

## 세라믹스 처리된 나일론 직물의 원적외선 방사성능과 보온효과

여 숙 영 · 이 동 화 · 김 은 애

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

### Far IR Emission and Thermal Properties of Ceramics Coated Nylon Fabrics

Sook Young Yeo · Dong Hwa Lee · Eun Ae Kim

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

(1998. 2. 25 접수)

#### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the thermal properties of ceramics coated nylon fabrics by determining far infra-red emissive properties, heat storage/release and thermal insulation. Far IR emissivity and emissive power were measured for 7-14 $\mu$ m at 50°C.

Three types of ceramics such as cordierite with  $\alpha$ -alumina,  $\alpha$ -alumina with titanium oxide and  $\alpha$ -alumina were chosen as specimens. Cordierite with  $\alpha$ -alumina was chosen to treat on the fabrics due to the good emissive properties on the fabrics. Add-ons and contents of ceramics were analyzed for ceramics and/or polyurethane coated fabrics. For the physical properties, thickness and air permeability were measured.

Results showed a difference in the emissive property between ceramics themselves and ceramics coated fabrics. In the ambient temperature, there was no difference in emissivity among the different ceramics contents. Thermography showed that when the fabric was heated with the light, surface mean temperatures of fabrics were increased as the contents of ceramics increased, and the heat storage property was confirmed. In case of same thickness and air permeability, the thermal insulation value increased as the contents of ceramics increased because of increasing heat storage and Far IR reflectivity. So there were absorption and heat storage of ceramics for Far IR from human and reflection to human between ceramics coated fabrics and human.

**Key words:** ceramics, far IR emission, thermal property; 세라믹스, 원적외선 방사, 보온성

## I. 서 론

원적외선은 물체에 흡수되어 열작용을 하는 열선이다. 원적외선을 받은 물질은 물질내의 원자간의 진동과 회전운동을 하게 되며 이것이 열로 전환되므로 물체의 가열·건조, 열처리등에 이용되어 왔고 최근에는 섬유 제품을 비롯하여 여러 분야에 응용되고 있다.

그러나 상품화 되어 있는 원적외선 응용상품중에는 제품들의 효과에 대하여 과학적으로 실증된 자료나 그 평가기준 등이 제시되어 있지 않은 상태이다<sup>1,2)</sup>. 원적외선 응용상품들 중에서 보온효과를 목적으로 하는 세라믹스 소재의 경우 소재의 원적외선 방사량과 방사에 의한 인체의 보온감각을 정량적으로 분석하여 보온효과를 확인하고 보온성 향상이 어느 요인에 기인하는 것인지에 대한 이론적인 근거를 밝힐 필요가 있다.

의복소재로서 인체에서 방사되는 원적외선을 이용한 보온효과란 인체로부터 나오는 원적외선 방사 에너지를 의복에 흡수시켜 의복의 온도를 상승시킴으로써 인체-의복의 온도구배를 낮추어 인체의 열손실을 줄여주는 것을 의미한다. 이 경우 방사체인 인체의 원적외선 파장특성과 흡수체인 의복의 원적외선 흡수특성을 가능한 일치시켜야 한다. Wien의 변위칙(Wien's Displacement Law)<sup>3,4)</sup>에 의하면 절대온도 T의 온도를 갖는 물체는  $\lambda_m = 2897/T$ 로 주어지는 파장이 주로 방사되므로 37°C의 평균 피부온을 갖는 사람의 경우 2897/(37+273)로서 약 9.35  $\mu\text{m}$ 의 방사 파장을 갖게 되며 이 파장대에서 인체는 최고의 방사능력과 흡수능력을 갖게 된다. 그리고 세라믹스 분말도 인체가 현저히 흡수·방사하는 원적외선 파장영역인 7~14  $\mu\text{m}$ 의 흡수·방사율이 매우 크기 때문에 인체에서 발생하는 원적외선을 흡수하여 재방사함으로써 보온효과가 큰 의복환경을 만들 수 있다<sup>5)</sup>. 또 세라믹스는 단일보온효과와 축열보온효과를 동시에 갖는다. 유해형 등<sup>6)</sup>에 의하면 폴리우레탄 수지에 세라믹스, 알루미늄, ZrC, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 등의 보온재를 넣어서 나일론 직물에 코팅한 결과 세라믹스는 단일특성에 의한 보온력이 가장 컸으며, 원적외선 반사특성에 의한 보온성에서도 가장 큰 반사율을 보임으로써 인체에서 발생하는 원적외선을 반사하여 보온성에 크게 기여할 것으로 해석하였다. 현재 연구개발된 원적외선 방사 의류소재들은 복합방사법이나 코팅법,

또는 코팅과 혼합방사를 병행한 제품이며 이들 제품들은 모두 의외용으로서 태양에너지를 흡수, 축적하고 축적된 에너지를 원적외선으로 변환하여 방사함으로써 의복내 온도가 상승하는 효과를 나타내었다<sup>7-10)</sup>.

본 연구에서는 세라믹스 소재의 보온효과가 어느 요인에 기인하는 것인지에 대한 이론적인 근거를 밝히기 위하여 내의 및 외의 소재로 많이 사용되는 합성 필라멘트섬유인 나일론 직물에 처리방법이 비교적 간단한 코팅법을 선택하여 세라믹스의 종류와 함량등을 변화시켜 세라믹스 소재를 제작하였다. 제작된 시료에 대해 물성, 원적외선 방사율, 방사강도 및 열적특성등을 측정해 봄으로써 보다 효율적인 보온소재로서의 잠재성을 예측해 보고자 하였다.

