

풍속 존재 시 쾌적보온성 의복의 온열특성에 관한 연구

송민규* · 권명숙⁺

한국섬유개발연구원 수석연구원* · 경희대학교 의상학과 겸임교수⁺

A Study on the Insulation of Thermal Clothing Under Dynamic Air Condition

Minkyu Song* · Myoungsook Kwon⁺

Chief Researcher, Korea Textile Development Institute*

Concurrent Professor, Dept. of Clothing & Textiles, Kyunghee University⁺

(투고일: 2008. 3. 25, 심사(수정)일: 2008. 10. 13, 게재확정일: 2008. 10. 15)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate insulation of thermal clothing under still and dynamic air conditions(with 2.1m/sec air velocity) and decrease of insulation in both conditions, to analyze correlations among them, and to estimate insulation and decrease of insulation using factors, such as fabric insulation, fabric weight, clothing weight, air permeability, and water vapor resistance. A total of 25 kinds of clothing were tested(9 types for suits, 6 types of jacket, 5 types for shirts, and 5 types for trousers). The results of this study were as follows;

Thermal resistance of clothing under the dynamic air condition decreased comparing to that of clothing under still air condition in all types of clothing. Decrease in shirts was the biggest (47.5%), followed by suits(39.51%), trousers(37.48%), and jackets(34.49%) in sequence. Thermal resistance of clothing under dynamic air condition showed very high correlation(0.98, $p<0.01$) with that of clothing under still air condition, followed by thermal resistance of fabric(0.86, $p<0.01$). Decrease in thermal resistance of clothing showed the highest correlation with air permeability. It didn't show correlation with other factors. Regression analysis showed that fabric thickness would be useful factor for estimating thermal resistance of clothing and air permeability also would be useful factor for estimating decrease in thermal resistance of clothing.

Key words: thermal manikin(썬떨마네킨), thermal resistance(온열저항), clothing insulation(의복보온성), fabric factors(의복인자들), water vapor resistance(투습저항), dynamic air condition(동적환경)

I. 서론

의복을 구성하는 의복재료는 일반적으로 열전도율이 적으며, 그 조직 중에 대량으로 함유되어 있는 공기는 미세한 기공으로 존재하고 있으므로 거의 움직이지 않는데 이러한 움직이지 않는 공기는 열의 전도를 강력하게 억제한다. 따라서 의복을 입는 것은 움직이지 않는 공기를 입는 것으로서 따뜻한 의복은 신체를 움직이지 않는 공기로 잘 둘러싼 의복이라고 생각할 수 있다. 이와 같이 의복층간에 의복기후를 만들고 최내층의 피부와 의복사이를 쾌적한 상태로 유지하는 것은 의복의 보온력이 있기 때문이다.

의복 착용 시 피부표면으로부터의 방열과정은 억제되지만 의복재료의 성질 및 의복의 형태, 의복의 구성 등에 의해서 방열효과는 달라지며 이 외에 주위의 환경조건 등에도 영향을 받는다. 특히, 풍속이 강하면 의복 표면층의 공기가 움직이게 되어 대류가 발생하므로 표면 공기 저항층은 감소 또는 소멸하게 되며 이에 따라 의복의 보온력은 달라진다.

국제 규격들은 이처럼 특수 상황에서 착용되는 의복의 보온력의 예측을 위한 모델들과 지표들을 보여주고 있으며¹⁾²⁾³⁾ 의복의 보온성과 활동에 따른 실내 환경에서의 쾌적성에 관한 기준이 개발되어 있다.⁴⁾⁵⁾ 의복의 보온성은 주로 써멀마네킨을 이용하여 환경조건 및 마네킨의 동작 상태 등을 달리 하여 측정되고 있으며 이를 이용하여 여러 의복을 대상으로 보온력에 대한 연구가 국내에서도 수행되고 있다.⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾ 그러나, 써멀마네킨을 이용한 연구는 환경조건을 제어할 수 있는 인공기후실이 필요하며 써멀마네킨이 고가여서 사용하기 어려우므로 보온성을 예측 할 수 있으며 및 환산할 수 있는 용이한 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

쾌적성을 개선시키기 위한 기능성 소재가 많이 개발되고 있는 상황에서 쾌적 보온성 소재로 구성된 의복에 대한 연구가 필요하며, 이에 따라 국내의 보온성 소재 개발을 위하여 써멀마네킨을 이용한 환경 및 생리적 조건을 표준화하고, 실제로 인간이 느끼는 온열감을 대신할 수 있는 물리적 양인 보온력 측정 기술을 객관화할 필요가 있다. 특히 의복의 피복층량, 공기층 두께, 의복 두께, 의복 매수 등의 인자를 이

용하여 국내의 보온성 소재의 보온력에 대한 간편한 예측 및 이에 대한 검증이 필요하다.

