

투습발수직물과 보온단열소재의 열 및 수분전달 특성

조길수 · 최종명 · 이정주 · 이선우

연세대학교 생활과학대학 의생활학과

Thermal and Water Transmission Properties of Vapor Permeable Water Repellent Fabrics and Thermal Insulation Batting Materials**Gil Soo Cho, Jong Myoung Choi, Jung Ju Lee, Sern Woo Lee**

Dept. of Clothing and Textiles, College of Human Ecology Yonsei University

(1992. 2. 10 접수)

Abstract

The purpose of this study was to comparatively evaluate thermal and water transmission properties of several vapor permeable water repellent (VPWR) fabrics and synthetic battings that became available in recent years. Five VPWR fabrics evaluated were Hipora[®] in three coating variants, Gore-Tex[®] and Aitac[®]. Battings evaluated were Viwarm[®], Uniwarm[®], Thinsulate[®], and Airseal[®]. Thermal resistance and water vapor transmission were measured for each fabric and batting and in all combinations. Thermal resistance at zero and 37 cm/sec air velocity was determined by the Thermo Labo II technique for simultaneously measuring conduction and radiation heat transfer. Water vapor transmission over 24 hours was measured by a modified weight-gain method in a compact humid chamber at conditions simulating the clothing climate under heavy exercise ($40 \pm 1^\circ\text{C}$, $90 \pm 2\%$ R.H., and 0.5 m/sec air velocity). Fabric porosity was calculated from fiber density and fabric weight, thickness, and area.

Thermal resistance results for the fabrics showed the effectiveness of coatings in inhibiting heat transfer. Measurements taken in wind were: 31.1~37.6% for Hipora[®] variants; 31.0% for Gore-Tex[®]; and 18.4% for Aitac[®]. Measurements without wind were higher but in the same order. Water vapor transmission results were in reverse order: Aitac[®], 8.8 kg/m²; Gore-Tex[®], 6.4 kg/m²; and Hipora[®], 4.4~6.0 kg/m². In general thermal resistance increased with porosity. For battings, the thermal resistance with wind results were: Viwarm[®], 65.0%; Thinsulate[®], 62.0%; Uniwarm[®], 61.0%; and Airseal[®], 53.1%. Thermal resistance was proportional to thickness. Thermal resistance of fabric-batting combinations were 20% higher than those of the battings only. Water vapor transmission for combinations was mainly affected by that for the VPWR fabric used.

I. 서 론

의복은 인체에서 생긴 열과 수분을 환경으로 전달하거나, 인체와 환경 사이에서 과도한 열이동을 막는 인체보호 기능을 수행하여 인체를 쾌적한 상태로 유지시켜 줄 수 있어야 한다. 이러한 의복의 쾌적감은 주로 환경의 변화로부터 의복내 열과 수분상태를 적절하게 조절할 수 있는 피복재료의 열 및 수분전달 특성에 의해 좌우된다.

직물을 통한 열의 이동현상은 전도, 대류, 복사와 같은 건열(dry heat) 전달과 증발에 의한 습열(wet heat) 전달로 구별될 수 있으며, 습열전달은 수증기 전달에 의한 잠열전달과 수분전달에 의한 잠열전달로 이루어진다¹⁾. 직물을 통한 열전달은 주로 섬유사이에 차단된 공기에 의해서 이루어지며²⁾, 열전달 메카니즘과 관련된 직물특성으로는 열전도도, 공기 투과도, 섬유의 표면자유에너지 및 실의 구조, 직물의 용적밀도(bulk density), 두께, 그리고 비용적 및 기공용적등^{1~7)}을 들 수 있다. 이와 같이 직물의 열전달 특성은 섬유 유형보다는 두께, 기공도(porosity)등의 직물 구조적 요인에 의해서 주로 영향을 받음을 알 수 있다.

