고 응용가능성이 있음이 시사되었다. 즉, 직접 CC 용액에 처리할 수 없는 염색된 직물, PET, Nylon, 신소재등에도 CC 용액 처리된 면을 이용하여 동적수분 전달현상을 관찰할 수 있고, 의복 착용시에도 간단히 덧붙임으로 가능함을 알 수 있으며 CC의 침착상태가 섬유간에 다른 것에 구애받지 않는 장점이 있다.

4) 실험 결과 직물 겉면에서 수분의 양(Co)의 시간에 따른 증가는 실험 초기에(10분 전후까지)가장 예민하게 검증 가능하며 그 이후에는 색 변화 감별이 어려웠다. 다만, 65% R.H 전후를 나타내는 포화염 용액을 포함하는 것이 CC 처리한 면이 진한보라색으로 변하는 상태를

검증하기가 용이할 것으로 생각된다.

5) 동적수분 전달에 대한 섬유 종류의 영향은 COT > C/P 50/50 > PET의 순서로 면이 가장 늦게 습해졌다. 가공의 영향은 역시 실험초기에 잘 보이며 방오 가공 > 순수 직물 > 방추 가공의 순서로 방오가공 직물의 외면이 가장 늦게 수분의 양이 증가 하였다. 투습 소재 두 종류 중 polyurethane coating형 소재 PCF는 겉면으로의 수분 전달이 느렸고 폴리에스테르형 초코밀도 직물 UW는 수분 전달이 빨랐다.

6) Cobaltous Chloride법에서의 수분전달 현상에 통기성이 어느 정도 영향을 미치는가를 살펴보았으나 일정한 연관성을 찾을 수 없었다. 주사 전자 현미경 사진 촬영으로 보았을 때 이 농도와 % add-on에서 직물의 경위사 간의 틈은 막히지 않았고, 실을 구성하는 섬유상에 침착이 되어 있었는데, 면이나 방오가공은 고르게 되고 방추 가공이나 폴리에스테르에는 부분적인 침착 현상이 보여 공통으로 CC 처리한 면을 사용하는 두겹실험의 장점을 확인하였다.

결론적으로 위와 같은점에 유의하여 Cobaltous Chloride법을 직물의 동적수분 전달현상 측정에 적용한다면 직물의 외면에서의 수분증가속도를 평가하는데 특이없는 screening test로서 적합하다고 생각된다.

후기: 본 연구는 1986년도 후반기 한국과학재단 신진연구비 지원으로 이루어진 것의 일부로 한국과학재단에 감사사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김은숙, Cobaltous Chloride를 이용한 직물의 수분전달에 관한 연구, 충남 대학교 대학원 석사학위논문, (1988)
- 2) 홍경희, 인체착용시 의복의 수분전달 성능 평가 방법에 대한 연구, 문교부 학술진흥재단 자유공모과제 보고서, (1988) 대한가정학회지 1989년 12월호 게재 확정.
- 3) 홍경희, 의복에 대한 쾌적감의 요인연구: 직물의 동적 수분 전달 메카니즘, 한국 과학재단 신진연구 보고서, 864-1008-002-2, (1989)
- 4) Farnworth, B, Comments on Dynamic Surface Wetness of Fabrics in relation to Clothing Comfort TRJ 56(7), 462-463, (1986)
- 5) Hong, K., N.R.S. Hollies and S.M. Spivak, Dynamic Moisture Vapor Transfer through Textiles pt. 1

lothing Hygrometry and the Influence of Fiber  
type, *TRJ* 58(12), 697-706, (1988)  
Scheurell, D.M., S.M. Spivak and N.R.S. Hollies,  
Reply to Comments on Dynamic Surface Wetness of  
Fabrics in relation to Clothing Comfort. *TRJ* 56(7),

463, (1986)  
7) Scheurell, D.M., S.M. Spivak and N.R.S. Hollies  
Dynamic Surface Wetness of Fabrics in relation to  
Clothing Comfort. *TRJ* 56, 394-399, (1986)