## II. 실험방법

### 1. 보온재, 시료 및 시약

세라믹스 보온재로는  $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{16}$ (=2MgO·2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>)가 주성분이고 소량의  $\alpha$ -알루미나가 들어있는 세라믹스((주) 영우)와  $\alpha$ -알루미나 성분에 TiO<sub>2</sub>(rutile)가 첨가되어 있는 세라믹스((주) 대륙), 그리고  $\alpha$ -Alumina가 주성분인 세라믹스((주) 흥원 엔지니어링)의 3가지를 사용하였다. 각 세라믹스의 성분특성은 X-선 회절분석법(X-ray: Cu을 Thermolabo II를 사용하여 측정한 결onio: AINT2000 Wide Angle Goniometer)으로 분석하였고 세라믹스의 입자크기는 지타 싸이저(Zetasizer 4(4700), Malvern Instruments, U.S.A.)로 측정하여 중간값으로 나타내었으며 결과는 Table 1과 같다. 세라믹스를 처리하기 위한 직물로는 100% 나일론 직물((주)코오롱)을 사용하였으며 그 특성은 Table 2와 같다.

수지는 폴리우레탄계 수지(고형분 30%, 건설화학(주))를, 용제는 MEK, 톨루엔, DMF를 사용하였다. 그 외 계면활성제(비이온계, 음이온계, 건설화학(주)), 경화제(건설화학(주)), 필러(Deggusa)등을 사용하였다.

### 2. 코팅<sup>11-13)</sup>

언더 코팅액은 MEK/톨루엔 50/50(w/w)에 필러 3%(owr), 경화제 3%(owr)를 넣어 혼합·조제하였으며 이때 수지의 농도는 70%(w/w)로 하였다. 톱 코팅

Table 1. Composition of Ceramics

Sample	Particle Size (micron)	Composition								
		Fe	Si	Mg	Na	Ti	Zr	Ca	Al	K
A	3.72	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0-1</sup>	10 <sup>0-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>0-1</sup>	10 <sup>-1</sup>
B	0.59	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>0-1</sup>	10 <sup>-2</sup>
C	0.63	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	—	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>0-1</sup>	10 <sup>-2</sup>

A : Mg<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>(=2MgO·2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>), α-Alumina      B : α-Alumina, TiO<sub>2</sub>(rutile)      C : α-Alumina

Table 2. Characteristics of Fabrics

Fiber Type	Yarn Type	Yarn Size	Weave Type	Fabric Count (WxF/5x5cm)	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )
nylon 100%	filament	70d/12f	plain	345×167	0.17	84

액은 DMF에 필러 3%(owr), 계면활성제 5%(SD-7 2%, SD-8 2%, SD-11 1% owr), 세라믹스 보온재 등을 넣어 혼합하였고 수지의 농도는 60%(w/w)로 하였으며 세라믹스 보온재의 양을 0, 5, 10, 20, 30% (owb)로 변화시켰다.

시험용 나이프 코터(Werner Mathis AG, type SV)로 코팅하였으며 언더코팅은 코팅 후 스팀 및 열처리 장치에서 165°C, 30초간 건열처리 하였고, 톱 코팅은 코팅 즉시 25°C 냉수조에 5분간 침지시켜 수지를 응고시킨 후 60°C의 항온 수조에서 10분간 수세하여 165°C에서 10분간 건열처리하였다.

3. 원적외선 방사특성

1) 원적외선 방사율(Emissivity)<sup>1,14)</sup>

FT-IR(FTS40, Bio-Rad Digilab Co., Ltd., U.S.A.)을 사용하여 파장 4~22 μm의 범위에서 측정하였다. 상온에서의 원적외선 방사율은 그 방사량이 매우 적고 시료 이외의 주위 물체로부터 방사되는 원적외선의 영향을 받게 되므로 시료의 표면온도를 50°C로 측정하여 비교하였다. 기준이 되는 흑체는 M.C.T.(Hg, Ce, Te)를 사용하였으며 표면온도는 시료와 같은 50°C를 유지하였다.

2) 원적외선 방사강도(Emissive Power)

FT-IR을 사용하여 방사율을 측정시, 기기에 의해 자동적으로 측정된 방사율과 파장범위에 대한 방사강도를 흑체를 기준으로 계산하여 그래프화 하였다. 방사율

이 1인 흑체의 방사강도는 다음과 같은 Planck공식<sup>8,9)</sup>에 의해 각 파장에 대하여 계산하였다.

$$E_b\lambda = \frac{C_1\lambda^{-5}}{\exp(C_2/\lambda T) - 1}$$

E<sub>b</sub>λ : emissive power of black body at λ (W/m<sup>2</sup>·μm)

λ : wavelength(μm)

T : absolute temperature (°K)

C<sub>1</sub> : 3.7402×10<sup>8</sup>(W μm<sup>4</sup>/m<sup>2</sup>)

C<sub>2</sub> : 1.43×10<sup>4</sup>(μmK)

시료의 방사강도는 위의 방사율 측정시 FT-IR에 입력되어진 각 파장에 대한 방사율을 흑체의 방사강도에 곱한 값으로 얻을 수 있다. 또 일정한 원적외선 파장 영역에 대한 방사강도는 伊東<sup>15)</sup>이 제시한 다음의 공식에 적용하여 계산하였다.

$$E(\lambda_1-\lambda_2) \approx \Delta\lambda \left[ \frac{E_{\lambda_1} + E_{\lambda_2}}{2} + \sum E_{\lambda_i} \right]$$

E(λ<sub>1</sub>-λ<sub>2</sub>) : emissive power between λ<sub>1</sub> and λ<sub>2</sub> (W/m<sup>2</sup>μm)