의복을 통한 수분전달은 수증기 확산과 액체상태의 수분확산의 두가지 기구를 통하고 있으며, 수증기의 확산은 섬유 자체의 투습성이 중요하며 수분확산은 섬유의 표면특성 즉 표면에너지가 중요하다^{8~12)}. 이때 투습성은 섬유의 종류와 직물의 두께, 밀도, 그리고 기공도등의 기하학적인 구조^{1,10~13)}가 관계된다. 또한 수분함량이 낮은 상태에서의 두개의 직물간 수분전달 메카니즘은 수증기의 확산이며, wicking은 직물의 수분함량이 커야만 일어난다¹⁴⁾. 따라서 평상복의 의복 재료로서는 투습성

이 큰 소재가 적절하며, 격심한 운동으로 발한을 할 때의 의복 재료로서는 표면에너지가 큰 섬유가 적합하다.

이러한 직물의 열전달 및 수분전달 특성은 일상복의 경우에서 뿐 아니라 특수 환경에서 착용하는 기능복이나 스포츠 웨어에서는 더욱 중요한 요인이다. 최근 소비자들이 스포츠나 겨울철 기후조건에 적절한 기능복에 대한 요구가 증대하고 있음에 따라 방한복용 재료로 투습발수 직물과 인조보온단열소재가 인기를 얻고 있다. 그러나 아직까지 스포츠웨어나 기능복에 있어서 투습발수 직물과 보온단열 소재에 대한 보온성과 투습성등의 기능성을 평가한 연구는 드물다. 따라서 본 연구에서는 제조방법별 투습발수 직물과 인조보온단열 소재를 선택하여 이들의 열 및 수분전달 특성을 평가함으로써 기능성 스포츠 웨어의 개발에 도움을 주고자 한다.

II. 실험

1. 시 료

투습발수직물로는 제조방법별로 극세사법의 아이탁®, 라미네이팅법의 고어텍스®, 직접 습식코팅법의 하이포라®를 시료로 선택하였으며, 직접코팅시 알루미늄을 혼입한 하이포라-TM®과 세라믹을 혼입한 하이포라-CR®을 첨가하였다. 인조보온단열 소재로는 부직포 기법으로 제작된 바이웜®, 유니웜®, 신슬레이트®, 에어실®을 사용하였다. 각 시료의 특성은 Table 1, Table 2와 같다.

2. 보온성 측정

항온법에 준하여 고안된 Thermo Labo II (KES-F7)를 사용하여 시료의 보온성을 평가하였다. 측정조건은

Table 1. Specifications of fabrics

Fabrics (trade name)	Fiber content (%)	Yarn type	Yarn number (D)	Fibric count (endpicks/inch)	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Manufacturing method
Hipora®	nylon 100	filament	70x 70	114x96	0.14	99.6	Direct
Hipora - TM®	nylon 100	filament	70x 70	114x96	0.14	101.4	coating
Hipora - CR ⁽³⁾	nylon 100	filament	70x 70	114x96	0.14	142.4	
Gore - Tex®	nylon 100	filament	75x 75	94x97	0.18	104.2	Laminating
Aitac®	n/p 18/82	filament	70x130	136x88	0.17	103.0	Ultra fine fiber

Table 2. Specifications of battings

Battings (trade name)	Fiber content (%)	Fiber length (mm)	Fiber fineness (d)	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
Airseal®	PET/nylon 70/30	51	1.5-2.5	4.0	60.0
Thinsulate®	Olefin/PET 65/35	filament		10.0	220.0
Viwarm®	PET 100	33-51	1.1-3.0	5.0 10.0	105.0 198.0
Uniwarm®	PET 100	33-51	1.1-3.0	7.0 9.0	120.0 160.0

T-box와 BT-box의 온도차를 10°C로 하였으며, 열원체와 시료간의 간격을 5mm로 하여 전도와 복사에 의한 동시효과를 보았고, 기류는 무풍시와 37 cm/sec의 조건으로 조절하였다.

보온성의 산출방법은 다음과 같다.

$$WRi(\%) = \frac{(W_o - W_i)}{W_o} \times 100 \quad (i=1 \text{ or } 2)$$

단, WRi=Degree of warmth retention without (i=1) and with wind (i=2, air velocity=37 cm/sec)

W_o=Power loss from the plate without fabric cover, watts

W_i=Power loss from the plate with fabric cover without (i=1) and with wind, watts (i=2, air velocity=37 cm/sec)

3. 투습도 측정

ASTM E 96-66(1972)에 의하여 제작된 compact humid chamber(금성제전의 동일 제작소 제품)를 사용하여 KS A 1013¹⁵⁾에 따라 투습발수직물 및 보온단열 소재와의 조합시 투습도를 측정하였다. 투습컵의 투습면적은 28 cm² 이었으며, 파라핀 90%와 폴리에틸렌 10%를 배합한 봉합제를 사용하였다.

chamber내의 조건은 격렬한 운동시 의복내 상태의 온도인 40±1°C, 상대습도 90±2%, 풍속 0.5 m/sec이었다.