선행연구에서는 이미 국내외 개발된 보온성 의복을 수집하여 무풍환경 시의 이들의 온열특성을 분석하여 국내 보온성 소재에 대한 기초 데이터를 구축하였으며 직물 및 의복 인자들을 이용한 쾌적 의복의 보온력을 예측한 바 있다. 그러나 의복의 보온성은 외기의 풍속변화뿐 만 아니라 바람의 방향에 따라서 달라지며, 습도에도 영향을 받으므로 무풍환경에서의 개별 의복 품목의 보온력만으로는 실제 환경조건에 적용하기 어려우며 풍속의 존재 하에서의 온열특성에 대한 연구가 데이터 베이스에 추가될 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 선행연구에 대한 후속으로 써멀마네킨을 사용하여 국내에서 착용되는 다양한 보온성 소재의 풍속의 존재와 무풍 시에서의 보온력과 직물 인자들과 의복의 보온력의 관계를 분석하여 보온력 측정기술을 객관화하고, 도출된 결과로부터 무풍 및 풍속 존재 하에서의 다양한 실제 환경에서 예측 가능한 모델을 제시하여 이를 쾌적 보온성 소재 개발의 기초 자료로 삼고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 소재의 선정 및 특성

선행 연구에서 선정된 보온성 의복을 사용하였으며, 각 의복들은 모두 시중에서 각각의 고유한 브랜드명으로 판매되는 보온성 소재로 구성되었다. 실험에 사용된 의복은 모두 동일한 사이즈로 보온력 측정 시 의복과 인체사이의 합기량 차이에 따른 영향은 배제되었다. 선정된 실험복은 정장류 6종, 자켓류 9종, 셔츠 5종, 바지 5종으로 각 실험 의복의 특성과 물리적 특성의 결과는 <표 1>에 나타내었다.

2. 성능 평가

1) 직물의 보온력

직물상태의 보온력은 ISO 11092 표준실험방법에

〈표 1〉 Physical Properties of Clothing

No.	Composition	Clothing weight (kg)	Fabric weight (g/m ²)	Fabric thickness (mm)	Air permeability (cm ³ /cm ² /min)	Water vapor resistance (m ² Pa/W)
W-1	콤비, 캐시미어 100%	0.73	273.73	0.48	617.76	12.91
W-2	콤비, 캐시미어 10%(울 90%)	0.79	297.11	0.60	607.08	14.10
W-3	콤비, 실크/울(50%/50%)	0.70	240.47	0.39	424.92	12.58
W-4	롱코트, 캐시미어 50%(울 50%)	1.15	426.77	0.89	362.88	16.04
W-5	롱코트, 캐시미어 10%(울 90%)	1.09	350.21	0.88	717.60	15.70
W-6	반코트, 캐시미어 10%(울 90%)	0.96	377.99	0.86	587.16	13.31
J-1	거위털, 오리털	1.50	666.67	42.00	14.50	139.00
J-2	거위털, 퍼텍스	0.69	255.55	67.00	18.82	26.66
J-3	고어, 오버스톱셀	1.67	490.85	1.57	33.66	33.78
J-4	고어, 신슬레이트	0.89	275.67	0.83	16.30	28.24
J-5	에어벤티지	1.00	428.39	0.89	9.35	41.76
J-6	윈드스탑소프트셀	0.78	286.55	0.88	19.13	17.52
J-7	프리마로프트	0.42	197.21	15.00	19.84	117.03
J-8	거위털 점퍼	1.05	377.78	20.00	24.00	42.63
J-9	오리털 점퍼	1.19	622.22	32.00	20.87	59.21
S-1	필드센서PM	0.26	185.90	0.66	5454.00	10.75
S-2	플라텍파워스트레치	0.36	234.14	0.71	2658.00	14.88
S-3	플라폴리스	0.39	304.84	0.82	1741.20	13.93
S-4	테크노파일	0.25	146.38	0.56	9768.00	13.73
S-5	윈드블럭엑트	0.38	300.42	0.94	400.68	18.33
T-1	윈드스탑소프트셀	0.68	290.23	0.80	23.12	14.01
T-2	아웃라스트	0.50	276.92	0.64	178.80	15.05
T-3	ACF	0.69	360.88	0.82	285.00	14.29
T-4	셀러, 플라폴리스	0.45	242.34	0.57	836.40	12.62
T-5	플라텍파워스트레치	0.43	299.54	0.88	873.60	15.44
Mean		0.76	328.35	7.67	1028.51	29.34
S.D.		0.38	123.83	16.39	2164.81	32.15