E<sub>λ<sub>1</sub></sub> : emissive power at λ<sub>1</sub>

E<sub>λ<sub>2</sub></sub> : emissive power at λ<sub>2</sub>

E<sub>λ<sub>i</sub></sub> : emissive power at λ<sub>i</sub>

Δλ : interval between λ<sub>i</sub> and λ<sub>i+1</sub>

λ : wavelength(μm)

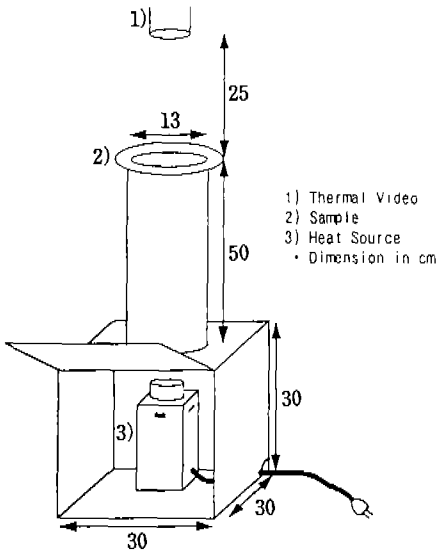


Fig. 1. Schematic Diagram of Thermal Storage/Release Testing Apparatus.

4. 열적특성

1) 측·방열성

실험은 표준상태하에서 Fig. 1과 같은 장치를 설치한 후 원통위에 세라믹스 코팅이 된 시료의 코팅면이 열원 쪽을 향하도록 장치하여 시료의 표면온도 및 방열량을 Thermal Video System TVS-8100 (Nippon Avionics Co., Ltd., Japan)으로 측정하였으며, 이후 5분동안 매 10초마다 시료의 표면온도 및 방열량을 측정하였다.

2) 보온력(Thermal Insulation Value)

항온법에 의한 Thermolabo II 열전달 측정장치 (KES-F7, Kato Tech Co., Ltd., Japan)를 사용하여 공기층 0mm와 9mm를 두고 측정하였으며 다음과 같이 계산하였다<sup>16)</sup>.

$$T.I.V.(%) = \frac{W_1 - W}{W_1} \times 100$$

$W_1$  : heat loss from the uncovered surface(watt)

$W$  : heat loss from covered surface(watt)

5. 성분분석

1) 수지 및 세라믹스 부가량

미처리 시료와 코팅된 시료를 105°C에서 전기 오븐

에 1시간동안 건조시킨 뒤 무게를 측정하여 다음과 같이 계산하였으며 3회 반복측정하여 평균하였다.

$$Add-on(%) = \frac{W_1 - W_0}{W_1} \times 100$$

$W_1$  : weight of coated fabric(g)

$W_0$  : weight of untreated fabric(g)

2) 세라믹스 함유량

10 cm×10 cm 크기의 세라믹스 코팅시료를 10 ml의 크루시블(crucible)에 담은후 약 600°C, 800°C, 1000°C의 전기로에서 각각 8시간동안 처리하여 시료에 있던 직물과 폴리우레탄 등의 유기물질들을 산화시키고 세라믹스 성분만 남도록 하여 그 무게를 측정하였다. 그 중 800°C와 1000°C에서 무게변화가 없었으므로 800°C에서 3회 반복처리하여 측정하였으며 그 평균 값을 계산하였다.

6. 물성시험

1) 주사형 전자현미경 관찰

시료의 표면과 단면으로부터 나오는 이차 전자(secondary electron)와 백스캐터링 전자(back-scattering electron)를 주사형 전자현미경(SEM)으로 관찰하였으며 배율은 200배와 1,000배로 하였다.

2) 두께

시료의 두께는 Dial Thickness Gauge(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 사용하여 측정하였으며 5회 반복 측정 후 평균하였다.

3) 공기투과도

공기투과도는 KES-F8-AP1(Kato Tech Co., Ltd., Japan)을 이용하여 단위면적의 시료에 일정한 속도의 공기가 통과할 때 시료에 가해지는 공기의 압력으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원적외선 방사특성

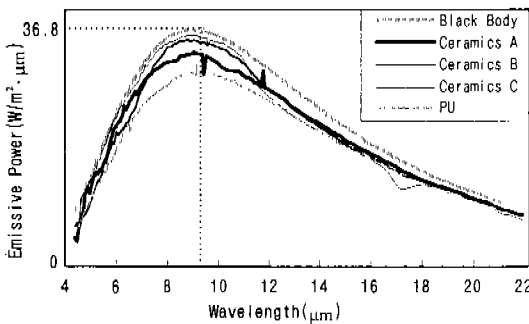
1) 세라믹스와 폴리우레탄의 원적외선 방사특성

원적외선 방사체로서의 세라믹스는 그 자체의 전파장에 대한 원적외선 방사율(emissivity)도 중요하지만 실제 사용되는 상황에서, 특히 용도에 맞는 파장범위에서의 방사강도(emissive power)가 큰 것이 효