투습도의 산출방법은 다음과 같다.

$$WVT = (g \times 24) / (t \times a)$$

단, WVT=rate of water vapor transmission, g/m²/24h

g=weight gain or loss, g

t=time, during which gain or loss, g. was observed, h

a=exposed area of specimen, m²

4. 보온소재의 두께, 중량측정 및 용적밀도 산출

보온소재의 두께는 시료를 4점으로 겹쳐놓고 0.5 g/m²의 하중을 갖는 아크릴판을 10초간 가한후, 시료의 각 변과 모서리에 대해 두께를 측정하여 평균을 구하였고¹⁶⁾, 중량은 KS K 0514¹⁷⁾에 준하였다. 용적밀도는 측정된 두께와 중량을 이용하여 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{weight(g/cm}^2\text{)}}{\text{thickness(cm)}}$$

5. 밀도측정 및 기공도 계산

섬유 밀도는 사염화탄소(CCl₄, 비중 1.59)와 크실렌(Xylene, 비중 0.86)을 사용하여 부유법에 의해 측정하였으며 아래의 식으로 산출하였다.

$$\text{섬유밀도 (g/cm}^3\text{)} = (M_s / M_w) \times D_w$$

단, M_s: 용액의 무게(g/cm³)

M_w: 물의 무게(g/cm³)

D_w: 측정온도에서의 물의 밀도 (21°C에서 0.99802)

기공도는 측정된 섬유밀도를 이용하여 아래의 식¹⁸⁾에 의해 계산하였다.

$$\text{기공도 (\%)} = \left(1 - \frac{W}{\rho AL}\right) \times 100$$

단, A: 시료의 면적(cm²)

L: 시료의 두께(cm)

W : 시료의 무게 (g)
 ρ : 섬유 밀도 (g/cm³)

III. 결과 및 논의

1. 무풍 및 유풍시의 보온성

1) 투습발수직물의 보온성

투습발수직물의 무풍 및 유풍시의 보온성은 Fig. 1과 같다. 무풍시 투습발수직물의 보온성은 하이포라® 종류가 47.0~51.2%, 고어텍스®가 45.1%, 그리고 아이탁®은 40.4%이었다. 유풍시에는 무풍시에 비해 보온성이 낮게 나타났으며, 직물별 순서는 무풍시와 같았다. 바람에 의한 보온성의 감소율(WR1 - WR2/WR1×100)은 약 27%~55%를 나타내었다.

제조방법에 따른 투습발수직물의 보온성은 무풍시와 유풍시 모두 하이포라-TM®이 가장 높았으며, 이어서 하이포라-CR®, 고어텍스®가 유사한 보온성을 나타냈고 아이탁®의 보온성이 가장 낮게 나타났다. 바람에 의한 보온성 감소율은 하이포라-TM®이 가장 낮았으며, 아이탁®이 가장 크게 나타났다.

이상의 결과에서 하이포라-TM®이 가장 높은 보온성을 보이는 것은 코팅 수지속에 복사열의 효과가 매우 높은 알루미늄 금속입자를 혼입하여 우수한 복사열의 단열성을 지니기 때문이라고 사려된다. 또한 아이탁®이 무풍시와 유풍시 모두 보온성이 가장 낮고, 풍속에 의한

보온성 감소율이 가장 크게 나타난 것은 제조 방법으로 인하여 기공도가 가장 크기 때문¹³⁾이라고 사려된다.