준하여 측정하였는데, 측정환경조건은 20±0.2℃, 65±1%R.H. 이었고, 후드와 plate 사이의 공기흐름은 1±0.1m/sec이었다. Test plate의 온도는 35±0.2℃로 유지하였고, 모든 환경 및 실험조건이 안정된 후, 30분간 데이터를 읽어 평균값으로 직물의 보온력을 계산하였다. 그 계산식은 아래와 같다.

$$R_t = \frac{(T_s - T_a)}{H} \text{-----(1)}$$

R_t = Resistance to heat transfer provided by the fabric system and air layer.
m² · °C/W

A = Area of the plate test section, m²

T_s = Plate surface temperature, °C

P_a = Air temperature, °C

H = Power input, W

2) 직물의 투습저항

투습저항은 ISO 11092에 준하여 Sweating guarded hot plate를 이용하여 측정하였다. 측정 시 실험실의 환경조건은 35±0.5℃, 40±1%R.H. 유지되었으며 Plate의 온도는 환경온도와 동일하며 후드와 Plate사이의 공기의 흐름은 1±0.1m/s로 유지되었다. 투습저항을 산정하는 식은 아래와 같다.

$$Ret = \frac{(Ps - Pa)A}{H} \text{-----}(2)$$

Ret = Resistance to evaporative heat transfer provided by the fabric system and air layer, m²kPa/W

A = area of the plate test section, m²

Ps = Water vapor pressure at the plate surface, kPa

Pa = Water vapor pressure in the air, kPa

H = Power input, W

직물만의 투습저항은 다음의 식에 따라 구하였다.

$$Ref = Ret - Rea \text{-----}(3)$$

Ref = Averaged evaporative resistance for fabric alone

Ret = Averaged evaporative resistance for fabric and air layer

Rea = Averaged evaporative resistance for bare plate covered with liquid barrier

3) 의복의 보온력

ASTM F 1291-90(ASTM, 1998)에 의하여 한국 섬유개발연구원에서 씨털마네킨을 이용하여 풍속의 존재 하에서의 의복의 보온력을 측정하였다. 실험실의 환경조건은 온도 20±0.1°C, 상대습도 50±2%R.H.이었다. 풍속은 우리나라의 평균 풍속¹⁰⁾을 분석하여 이를 인공기후실에 설정하였으며 본 실험에서는 2.1±0.1°Cm/sec로 유지하였다. 씨털마네킨에 실험하고자 하는 의복을 입고 인공기후실 내 온도와 습도, 풍속이 일정하게 되고, 씨털마네킨의 피부온을 일정하게 유지하도록 공급되는 전력량이 일정하게 되면 1분 간격으로 30분간 씨털마네킨의 피부온, 기온, 소비된 전력량 등이 기록된다. 이 측정된 결과를 아래의 식에 대입하여 의복의 전체 보온력을 구하였다.