**Table 3. Emissivity and Emissive Power of Black Body, Ceramics and Polyurethane at Temperature 37°C**

Sample Wavelength( $\mu\text{m}$ )	Black Body		Ceramics A		Ceramics A		Ceramics A		Polyurethane	
	E.*	E.P.**	E.	E.P.	E.	E.P.	E.	E.P.	E.	E.P.
4~22	1.00	415.86	0.89	370.12	0.92	382.59	0.94	390.91	0.76	316.05
7.0	1.00	29.42	0.86	25.30	0.84	24.71	0.96	28.24	0.79	23.24
7.5	1.00	32.34	0.90	29.20	0.91	29.52	0.97	31.47	0.79	26.63
8.0	1.00	34.62	0.93	32.20	0.94	32.54	0.97	33.58	0.79	27.35
8.5	1.00	36.01	0.92	33.13	0.95	34.49	0.97	34.93	0.80	28.81
9.0	1.00	36.70	0.92	33.76	0.95	34.87	0.96	35.23	0.81	29.73
9.5	1.00	36.81	0.90	33.13	0.95	34.97	0.97	35.71	0.82	30.18
10.0	1.00	36.34	0.91	33.16	0.94	34.25	0.96	34.98	0.82	29.88
10.5	1.00	35.70	0.92	32.84	0.94	33.56	0.96	34.27	0.82	29.27
11.0	1.00	34.68	0.89	30.87	0.94	32.60	0.94	32.60	0.83	28.78
11.5	1.00	33.46	0.86	28.78	0.91	30.45	0.88	29.44	0.83	27.77
12.0	1.00	32.11	0.86	27.61	0.90	30.45	0.88	29.44	0.83	27.77
12.5	1.00	30.67	0.89	27.30	0.89	27.30	0.84	27.29	0.83	26.65
13.0	1.00	29.19	0.90	26.27	0.88	25.69	0.84	24.52	0.84	24.52
13.5	1.00	27.70	0.89	24.65	0.88	24.38	0.84	23.27	0.84	23.27
14.0	1.00	26.23	0.90	23.61	0.88	23.08	0.85	22.30	0.85	22.30
7~14		232.18		208.68		213.71		214.16		190.04

\*E. : Emissivity    \*\*E.P. : Emissive Power( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$ )



**Fig. 2. Emissive Power of Black Body, Ceramics and Polyurethane.**

울성 측면에서 더욱 중요하다. Fig. 2는 인체의 온도인 37°C를 기준으로 흑체와 각 세라믹스 및 폴리우레탄의 방사강도를 FT-IR을 사용하여 측정된 결과이다. Table 3은 Planck 공식과 伊東<sup>15)</sup>이 제시한 공식에 의하여 FT-IR로부터 방사강도를 계산하여 0.5  $\mu\text{m}$  간격으로 나타낸 것이다. 인체의 온도 37°C일 때 Wien의 법칙에 의한 최대 원적외선 흡수·방사파장은 9.35  $\mu\text{m}$ 이며 이때 흑체의 방사강도를 Planck공식에 따라 계산

하면 36.8 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}$ 이다. Fig. 2와 Table 3에서 9.35  $\mu\text{m}$ 를 중심으로 살펴보면 세라믹스 C의 방사강도가 가장 흑체에 가깝고, 그 다음이 세라믹스 B, 세라믹스 A, 폴리우레탄의 순서로 나타나 있다. 그리고 Table 3에 의하면 전파장과 파장 9.35  $\mu\text{m}$ 의 주변영역인 7~14  $\mu\text{m}$ 에서 세라믹스 C가 약간 높은 방사강도와 방사율을 나타내고 있으나 큰 차이는 나지 않았으며 파장 9.35  $\mu\text{m}$  부근에서는 세가지 세라믹스들의 방사율이 모두 0.9 이상으로서 매우 높은 방사율을 나타내었다.

폴리우레탄의 원적외선 방사율(Fig. 2, Table 3)은 전파장 및 7~14  $\mu\text{m}$ 에서 원적외선 방사율과 방사강도 등이 세라믹스들에 비해 낮게 나타나고 있다. 이것은 폴리우레탄에 세라믹스를 혼합하였을 때 폴리우레탄이 세라믹스를 감싸게 되면 세라믹스의 원적외선 방사특성을 낮추는 작용을 할 수 있다는 것을 시사한다. 플라스틱 수지에 세라믹스를 혼합하여 사출한 제품이나 세라믹스를 혼합한 수지를 섬유에 도포처리한 최태섭<sup>14)</sup>의 연구에서는 세라믹스가 들어가지 않은 제품과 세라믹스가 들어간 제품들의 방사율에 변화가 없었던 결과를 세라믹스들이 플라스틱 수지로 코팅되었기 때문으로 해석

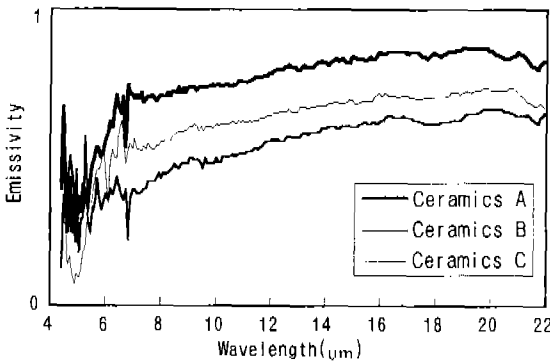


Fig. 3. Emissivity of Ceramics Coated Nylon Fabrics Treated with Three Different Ceramics.

하였다.