2) 보온단열소재의 보온성

보온단열소재의 무풍시 및 유풍시의 보온성은 Fig. 2와 같다. 무풍시 보온단열 소재의 보온성은 바이웜®(10 mm)이 68.0%, 신슬레이트®(10 mm)가 66.0%, 유니웜®(9 mm)이 65.0%, 그리고 에어실®(4 mm)은 58.1%이었다. 보온단열소재도 투습발수직물과 같이 무풍시에 비해 유풍시 보온성이 낮게 나타났으며, 바람에 의한 보온성 감소율은 약 4%~12%이었다.

동일한 보온단열 소재중에서 보온성은 두께에 따른 차이를 나타내었다. 무풍시 두꺼운 보온단열 소재들인 10 mm 바이웜®, 10 mm 신슬레이트®, 9 mm 유니웜® 모두 65% 이상의 높은 보온성을 보인 반면, 4 mm 에어실®, 7 mm 유니웜®, 5 mm 바이웜®은 상대적으로 낮은 보온성을 보였다. 유풍시에도 마찬가지로 두께가 두꺼울수록 보온성이 높게 나타났으며, 두께가 얇을수록 동일 소재 내에서 바람에 의한 보온성 감소율이 크게 나타났다.

또한, 보온단열 소재별로 비교해 보면 두께가 비슷한 경우 비슷한 수준의 보온성을 나타내지만, 바람에 의한 보온성 감소율은 바이웜®이 동일 두께의 신슬레이트®보다 적었으며, 다소 얇은 유니웜®도 신슬레이트®와 유사한 보온성을 나타냈다. 한편, 5 mm 바이웜®, 7 mm 유니웜®, 4 mm 에어실®을 비교해 보면 에어실®이 바람에 의한 보온성 감소율이 가장 낮아 상대적으로 에어실®의

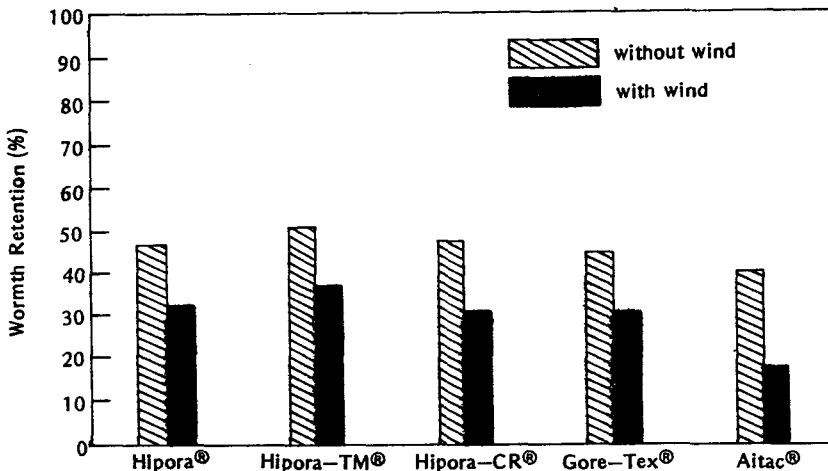


Fig. 1. Warmth retention of fabrics

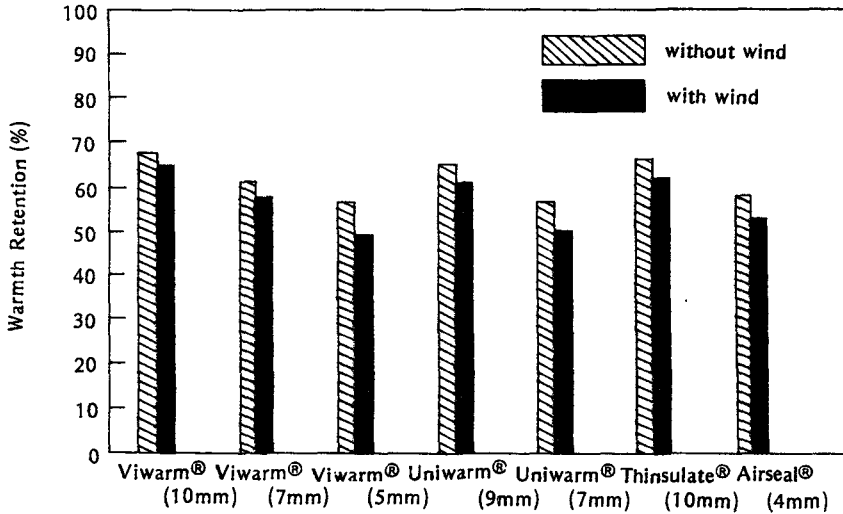


Fig. 2. Warmth retention of battings.