$$T_{wtd} = \frac{\sum (T_i \times A_i)}{\sum A_i} \text{-----}(4)$$

T_{wtd} = Weighted averaged temperature, °C

T_i = Zone temperature, °C

T_{amb} = Ambient temperature, °C

$$Q/A_{wtd} = \frac{\sum (Q/A_i \times A_i)}{\sum A_i} \text{-----}(5)$$

Q/A_i = Zone heat flux, W/m²

A_i = Zone surface area, m²

$$R_{wtd} = \frac{(T_{wtd} - T_{amb})}{Q/A_{wtd}} \text{-----}(6)$$

R_{wtd} = Weighted averaged thermal resistance, m² · °C/W

3) 의복의 보온력 감소

무풍 상태의 보온력 대비 풍속 존재 시의 보온력의 감소는 아래의 식과 같이 계산하였다.

$$\text{보온력 감소(\%)} = \frac{(\text{무풍 상태의 보온력} - \text{기류존재시의 보온력})}{\text{무풍 상태의 보온력}} \times 100$$

4) 자료분석

측정된 데이터는 SPSS WIN 15.0 통계프로그램을 사용하여 분석되었다. 무풍과 풍속 존재 하에서의 의복의 보온력 및 보온력 감소와 직물보온력, 직물중량, 의복중량, 직물두께, 직물의 투습성, 공기투과성 등의 인자들 사이의 상관성을 분석하기 위하여 Pearson의 적률상관계가, 의복보온력 및 의복의 보온력 감소를 추정하기 위하여 단순회귀분석이 실시되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 의복의 보온력 비교

써멀마네킨을 이용하여 정장류 6종, 자켓 9종, 셔츠 5종, 바지류 5종 등 총 25종 의복의 2.1m/sec 풍속 하에서의 의복의 보온력을 측정하였으며 이를 선행 연구에서 측정한 무풍 상태에서의 보온력과 비교하였으며 보온력의 감소(%)를 <표 2>에 나타내었다.

<표 2>에 따르면 총 25종의 의복의 2.1m/sec 풍속 하에서의 보온력은 0.40~2.19clo사이로 평균 0.79clo, 표준편차 0.41clo의 범위 내에 있었으며, 무풍상태에서의 의복보온력은 0.75~3.36clo사이로, 평균 1.27clo, 표준편차 0.59clo 범위 내에 있었다. 풍속 하에서의 의복의 보온력은 무풍상태에서의 의복의 보온력과 비교할 때 모든 의복 타입에서 보온력의 저하가 일어났다. 풍속이 존재 시에는 의복의 표면에서 풍속의 작용으로 대류가 활발하게 일어나고 있다. 따라서 의

<표 2> Thermal Resistance of Clothing and Physical Properties of Fabric

Type of Clothing	Sample no.	Fabric insulation(clo)	Clothing insulation(clo) in still air condition	Clothing insulation(clo) in dynamic air condition	Decrease of insulation(%)
Suits	W-1	0.55	1.05	0.61	41.90
	W-2	0.57	1.03	0.63	38.83
	W-3	0.56	0.99	0.58	41.41
	W-4	0.66	1.43	0.88	38.46
	W-5	0.73	1.44	0.87	39.58
	W-6	0.64	1.36	0.82	39.70
	Mean	0.62	1.22	0.73	39.98
	S.D.	0.07	1.21	0.14	1.31
	Jacket	J-1	1.65	3.36	2.19
J-2		2.03	2.06	1.57	23.79
J-3		1.32	1.67	1.10	34.13
J-4		1.89	1.17	0.79	32.47
J-5		1.15	1.13	0.77	31.85
J-6		0.64	0.92	0.55	40.22
J-7		2.16	1.50	1.03	31.33
J-8		1.89	2.01	1.18	41.29
J-9		2.18	2.05	1.21	40.98
Mean		1.66	1.76	1.15	34.54
S.D.	0.52	0.74	0.49	5.66	
Shirts	S-1	0.56	0.79	0.40	49.37
	S-2	0.72	0.89	0.49	44.94
	S-3	0.68	0.81	0.45	44.44
	S-4	0.76	0.91	0.44	51.65
	S-5	0.69	0.75	0.40	46.67
	Mean	0.68	0.83	0.44	47.41
	S.D.	0.07	0.07	0.04	3.05
Trousers	T-1	0.58	0.88	0.56	36.36
	T-2	0.58	0.86	0.54	37.20
	T-3	0.67	0.99	0.63	36.36
	T-4	0.51	0.86	0.51	40.69
	T-5	0.77	0.89	0.56	37.08
	Mean	0.62	0.90	0.56	37.54
	S.D.	0.10	0.05	0.05	1.62
Total	Mean	1.01	1.27	0.79	39.02
	S.D.	0.59	0.59	0.41	6.01