Fig. 3은 세가지 세라믹스들의 20% 혼합 용액으로 나일론 직물을 코팅 처리한 후 그 방사율을 측정하는 것으로서 세라믹스 자체의 방사율과 시료에 처리하였을 때의 방사율에는 차이가 있었다. 따라서 세가지 세라믹스의 입자크기와 각 시료들에 부착된 세라믹스의 함유량을 분석한 결과, 세라믹스 A는 입자크기가 3.72마이크론으로서(Table 1) 다른 세라믹스에 비해 비교적 입자가 크며, 이와같이 큰 입자의 세라믹스 A로 처리한 시료는 41.6g/m<sup>2</sup>, 입자크기가 0.59마이크론과 0.63마이크론으로서, 비교적 작은 입자의 세라믹스 B와 C로 처리한 시료는 46g/m<sup>2</sup>과 45.2g/m<sup>2</sup>의 세라믹스가 부착된 것으로 측정되었다. 따라서 세라믹스 A는 적은 양의 세라믹스가 부착되었으나 시료에 처리되었을 때 양호한 방사율을 나타내었는데 이러한 결과는 세라믹스 B와 C의 경우 입자가 매우 작기 때문에 폴리우레탄 수지에 세라믹스를 넣고 호모믹서로 섞는 과정에서 입자들이 서로 엉김(coagulation)으로 인하여 오히려 입자들이 세라믹스 A보다 커짐으로써 시료의 표면적이 감소한 결과일 가능성이 높다<sup>3,4)</sup>. 따라서 입자가 적은 것이 모두 좋은 것은 아니며 입자의 크기가 적당한 것을 선택하여야만 원적외선 방사효율을 높여줄 수 있을 것이다. 세라믹스 C로 처리한 시료는 시료에 부착된 세라믹스의 양이 많았으므로 세라믹스 B보다 높은 방사율을 보인 것으로 생각된다<sup>3)</sup>.

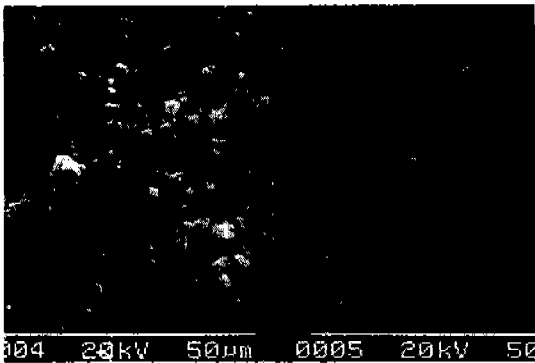
## 2) 세라믹스 보온소재의 원적외선 방사특성

직물에 처리하였을 때의 원적외선 방사효율이 좋은 세라믹스 A를 나일론 직물에 코팅한 후 각 시료의 코팅

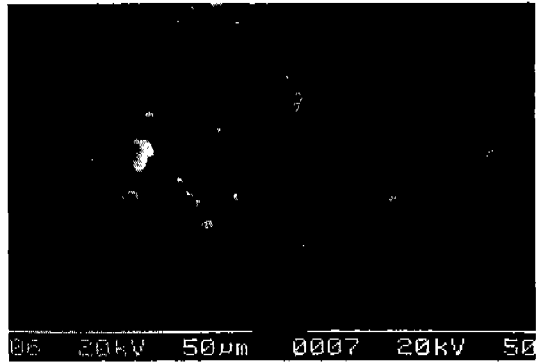
Table 4. Add-on and Ceramics Contents of Polyurethane and Ceramics Coated Nylon Fabrics

Fabric	Add-on (%)	Wt of Ceramics (g/m <sup>2</sup> )	Ratio of Ceramics to PU & Ceramics (%)
PU	45.2	—	—
N5	51.3	12.8	15.2
N10	52.7	24.4	25.8
N20	58.0	41.6	34.9
N30	67.0	62.8	43.6

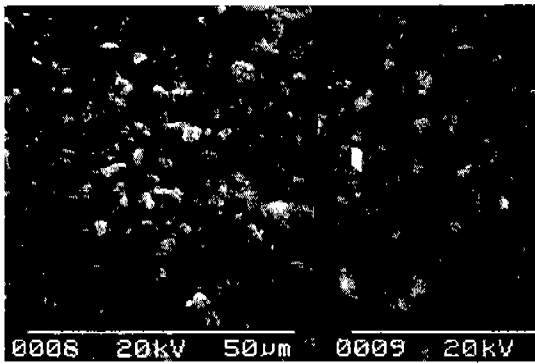
제 부가량과 세라믹스 함유량을 측정하였으며 부가된 코팅제 중 세라믹스의 비율을 계산한 결과(Table 4) PU에서 N30으로 갈수록 코팅제의 부가량이 증가하였고, 세라믹스 함유량도 N5에서 N30으로 갈수록 증가하였다. 또 각 시료의 표면을 주사형 전자현미경으로 백스캐터링(backscattering) 전자를 관찰하여 촬영하였을 때에도 같은 결과를 살펴볼 수 있었는데(Fig. 4) N5에서 N30으로 갈수록 사진에서 희끗희끗하게 보이는 세라믹스의 양이 많아짐을 알 수 있다. Fig. 5는 FT-IR을 이용하여 방사율을 측정하는 결과로서 세라믹스 41.6g(N20)을 함유한 시료가 가장 높은 방사율을 나타내고 있고 그 다음이 폴리우레탄으로 코팅한 시료의 방사율이 높게 나타나서 세라믹스 함유량의 증가에 따른 어떤 경향을 볼 수 없었다. 이 그림에서 원적외선 방사율의 높고 낮음은 시료로부터 나오는 원적외선 방사량의 절대량(absolute quantity)에 비례하는 것으로서, 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 시료에 부착된 세라믹스의 농도<sup>1)</sup>, 시료의 표면적<sup>3,4)</sup>, 표면특성<sup>1,7,18)</sup>, 방사율 측정점에서의 시료의 두께<sup>1)</sup>등이 있다. 따라서 Fig. 5에 나타난 각 시료들의 방사율은 이러한 요인들의 영향이 복합되어 나타난 결과이다. 또 전체적으로 방사율의 차이에 비해 노이즈의 비율이 매우 높게 나타나 오차의 범위가 확대됨으로써 세라믹스 함유량의 변화에 따른 방사율의 차이를 확인하기에는 부족하였다<sup>19)</sup>. 이와같이 노이즈가 심한 것은 50°C의 낮은 온도에서 방사율을 측정하였으므로 주위환경으로부터 나오는 방사가 영향을 미쳤기 때문이다. 또한 세라믹스 함유량의 변화에 따른 차이가 이와같이 나타나지 않은 것은 비교적 낮은 온도에서 세라믹스 자체로부터 나오는 방사정도도 낮을 뿐 아니라 세라믹스를 방사율이 낮은 폴리우레탄이 감싸고 있는 상태이므로 세라믹스로부터