보온성이 크다고 할 수 있다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 선행연구^{3~6)}에서와 같이 보온성은 소재의 종류 보다는 두께에 의한 영향이 큰 것으로 사려되며, 여기서 한가지 특기할 만한 점은 에어실[®]이 두께가 얇은 것에 비해 높은 보온성을 나타낸 것이다.

2. 직물구조적 변인에 따른 보온성

보온단열 소재의 용적 밀도와 보온성은 Fig. 3과 같

다. 보온단열 소재의 용적밀도는 신슐레이트[®]가 가장 크고 그 다음으로 바이웜[®], 유니웜[®]이었고 에어실[®]은 가장 작았으며, 보온성은 비슷한 두께인 경우 바이웜[®]이 신슐레이트[®]보다 높고, 에어실[®]이 바이웜[®]보다 높게 나타났다. 또한 동일 소재에 따라 보온성을 비교해 보면 바이웜[®]과 유니웜[®] 모두 두께가 두껍고 용적밀도가 작은 경우 보온성이 높았으며, 유평시에 비해 보온성이 높았다. 이는 용적밀도가 작을수록 단위 중량당 열차단력이 높다고 볼 때, 신슐레이트[®]는 다른 보온 소재보다 용적밀도가 크기 때문에 얻어지는 보온효과에 비해서 무거운 소

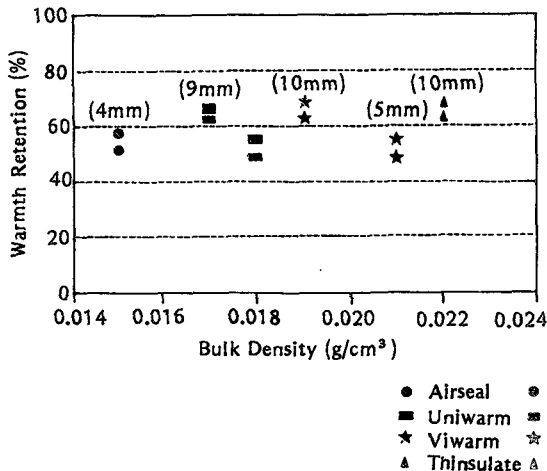


Fig. 3. Bulk density vs warmth retention of battings

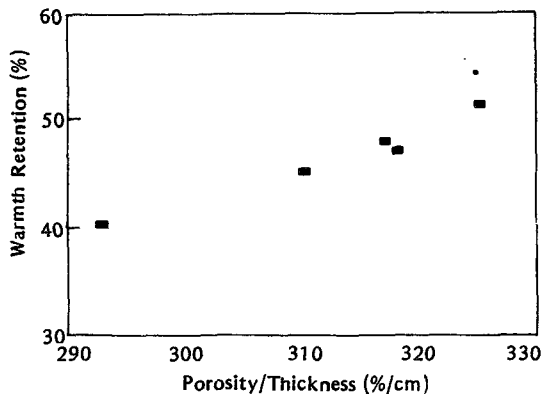


Fig. 4. Porosity/thickness vs warmth retention of fabrics.

Table 3. Warmth retention of fabric-batting combinations

Fabrics	Battings	Airseal® (4mm)	Thinsulate® (10mm)	Viwarm® (10mm)	Viwarm® (5mm)	Uniwarm® (9mm)	Uniwarm® (7mm)
Aitac®	w/o wind*	65.49	71.16	73.37	70.36	72.87	72.25
	with wind	59.56	65.77	70.12	66.13	68.41	65.90
Gore-Tex®	w/o wind	71.55	74.43	76.58	73.08	75.00	73.14
	with wind	66.74	70.52	74.95	69.84	72.13	69.41
Hipora®	w/o wind	76.47	77.51	77.49	76.70	76.86	76.35
	with wind	73.23	75.54	75.54	75.88	75.21	73.65
Hipora-TM®	w/o wind	77.18	77.64	78.70	76.92	77.21	74.30
	with wind	74.27	75.57	76.47	72.98	74.34	71.76
Hipora-CR®	w/o wind	74.21	76.28	76.08	74.16	76.78	75.88
	with wind	70.67	73.52	73.28	69.96	74.94	73.73

unit : %

* without wind

재이며, 에어실®은 용적밀도가 작으므로 단위 중량당 보온성이 크다. 따라서 방한복이나 겨울철 스포츠 웨어 제작시 보온소재로서는 에어실®이 다른 소재보다 가벼우면서도 높은 보온성을 나타낼 것으로 사려된다.