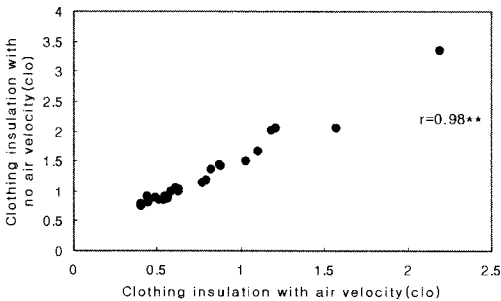
복층을 통해 방산된 열이 빠르게 찬공기와 대체되며 이는 다시 피복층과 피복층위의 대기 사이의 온도 차이를 크게 하여 열방산이 풍속이 존재하지 않을 때와 비교할 때 매우 빠르게 일어나므로 의복의 보온력은 감소한 것이다. 본 연구에서는 쾌적 보온성 소재의 풍속 존재 하의 보온력은 무풍상태에 비해 24.02%~52.20%의 감소를 보였으며 평균 39.02%의 감소정도를 보였다. 각 의류 타입별로는 셔츠류가 47.5%로 보온성 저하가 가장 크게 나타났으며 다음으로 슈트류 39.98%, 바지류 37.54%, 자켓류 34.54%의 순으로 나타났다. 이러한 결과는 셔츠의 경우, 직물의 두께가 얇아서 풍속으로 인한 대류의 침입이 다른 의복에 비해서 크므로 슈트류의 풍속 존재 시에 더 보온성의 저하가 큰 것으로 보인다.

순모소재의 양상블10)의 경우 1.27m/sec의 풍속 존재 시의 보온력은 무풍 시와 비교 시 25%~57%, 2.89m/sec에서는 49%~61%의 감소를 보이고 있다. 이와 비교하여 쾌적 보온성 의복의 보온력의 감소는 조금 적은 것으로 나타났으며 풍속이 증가할수록 보온력은 감소할 것으로 예상된다.

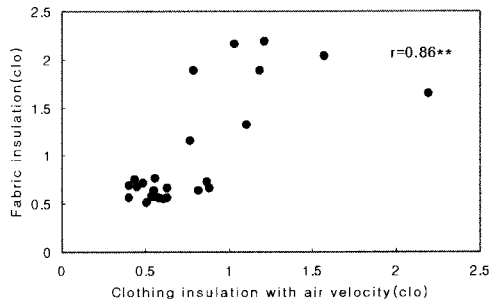
2. 풍속 존재 시 의복의 보온력과 인자들 사이의 상관관계

풍속 존재 시의 의복의 보온력과 각 인자들 사이의 상관계수를 <표 3>에 나타내었다.

무풍 시 의복보온력과 풍속 존재시의 의복보온력 사이에는 상관계수 0.98(p<0.01)로 매우 높은 정상관계를 보이고 있으며 풍속이 존재하여도 보온력은



<그림 1> Correlation of Clothing Insulation in Still Air Condition and Clothing Insulation in Dynamic Air Condition(**p<0.01)



<그림 2> Correlation of Clothing Insulation in Dynamic Air Condition and Fabric Insulation in Still Air Condition(**p<0.01)

<표 3> Correlation Coefficient between Clothing Insulation and Other Factors

	Clothing insulation with no wind	Clothing insulation with wind	Fabric insulation	Clothing weight	Fabric weight	Fabric thickness	Air permeability	Water vapor resistance
insulation with no wind	1.0	0.98**	0.85**	0.71**	0.73**	0.77**	-0.29	0.77**
Clothing insulation with wind	0.98**	1.0	0.86**	0.69**	0.69**	0.82**	-0.36	0.76**