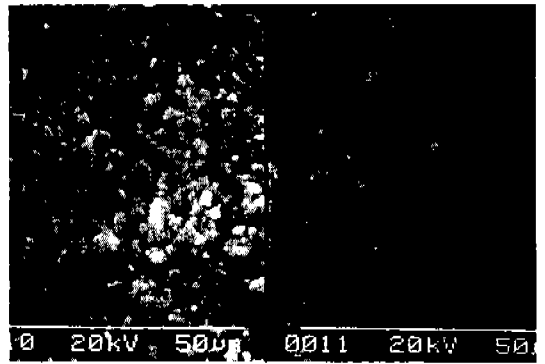
(a) ceramics add-on 12.8 g/m²(N5)



(b) ceramics add-on 24.4 g/m²(N10)



(c) ceramics add-on 41.6 g/m²(N20)



(d) ceramics add-on 62.8 g/m²(N30)

Fig. 4. The SEM Photomicrographs of Surface of Ceramics Coated Nylon Fabrics.

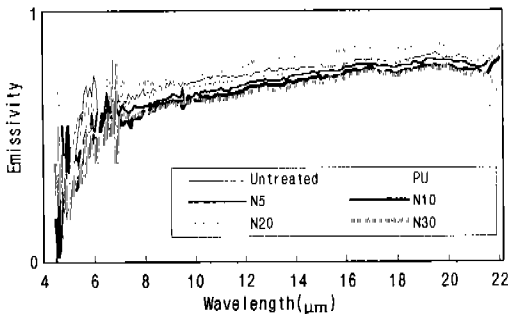


Fig. 5. Emissivity of Untreated and Ceramics and/or Polyurethane Coated Nylon Fabrics (4~22 μm).

나오는 방사열을 폴리우레탄이 흡수하기도 하여 세라믹스의 방사율이 희석되는 효과가 나타났기 때문이다. Stefan-Boltzmann의 법칙에 의하면 원적외선 방사율은 물체의 절대온도의 4제곱에 비례한다. 따라서 세라믹스 함량에 따른 원적외선 방사율의 차이가 있는지를 확인하기 위해서 높은 온도에서 측정한다면 방사율을 희석시키는 요인이 있더라도 세라믹스 함유량에 따른

차이를 좀더 확실하게 볼 수 있을 것이다.

2. 축·방열성

Fig. 6은 Fig. 1의 장치를 이용하여 써모그래피로 시료의 표면온도를 측정된 것이다. 시료내의 5점을 무작위로 정하여 표면온도를 측정된 결과 온도가 주기적으로 약간씩 오르내리면서 전체적으로 내려가고 있어 내부의 열이 계속 방출되고 있음을 나타내고 있다.

Fig. 7은 각 나일론 시료들에 대한 표면의 평균온도를 비교한 것이다. 본 실험을 위해 제작된 장치의 경우 폴리우레탄이나 세라믹스 코팅된 면이 안쪽을 향하고 있으므로 열원으로 데워진 따뜻한 열이 시료를 통해 외부로 나오는 과정에서 세라믹스의 원적외선 반사특성에 의해 시료표면온도나 방열량이 낮아지는 경우의 단열특성과 시료가 원적외선을 흡수하여 시료 자체가 열을 가치고 밖으로 내보내지 않을 경우와 같은 축열특성 및 두께나 공기투과도 등의 영향이 있을 것으로 생각된다. 본 실험에 사용된 세라믹스 함유시료의 경우 코팅할 때

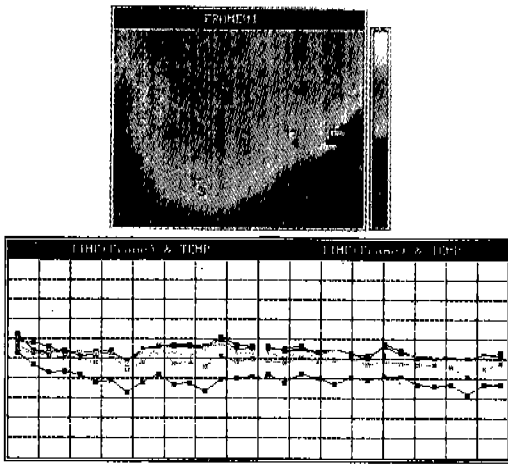


Fig. 6. Changes of Surface Temperature of Ceramics Coated Nylon Fabric Measured by Thermography.

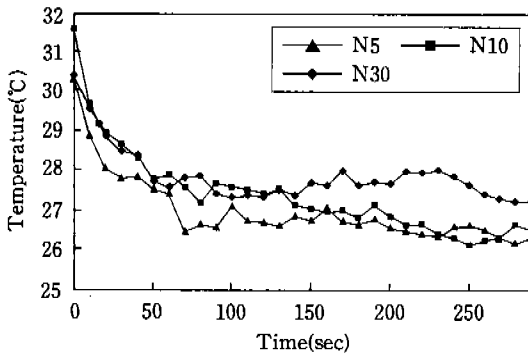


Fig. 7. Changes of Surface Mean Temperature of Ceramics Coated Nylon Fabrics.