투습발수직물의 기공도/두께 변인과 보온성과의 관계는 Fig. 4에 나타나 있다. 투습발수직물은 기공도가 클수록 보온성이 증가하는 경향을 나타냈다. 이로써 투습발수직물과 보온단열소재의 보온성은 두께, 용적밀도, 기공도 등의 직물구조적 변인이 관계됨을 알 수 있었다.

3. 투습발수직물과 보온단열소재 조합시 보온성

투습발수직물과 보온단열소재를 조합했을때의 보온성은 Table 3과 같다. 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 보온성은 보온단열소재만의 보온성보다 대략 20% 전후의 증가를 나타냈으며, 유풀시에는 무풍시보다 모든 조합에서 더 낮은 보온성을 보였다.

하이포라®는 조합시에도 그 종류에 관계없이 유사한 높은 보온성을 높이는 반면, 아이탁®은 매우 낮은 보온성을 보이고 있다. 가장 높은 단일 보온력을 보인 하이포라-TM®은 조합시에도 높은 보온성을 보였다. 그러나 조합시의 보온성 차이는 하이포라-TM®과 다른 직물 단독만의 보온성 차이보다는 감소하였다. 또한 인조 보온단열 소재인 바이웜®은 동일 두께에서 신슬레이트®와 유사한 보온성을 보이거나 바람에 의한 보온성의 감소 정도가 작았고, 다양한 두께가 시판되고 있으므로 의복

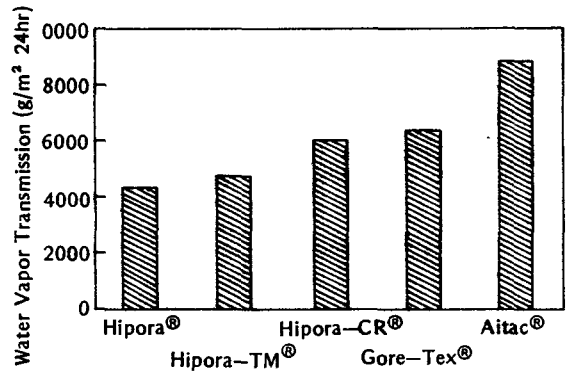


Fig. 5. Water vapor transmission of fabrics

제작이 용이하며, 에어실®은 두께가 얇은 것에 비하여 좋은 보온성을 보이므로 의복의 경량화 추세에 적합하다고 판단된다.

4. 제조방법별 투습발수직물의 투습도

투습발수직물의 투습도는 Fig. 5와 같다. 투습발수직물의 투습도는 선행연구¹³⁾에서와 같이 제조방법별로 차이가 크게 나타나 아이탁®(8800 g/m².24 hr)이 가장 높은 투습도를 나타냈으며, 다음으로 고어텍스®(6350 g/m².24 hr), 하이포라-CR®(6000 g/m².24 hr), 하이포라-TM®(4772 g/m².24 hr), 하이포라®(4370 g/m².24 hr)의 순으로 나타났다. 그러나 이들은 스키와 같이 격

Table 4. Water vapor transmission of fabric-batting combinations

Battings Fabrics	Viwarm® (10mm)	Viwarm® (5mm)	Uniwarm® (9mm)	Uniwarm® (7mm)	Airseal® (4mm)	Thinsulate® (10mm)
Aitac®	6763	8579	7725	7746	7980	7499
Gore-Tex®	5094	5357	5037	5031	4905	4724
Hipora®	4386	4543	4952	4669	5049	3837
Hipora-TM®	4443	4543	4952	4959	4877	4126
Hipora-CR®	5377	5975	5292	5629	5104	5321

unit : g/m² · 24hr

렬한 운동량을 요구하는 용도에 사용되는 투습도의 최소 물성내구치인 4000 g/m²·24 hr⁽⁹⁾를 상회하는 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