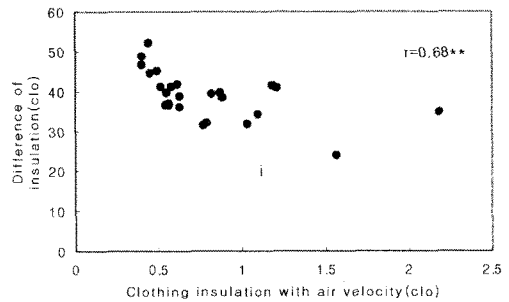
*p<0.05 **p<0.01

무풍시의 의복보온력과 정비례함을 알 수 있었다 (<그림 1> 참조). 무풍 시 의복보온력 다음으로 풍속 존재 시 의류의 보온력과 상관성이 가장 높은 인자는 무풍시의 의복보온력에서의 연구와 마찬가지로 직물보온력으로 나타났으며 상관계수 0.86(p<0.01)으로 매우 높은 정상관성을 보이고 있다(<그림 2> 참조). 다음으로 직물 두께, 투습저항, 의류 중량, 직물 중량의 순으로 나타났다. 특히, 풍속 하에서의 의복 보온력은 무풍 시의 보온력과 비교 할 때 직물의 중량과는 상관성이 감소한 반면 직물의 두께와는 상관성이 다소 증가함을 알 수 있다. 즉 풍속 존재 시의 의류보온력은 직물 및 의류의 중량 보다는 두께로부터 더 영향을 받으며 이는 풍속의 존재 시에는 직물의 두께가 두꺼울수록 의류내로 풍속이 침입하여 대류를 일으키기가 어렵기 때문인 것으로 여겨진다. 공기투과도는 보온성과 상관관계를 보이지 않았으며 풍속이 작을 시에는 직물의 통기성은 보온력에 큰 영향을 미치지 않으나 풍속이 커질수록 통기성이 적은 의복이 보온력이 커지며 상관성도 높아진다.

3. 의복의 보온력 감소율과 인자들 사이의 상관관계

기타 의복인자들과 무풍과 풍속 존재 시의 보온성 소재로 된 의복의 보온력 감소율 사이의 상관성을 살펴본 결과를 <표 4>에 나타내었다. 의복의 보온력 감소는 직물의 공기투과성과 상관계수 0.68(p<0.01)로 높은 정상관성을 보였으며(<그림 3> 참조) 그 외의 인자들과는 상관성이 높지 않았다. 즉 직물의 공기투과도가 높은 쾌적보온성 의복일수록 풍속이 존재 시 보온력은 더욱 더 감소됨을 의미한다. 이는 공기투과도가 높아지면 대류가 활발해지면서 열의 방

산이 촉진된 것으로 따라서 많은 선행연구들에서의 결과와 마찬가지로 바람의 속도가 높을수록 방풍성이 높은 직물을 사용하여 의복 내에 대류가 생기지 않도록 하는 것이 보온성 소재의 보온력을 높일 수 있는 방법이며 또한 본 연구에서 사용된 보온성 소재의 실제 환경에서의 보온력 개선을 위하여 공기투과성을 개선할 필요가 있다.



<그림 3> Correlation of Clothing Insulation in Dynamic Air Condition and Difference of Insulation

4. 무풍과 풍속 존재 시 인자들을 이용한 보온력의 예측력 비교

풍속 존재 시의 의복의 보온력과 상관성이 존재하지 않는 직물의 공기투과성을 제외한 무풍 시의 의복의 보온력, 직물의 보온력, 직물중량, 의복중량, 직물두께, 투습저항 등의 인자들을 활용하여 의복의 보온력을 예측하고 무풍과 풍속 존재 시의 인자들의 예측력을 비교하기 위한 각 인자들에 대한 회귀식 결과를 <표 5>에 나타내었다.

풍속 존재 시의 의복의 보온력은 무풍 시의 의복의 보온력에 의해 97%의 가장 높은 예측율을 보이고 있다. 또한 직물의 두께, 직물의 투습저항, 직물의

<표 4> Correlation Coefficient of Decrease Rate of Insulation and Factors

	Fabric insulation	Clothing weight	Fabric weight	Fabric thickness	Air permeability	Water vapor resistance
Decrease rate of insulation (%)	-0.53	-0.43*	-0.28	-0.50	0.68**	-0.38

*p<0.05 **p<0.01

〈표 5〉 Comparison of Regression Equations Estimating Clothing Insulation using Factors