코팅 두께를 일정하게 하였고, 또 코팅에 의해 시료의 기공이 막혀진 상태이므로 두께나 공기투과도등이 비슷하게 나타났다(Table 5). 시간이 지남에 따라 온도가 서서히 감소하고 있으나 N5의 온도가 가장 낮고, N30의 온도가 가장 높으면서 온도의 감소비율이 적어서 세라믹스 부가량이 증가할수록 표면의 평균 온도가 높게 나타났다. 이것은 Table 4에 나타난 바와 같이 N5에서 N30으로 갈수록 시료내의 세라믹스양이 많아져서 더 많은 축열특성을 나타낸 것이라고 볼 수 있다.

3. 보온성

공기층을 0 mm와 9 mm로 두고 각 시료들의 보온율

Table 5. Thickness, Air Permeability and Thermal Insulation Values of Ceramics Coated Fabrics

Fabric	Thickness (mm)	Air Permeability (Kpa·s/m <sup>2</sup> )	T.I.V.(%)	
			0 mm	9 mm
Untreated	0.17	1.19	25.1	51.7
PU	0.25	2.97	27.1	53.2
N5	0.30	2.90	26.0	53.8
N10	0.28	2.95	27.7	54.2
N20	0.29	2.92	29.0	54.6
N30	0.28	2.92	30.6	54.8

을 Thermolabo II를 사용하여 측정한 결과는 Table 5에 있다. 보온율에 있어서 나일론은 공기층이 0 mm이거나 9 mm인 경우 모두 폴리우레탄 또는 세라믹스 코팅에 의해 보온율이 증가하였는데 공기층 0 mm인 경우에는 코팅된 시료들 사이에 있어서 세라믹스 부가량이 증가할수록 보온율이 증가하는 경향을 보였으며 그 차이가 분명하였으나 공기층이 9 mm인 경우에는 세라믹스 부가량의 증가에 의한 보온율의 차이가 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 보온성에 영향을 미칠 수 있는 요인들 가운데는 원적외선 반사율<sup>6)</sup>, 축열성<sup>7-10)</sup>, 두께<sup>20-22)</sup>, 열전도율<sup>21)</sup>, 공기투과도<sup>23-25)</sup> 등이 영향을 줄 수 있다. 따라서 나일론 시료들은 모두 미처리 시료와 비교하여 폴리우레탄이나 세라믹스 코팅시료들이 보온성에 큰 영향을 미칠 수 있는 두께의 증가와 공기투과도의 감소로 인하여 보온율이 증가하였다. 그러나 세라믹스 코팅된 시료들의 보온성에 있어서는 대체로 세라믹스 함량이 증가함에 따라 보온성이 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 두께의 증가와 공기투과도의 감소가 보온성에 많은 영향을 미쳤고 두께나 공기투과도 등이 비슷한 경우에는 공기층 0 mm에서 세라믹스 함유량의 증가에 따른 시료의 축열 특성이 영향을 미쳤다. 유해형 등<sup>6)</sup>에 의하면 나일론 직물에 세라믹스를 넣은 폴리우레탄으로 코팅을 한 후, 원적외선 투과율을 감쇠전반사(ATR)-IR법으로 측정한 결과 보온재의 양이 많을수록 시료표면에서의 원적외선 침투깊이가 줄어들며 이것은 간접적으로 보온재가 증가할수록 원적외선 반사율(reflectivity)이 증가하는 것으로 해석하였다. 즉, 보온성을 증가시키는 요인으로서 원적외선 반사율이 영향을 미칠 수도 있음을 제시하였다. 본 실험의 공기층 9 mm의 경우 시료와 보온성 측정기기와는 떨어져



있는 상태이므로 시료에 축적된 열이 확실한 차이를 보이며 반영되기 힘들 것으로 생각된다. 그러나 이러한 원적외선의 반사율이 함께 영향을 미쳐서 보온성에 약간의 차이를 보인 것으로 생각된다.

## V. 결 론

에너지 절약의 목적으로 물체의 가열, 건조 등에 사용되던 세라믹스를 최근에는 섬유소재에 응용하여 보온성 제품으로 상품화하고 있으나 그 보온효과에 대해서는 과학적으로 실증된 자료나 평가기준 등이 제시되어 있지 않은 상태이다. 또 지금까지의 몇몇 연구들에서는 세라믹스 소재의 보온효과들에 대해 보고하고 있지만 인체에 적용할 수 있는 상황과는 차이가 있는 조건에서 측정하였거나, 인체에 적용하여 의복으로 사용하는 조건에서 측정하였을 경우에는 어느 요인에 의해 보온효과를 나타내는지에 대해 언급되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 의복으로 착용하는 환경조건에서 세라믹스 소재가 갖는 보온효과가 원적외선 방사특성, 축열특성, 두께 및 공기투과도 등의 물리적 특성 요인들 가운데 어느 요인에 의한 것인지를 고찰하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 성분과 입자의 크기가 다른 세 종류의 세라믹스와 세 종류의 세라믹스를 코팅한 시료에 대하여 원적외선 방사특성을 고찰한 결과 세라믹스의 종류에 따라 다르게 나타났는데, 세라믹스 자체의 원적외선 방사특성은  $\alpha$ -알루미나가 주성분일 때 가장 좋았으나 시료에 처리하였을 때에는 코디어라이트에  $\alpha$ -알루미나가 섞인 것의 방사특성이 가장 좋았다.

둘째, 미처리 시료, 폴리우레탄 코팅시료 및 세라믹스 함유량을 변화시킨 세라믹스 코팅시료의 원적외선 방사특성 측정 결과 상온에서는 원적외선 방사량이 매우 적고, 세라믹스의 원적외선 방사량이 폴리우레탄에 의해 흡수 또는 회색되는 효과로 인하여 그 차이를 볼 수 없었다.