이상에서 아이탁®이 다른 투습발수직물에 비하여 높은 투습도를 나타낸 것은 제조방법에 의한 차이로 설명할 수 있다. 즉 하이포라®는 폴리우레탄 수지를 DMF (Dimethyl Formamide) 등의 수용성 용매로 용해하여 이 용액을 직물 표면에 직접 코팅한 다음에 수중에 통과시켜 폴리우레탄 수지는 응고되고 용매는 물과 치환됨으로써, 고어텍스®는 PTFE 필름을 급속 연신 시킨후 열고정시켜서 피브릴 구조를 갖는 필름을 라미네이팅 기법으로 직물에 붙여 PTFE의 미다공 피막을 형성함으로써 피막 표면에는 0.1~10 μ의 직경의 기공이 형성되는 반면, 아이탁®은 위사에 단사 섬도 0.3d 이하의 초극세사를 사용하고 경사에는 일반 multifilament를 사용하여 고밀도 직물로 제작한 후 팽윤제 처리에 의해 복합 분할형 극세원사를 완전히 분할하고 열처리에 의해 폭 방향으로 40% 정도 수축시킨 것으로 섬유간격(기공)이 7 μ으로 하이포라®나 고어텍스®에 비해 기공이 크게 형성되기 때문이다⁽¹³⁾ 또한 하이포라-CR®은 코팅재료인 ceramic porous의 접착층에서 보온층까지 모두 습식 가공으로 처리하고 층간 미세기공을 연결시킴으로써 기공도가 크기 때문에 하이포라®나 하이포라-TM®에 비하여 투습도가 크게 나타난 것으로 사려된다.

5. 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 투습도

투습발수직물과 보온단열소재를 조합하였을때의 투습도는 Table 4와 같다. 여기서 보면 아이탁®은 보온단열소재와 조합시 다른 투습발수직물에 비하여 높은 투습도를 나타냈다. 이는 앞서 설명한 것처럼 제조방법의 차이

에 기인한 것으로 아이탁®의 기공도가 하이포라®나 고어텍스®보다 크게 형성되기 때문이다. 또한 하이포라®의 경우 하이포라-CR®이 보온단열소재와의 조합시 하이포라®나 하이포라-TM®에 비하여 높은 투습도를 나타낸 것은 앞서 설명한 것처럼 코팅재료인 ceramic porous의 접착층에서 보온층까지 모두 습식 가공으로 연결하고 층간 미세기공을 연결시킴으로써 기공도가 크기 때문으로 사려된다.

한편 보온단열소재별로 본 조합시의 투습도는 동일 단열소재에서 하이포라®나 하이포라-TM®에 비하여 아이탁®과 하이포라-CR®의 경우가 크게 나타났다.

이들을 종합하여 고찰한 결과 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 투습도는 보온단열소재보다도 투습발수직물의 투습도 차이에 영향 받음을 알 수 있었다. 즉 보온단열소재의 투습도는 그 구조가 sheet 상의 부직포로서 비록 소재간의 두께 차이가 있을지라도 그 차이가 무시될 만큼 매우 큰 값을 나타낼 것으로 기대되고, 이로 인해 조합시의 투습도를 결정 짓는 것은 걸직물로 사용되는 투습발수직물의 투습도임을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구결과를 토대로 한 결론은 아래와 같다.

1. 투습발수직물의 보온성은 제조방법별로 차이가 나서 직접코팅법이 가장 크고 극세사법이 가장 낮았다.
2. 보온단열소재의 보온성은 대체로 소재의 종류보다는 두께에 의한 영향이 컸으며, 유평시의 보온성 감소율은 약 4~12%에 달했다.
3. 보온단열소재의 보온성은 두께가 두꺼울수록, 투습발수직물의 보온성은 기공도가 클수록 증가하였다.

4. 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 보온성은 보온재만의 보온성 보다 약 20% 전후 증가하였다.

5. 투습발수직물의 투습도는 제조방법별로 차이가 나서 아이타크[®]이 가장 크고 고어텍스[®], 하이포라[®]의 순으로 나타났다.