	Clothing insulation with no air velocity			Clothing insulation with air velocity		
	Regression equation	F value	R ²	Regression equation	F value	R ²
Clothing insulation with no air velocity(A)				0.6880A - 0.0846	732.83**	0.97
Fabric insulation(B)	0.701A + 0.567	21.22**	0.48	0.510B + 0.278	21.29**	0.52
Fabric weight(C)	0.004B + 0.121	26.62**	0.54	0.002B + 0.034	20.73**	0.47
Clothing weight(D)	1.115C + 0.425	22.65**	0.50	0.762C + 0.212	20.86**	0.48
Fabric thickness(E)	0.028D + 1.057	34.29**	0.60	0.021D + 0.632	46.98**	0.67
Water vapor resistance(F)	0.014F + 0.860	33.08**	0.58	0.010E + 0.504	31.37**	0.58

*p<0.05 **p<0.01

〈표 6〉 Estimation of Decrease Rates of Clothing using Factors

Factors	Regression equation	F value	R ²
Clothing weight(E)	-6.864E + 44.211	5.15*	0.18
Air Permeability(G)	0.002G + 37.053	19.81**	0.46

*p<0.05 **p<0.01

보온성, 의류의 중량, 직물의 중량 순으로 예측율이 높았으며 이는 무풍시의 보온력에서와 같은 결과이다. 각각의 예측율은 67%, 58%, 52%, 48%, 47%인 것으로 나타났다. 무풍 시의 의복의 보온력에 비해 직물의 두께를 이용한 예측율은 높아졌으며 직물의 중량과 의복의 중량을 이용한 예측율은 감소하였다. 다른 인자들의 경우 예측율에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 풍속 존재 시의 의복의 보온력을 예측하기 가장 적합한 인자는 무풍 시 의복의 보온력과 직물의 두께인 것으로 보인다. 특히 직물의 두께는 측정이 용이하므로 무풍시의 보온력과 마찬가지로 풍속 존재 시 보온성 의복의 보온력의 주요한 지표가 될 수 있을 것으로 고려된다.

5. 인자들을 이용한 보온력 저하의 예측

의복의 보온력의 저하를 예측하기 위하여 상관성이 존재하는 의복중량, 공기투과성 인자들을 활용하여 각 인자들에 대한 회귀식 결과를 〈표 6〉에 나타

내었다.

풍속 존재 시의 의복의 보온력은 공기투과성에 의해 46%(p<0.01)의 가장 높은 예측율을 보이고 있으며 의복의 중량은 예측율 18%(p<0.05)로 그다지 높은 예측율을 보이지 않았다. 이는 풍속 하에서의 의복의 보온력과 인자들 사이의 상관성 분석에서와 같이 직물의 투과성은 보온성 저하와 가장 상관성이 높으며 가장 예측율이 높은 인자이다.

IV. 결론

선행연구에서는 쾌적성 보온 소재의 무풍 시 의복의 보온력과 인자들의 상관성과 관계를 분석한 바 있다. 본 연구에서는 이러한 선행연구에 대한 후속으로 풍속 하에서 의복의 보온력을 측정하여 국내 쾌적 보온성 소재의 온열특성에 대한 데이터 구축과 보온성측정기술의 객관화하고자 하였다. 선행연구에서와 마찬가지로 셔말마네킨을 이용하여 정장류 6종, 자켓 9종, 셔츠 5종, 바지류 5종 등 총 25종 의복의

2.1m/sec 풍속 하에서의 의복의 보온력을 측정하였으며 이를 선행 연구에서 측정한 무풍 상태에서의 보온력 및 기타 인자들의 값과 비교하였으며 분석결과는 다음과 같다.

1. 총 25종의 의복의 2.1m/sec 풍속 하에서의 보온력은 0.40~2.19clo사이로 평균 0.79clo, 표준편차 0.41clo의 범위 내에 있었으며 무풍 시의 의복의 보온력과 비교할 때 모든 의복 타입에서 보온력이 감소하였다. 셔츠류가 47.5%로 보온성 저하가 가장 크게 나타났으며 다음으로 슈트류 39.51%, 바지류 37.48%, 자켓류 34.49%의 순으로 나타났다.