세째, 열적특성으로 써모그래피를 사용하여 시료의 표면온도를 측정할 결과 세라믹스 처리된 시료들에는 세라믹스 함유량이 증가할수록 표면온도가 높게 나타났으며 이것은 세라믹스가 가시광선을 흡수하여 축열하는 축열특성에 의한 것이었다. 보온성 측정결과는 세라믹스 함유량이 증가할수록 세라믹스의 축열성과 원적외선

방사특성의 증가로 인하여 보온성이 증가하였다.

이상과 같은 실험결과 의복소재의 보온성에 큰 영향을 주는 요인은 두께와 공기투과도였으며 두께와 공기투과도가 비슷한 경우에는 세라믹스 함유량이 많을수록 보온성이 큰 것으로 판단되었다. 세라믹스 보온소재의 원적외선 방사특성에 의한 보온효과는 증명되지 못하였으나 세라믹스의 축열특성과 원적외선 반사율이 함께 작용하여 보온효과를 나타내었다. 즉, 세라믹스의 함유량이 많을수록 시료는 빛을 많이 흡수하여 시료자체의 온도가 상승함으로써 보온효과를 갖게 하였으며 방사특성은 원적외선을 반사하여 의복내 온도를 상승시키는 역할을 하였다. 따라서 세라믹스 보온소재와 인체간의 상호작용은 인체로부터 방사되는 원적외선을 흡수하여 축열함으로써 의복과 인체간의 온도차이를 줄여서 체온의 손실을 막아 보온효과를 나타내고, 인체로부터 나오는 원적외선을 반사하여 다시 인체로 보냄으로써 체온을 상승시키는 작용을 하는 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 원적외선 및 원적외선 응용기술에 관한 자료집, 월간 세라믹스, 1992.
- 2) "원적외선 방사 세라믹스 응용상의 문제점", 섬유정보, Vol. 18, No. 1, 87-95, 1991.
- 3) Ozisik, M.N. and Bayazitoglu, Y., 김철주, 정태용 譯, *Ozisik* 열전달, 회중당, 1992.
- 4) Karlekar, B.V. and Desmond, R.M., *Heat Transfer (2nd ed.)* West Publishing Co., 1982.
- 5) 杉谷壽一, "セラミックス加工", 加工技術, Vol. 22, No. 11, 8-12, 1987.
- 6) 유해형, 김영호, 조현태, 심현주, 이광배, "투습방수 코팅 나일론 직물의 보온성 향상", 한국섬유공학회지, Vol. 30, No. 3, 250-258, 1993.
- 7) 古田常勝, "「纖維とセラミックス」特輯 蓄熱保温纖維素材", *SEN-I GAKKAISHI*, Vol. 49, No. 11, 399-404, 1993.
- 8) 古田常勝, "「スポーツと纖維」特輯 新しいスポーツ素材 太陽光蓄熱保温素材", *SEN-I GAKKAISHI*, Vol. 45, No. 3, 134-136, 1989.
- 9) "최근의 축열보온성소재", *Textile Journal*, FITI, Vol. 18, No. 1, 214-217, 1990.
- 10) "세라믹과 태양에너지 이용 보온소재", *Textile Journal*, FITI, Vol. 19, No. 1, 55-59, 1991.
- 11) 유해형, "원적외선 방사체를 이용한 투습방수 코팅적

- 물의 보온성 향상”, 송실대학교 섬유공학과 석사학위 청구논문, 1990.
- 12) R. Heath, “Polyurethane as Surface Coating A Review”, *Journal of Coated Fabrics*, Vol. 15, 78-88, 1985.
- 13) 김동수, “폴리우레탄 코팅가공기술”, 한국섬유공학회지, Vol. 22, No. 5, 56-74, 1988.
- 14) 최태섭, 한충수, “FT-IR을 이용한 원적외선 방사특성”, 요업기술, Vol. 11, No. 1, 30-38, 1996.
- 15) 伊東 健, “遠赤外線放射測定の實際について”, 電熱, No. 25, 69-76, 1986.
- 16) Booth, J.E., *Principles of Textile Testing* (3rd ed.), Butterworths, London, 321-330, 1983.
- 17) 백우현, “한국의 원적외선복사체의 분광학적 특성”, 第1回 韓·日 遠赤外線 심포지움, 한국원적외선응용기술연구회, 일본원적외선응용연구회, 105-170, 1995. 4.
- 18) 이홍림, 정운중, 박금철, 요업공정, 반도출판사, 1983.
- 19) 이홍락. 기초 기기분석, 형설출판사, 1995.
- 20) Morris, G.J., “Thermal Properties of Textile Materials”, *Journal of Textile Institute*, Vol. 44, 449-476, 1953.
- 21) Hoge, H.J. and Fonseca, G.B., “The Thermal Conductivity of a Multilayered Sample of Underwear under a Variety of Experimental Conditions”, *Textile Research Journal*, Vol. 34, 401-410, 1964.
- 22) Schneider, A.M., Holcombe, B.V., “Properties Influencing Coolness to the Touch of Fabrics”, *Textile Research Journal*, Vol. 61, 488-494, 1991.
- 23) 이재곤. “직물의 열전달에 관한 연구”, 한국섬유공학회지, 15, 12-17, 1978.
- 24) 성수광, 권오경, “편성포의 온냉감 및 열이동 특성에 관한 연구(II)”, 한국섬유공학회지, Vol. 29, 23-32, 1992.
- 25) 이지영, 송태욱, “직물간 공기층의 형성방법이 열전달에 미치는 영향”, 한국섬유공학회지, Vol. 18, 21-28, 1981.