6. 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 투습도는 보온단열소재에 관계없이 주로 걸적물로 사용되는 투습발수직물에 의해 결정됨을 알 수 있었다.

이상에서 투습발수직물과 보온단열소재의 조합시 보온성과 투습성을 고찰한 결과 투습발수직물 중 하이포라-TM[®]과 하이포라-CR[®]이, 보온단열소재 중에서 바이웜[®]과 에어실[®]이 조합시 모두 보온성도 좋으면서 운동시의 최대 발한량 이상의 투습도를 가져서 기능성 스포츠 웨어에 사용시 쾌적감을 주는 의복조합이라고 생각 된다.

감사의 말씀

본 연구는 1988년도 오운문화재단의 연구비 지원에 의해 이루어진 연구임을 밝히며 오운문화재단에 감사의 뜻을 표한다.

참 고 문 헌

- 1) Yoon, H.N. and Buckley, A., Improved Comfort Polyester, Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics, *Textile Res. J.*, **54**, 289-298, (1984).
- 2) Cassie, A.B.B., Wool Research, Vol. 2, Physical Properties of Wool Fibers and Fabrics, Chapter 4, 44-79, WIRA, Torridon, Headingley, Leed 6, (1955)를 인용한 백태욱·이재근, 직물의 열전도도에 관한 연구, 한국섬유공학회지, **19**, 174-180, (1982)
- 3) 조길수·홍연숙, 방한복용 천연 및 인조 보온단열소재의 열전도 특성에 관한 실험적 연구, 연세 생활과학논집, **3**, 35-46, (1989)
- 4) Hoffmeyer, F., and Slater, K., The Effect of Thick-

ness and Density on the Thermal Resistance of Textile Materials, *J. Textile Inst.*, 183-186 (1981)을 인용한 이진숙·이재근, 피복내 공기층 두께가 의복의 열전달에 미치는 영향, 한국섬유공학회지, **22**, 10-20, (1986)

- 5) 이광배·이동표, 직물의 보온성에 관한 통계학적 연구, 한국의류학회지, **9**, 17-27, (1985)
- 6) 이재근, 직물의 열전달에 관한 연구, 한국섬유공학회지, **15**, 12-27, (1978)
- 7) Morris, M.A., Parto, H.H., Chadwick, S.L. and Bernauer, E.M., Comfort of Warm-up Suits During Exercise as Related to Moisture Transport Properties of Fabrics, *Home Economics Res. J.*, **14**, 163-179, (1985)
- 8) 김성련, 피복을 통한 수분의 확산, 화섬, **53**, 17-21, (1982)
- 9) Harnett, P.R. and Metha, P.N., A Survey and Comparison of Laboratory Test Methods for Measuring Wicking, *Textile Res. J.*, **51**, 471-478, (1984)
- 10) Fourt, L. and Harris, M., Diffusion of Water Vapor through Textiles, *Textile Res. J.*, **17**, 256-263, (1947)
- 11) Harper, R.J., Bruno, J.S., Blanchard, E.J., and Gautreaux, G.A., Moisture-Related Properties of Cotton-Polyester Blend Fabrics, *Textile Res. J.*, **46**, 82-90, (1976)
- 12) Whelan, M.E., Machattie, L.E., Gooding, A.C., and Turl, L.H., The Diffusion of Water Vapor through Laminae with Particular Reference to Textile Fabrics, *Textile Res. J.*, **25**, 197-223, (1955)
- 13) 조길수·홍연숙·최종명, 투습발수직물의 기능성 및 보온단열소재와 조합시 투습성 변화, 연세 생활과학논집, **4**, 17-29, (1990)
- 14) Adler, M.M., and Walsh, W.K., Mechanisms of Transient Moisture Transport Between Fabrics, *Textile Res. J.*, **54**, 334-343, (1984)
- 15) KS A 1013, 방습포장재료의 투습도 시험방법
- 16) KS K 0506, 직물의 무게 측정방법
- 17) KS K 0514, 직물의 무게 측정방법
- 18) 김기정, 투습성 방수가공, 한국섬유공학회지, **24**, 153-162, (1987)