2. 풍속 하의 의복의 보온력은 무풍 시의 의복의 보온력과 매우 높은 정상관성(0.98, $p<0.01$)을 보이며 다음으로 직물보온력과 매우 높은 정상관성(0.86, $p<0.01$)을 보이고 있다. 다음으로 직물 두께, 투습저항, 의류 중량, 직물 중량의 순으로 무풍 시의 보온력에서와 같은 결과를 보였다. 특히, 무풍 시의 보온력과 비교 할 때 직물의 중량과는 상관성이 감소한 반면 직물의 두께와는 상관성이 다소 증가하였다.

3. 의복의 보온력 감소는 직물의 공기투과성과 가장 높은 정상관성(0.68($p<0.01$))을 보였으며 그 외의 인자들과는 상관성이 높지 않았다.

4. 풍속 하의 의복의 보온력은 무풍 시의 의복의 보온력에 비해 직물의 두께를 이용한 예측율은 높아졌으며 직물의 중량과 의복의 중량을 이용한 예측율은 감소하였다. 다른 인자들의 경우 예측율에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다. 무풍시의 보온력과 마찬가지로 직물의 두께는 풍속 존재 시 보온성 의복의 보온력의 주요한 지표가 될 수 있을 것으로 고려된다.

5. 풍속 하의 의복의 보온력은 공기투과성에 의해 46%($p<0.01$)의 가장 높은 예측율을 보였으며 의복의 중량은 예측율 18%($p<0.05$)을 보이는 것으로 나타났다.

이 연구에서는 선행연구에 대한 후속으로 풍속 하에서의 쾌적 보온성 소재의 온열특성에 대한 기초 데이터를 구축하여 이를 무풍 시의 보온성과 비교하였으며 기타 인자들과의 상관관계를 분석하여 향후 보온성 의복개발에 도움이 될 것으로 기대된다. 그러나 이번 연구에서는 개별 의복 품목에서만 국한되고 다양한 풍속의 변화에 따른 의류 보온성에 대한

데이터가 부족한 것이 한계이며 향후에는 환경을 달리하거나(풍속의 존재), 직물의 밀도, 의복의 구성, 의복의 겹침, 공기층의 두께 등 다양한 인자들을 고려한 연구결과가 추가될 필요가 있으며 특히 개별 의복 품목으로 구성된 앙상블의 다양한 환경 하에서의 온열특성 뿐 만 아니라 인체 실험을 통한 쾌적성 평가 및 데이터베이스를 구축하고 써멀마네킨 실험을 통한 보온성 데이터와의 상관관계를 분석하여 실제 의생활에 적용하기 위한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

- 1) International Standard Organization (1984). *ISO7730 : Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specimen of the condition for thermal comfort*. ISO, Geneva.
- 2) International Standard Organization (1989). *ISO7933 : Hot environments-analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*. ISO, Geneva.
- 3) International Standard Organization (1991). *ISO9920 : Ergonomics of the thermal environment-estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*. ISO, Geneva.
- 4) American Society of Heating refrigerating and Air Conditioning Engineers (1992). *ANSI/ASHRAE55-1992: Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE Inc.
- 5) American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (1993). *ASHRAE Handbook of Fundamentals(SI) : Chapter 8*. Atlanta: ASHRAE Inc.
- 6) 최정화 (1977). 무풍안정시의 부인용 한복의 보온력에 관한 연구-동계 인체모형에 의한 실험. *한국의류학회지*, 1(1), pp.7-13.
- 7) Jeong-Wha, Choi, Eun-Sook Ko (2007). Relationship between thermal insulation and the combinations of Korean Women' clothing by season-using a thermal manikin. *Journal of the Korean Society of clothing and textiles*, 31(6), pp. 966-973.
- 8) 송민규, 전병익 (1996). 풍속변화에 따른 순모의류의 온열특성. *한국의류학회지*, 22(5), pp. 565-574.
- 9) 홍성애 (1997). 동적인 상태에서 실내복의 단열력에 영향을 미치는 직물 특성들. *한국생활환경학회지*, 4(2), pp. 45-62.
- 10) 전병익, 송민규 (1997). 인공기후실을 이용한 의류직물의 온열쾌적성에 관한 연구. 한국섬유개발연구원 연구보고서.