

의용소방대용 근무복 소재의 역학적 특성 및 쾌적성에 관한 연구

권명숙* · 심현섭** · 권진***

경희대학교 의상학과 강사* · 서울대학교 생활과학연구소 연구원** · 한국생산기술연구원 연구원***

A Study on the Mechanical and Comfort Performances of the Working Uniform for a Volunteer Fire Brigade Member

Myoungsook Kwon* · Huensup Shim** · Jin Kwon***

Instructor, Dept. of Clothing & Textiles, Kyunghee University*

Research Institute of Human Ecology, Seoul National University**

Research, Korea Institute of Industrial Technology***

(2006. 11. 1 투고)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate mechanical and comfort performances of the material for the improved working uniform for a volunteer fire brigade member, to get basic data for its evaluation and to help its material and design development. The results were as follows;

The material of the newly developed working uniform was thinner and lighter than the material of the currently used working uniform. It had better breathability, air permeability and heat transmission rate than the current one. It also had superior anti-flammability.

In all mechanical properties(tensile, bending, shearing, compression and surface properties), it showed better performances than the current one. It elongated and bended easier and more in both warp and weft directions. The elastic recovery and shape stability after elongation were also higher. The recovery and resistance to shearing and the resiliency and recovery after compression were also better than the current one. It was more flexible, softer and smoother in primary hand value, and was more suitable for the material for winter suit which needs softness and fullness in total hand value,

The material of the improved working uniform showed lower thermal insulation value and higher evaporative resistance value compared to the material of the currently used working uniform from the sweating thermal manikin test.

It was shown that the physical performances and the hand value of the textile material used in the newly developed working uniform for a volunteer fiber brigade member was improved compared to the one used in the currently used working uniform.

Key words: volunteer fire brigade(의용소방대), working uniforms(근무복), comfort(쾌적성), insulation(보온성), evaporative resistance(수분저항)

I. 서론

의용소방대는 화재경계근무, 화재진압, 화재홍보, 인명구조 구급, 교육훈련 등을 목적으로 하는 대원으로 구성원은 지역 주민 중 자원하는 사람으로 구성되어 있고, 민간인인 동시에 지역사회에서 화재가 발생했을 때 소방대원으로서 큰 역할을 담당한다¹⁾. 의용소방대는 지역사회에서 주민들의 생활 안정과 방화의식을 고취하고, 소방방재 행정의 보완적 기능을 담당하고 있다.

현재 우리나라의 소방복이 소방공무원 복제 규정에 의해 제작되고 착용되고 있는 반면 의용소방대복은 이에 대한 복제 규정이 정립되어 있지 않고 각 의용 소방대별로 개별적인 제복이 착용되어 왔다(소방기본법 37조 제7장). 2006년 들어와서 의용소방대 복장에 대한 조례의 표준안이 제작되었으며 기존 근무복 겸 기동복에 대한 규격이 규정되게 되었다.

2006년 제정된 시도 의용소방대 설치조례 표준안의 최종 개선복제 형상 규격에 따르면 기동복 동복의 재질 규격은 P/C를 제외한 모든 재질이 채택 가능하며 이 중 동복으로 폴리에스테르/양모 혼방소재가 소방방재청 권장재질로 규정되어 있다.

기존에 착용하고 있는 의용소방대 근무복 겸 기동복은 대부분 폴리에스테르/레이온 혼방 소재로 방염성이 전혀 없으므로 안전사고의 위험을 안고 있고, 통기 및 보온성이 낮아 사계절용으로 부적합하며, 뻣뻣하여 태가 좋지 못하며 오염도가 높은 등 소재 상의 문제가 있다. 또한 의복 치수가 신체 크기와 잘 맞지 않고, 의복 형태의 부적절성으로 인한 동작 효율 저하 및 착용 불편이 큰 것으로 보고되고 있다¹⁾.

의용소방대복은 평상시에는 활동성을 높일 수 있는 근무복으로, 화재 발생 시에는 보호 성능이 우수한 방화복으로의 이중적 기능을 보유하고 있어야 한다. 따라서 기존 소방복과는 다른 관점에서 소재의 선정과 디자인 개발이 필요하다.

소방관련 복장의 연구로 외국에서는 방수복, 방열복 등의 효율적인 소방작업을 위한 디자인, 기능

성 등에 관한 연구가 진행되었으며²⁾ 국내에서는 소방복 소재의 방수성, 방열성, 무게감 등의 성능개선³⁾과 착용현황, 만족도, 선호 디자인에 대한 연구⁴⁾와 착용실태 및 문제점 파악 등에 대한 연구⁵⁾가 진행되어 왔다. 그러나 의용소방대원복에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 선행 연구⁶⁾에서는 이미 의용소방대원들을 대상으로 착용 실태와 문제점을 조사 파악하고 다양한 의견을 수렴하여 의용소방대의 근무복에 필요한 동작 적응성, 신체 적합성, 장비 수납 용이성, 기능성 및 편리성과 맞춤새가 향상된 디자인을 개발하여 제시한 바 있으며 이는 2006년 제정된 시도 의용소방대 설치조례 표준안에 참고되었다.

양모소재는 소재 차체의 방염성으로 인하여 효율적인 소방기능을 할 수 있으므로 소방복 등에 사용하고자 하는 시도가 있었으며 이에 방염가공이 된 폴리에스테르/양모 혼방소재가 개선된 의용소방대복 설치조례 표준안의 권장재질로 규정되었다.

본 연구에서는 선행연구에 대한 후속 연구로서 폴리에스테르/레이온으로 이루어진 기존 의용소방대복과 설치조례 표준안의 권장재질로 규정되어 있는 방염가공된 폴리에스테르/양모 혼방소재로 이루어진 개선된 의용소방대복 소재의 물리적, 역학적 성능과 이들의 의용소방대원복의 쾌적성에 영향을 미치는 열적특성 및 수분특성을 비교하여 의용소방대복의 평가에 대한 기초 자료를 얻고 소재 및 디자인 개발에 도움을 주고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 소재의 특성

기존 의용소방대 근무복의 소재(Sample 1)와 개발된 의용소방대복 소재(Sample 2)의 혼용율, 조직, 밀도, 두께, 무게 등의 특성은 <표 1>에 비교하였다.

두께와 무게는 KS K 0506과 KS K 0514에 준하여 각각 측정하였다. 투습성은 KS K 0594, 염화칼슘법에 준하여 측정하였으며 단위는 $g/m^2 \cdot 24hr$ 이다. 공기투과도는 KS K 0570에 준하여 Frazier측정

〈표 1〉 소재의 특성

시료명	혼용율(%)	조직	밀도(올/5cm)	두께(mm)	무게(g/m ²)
Sample 1	폴리에스테르(67)/레이온(33)	2/1능직	경사 186.6 위사 102.6	0.51	299.6
Sample 2	양모(90.6)/폴리에스테르(9.4)	2/2능직	경사 180.4 위사 125.8	0.40	230.5
시험규격	KS K 0210	육안관찰법	KS K 0511	KS K 0506	KS K 0514

Sample 1: 기존 의용소방대복 소재

Sample 2: 개발 의용소방대복 소재

〈표 2〉 시험 방법

시험항목	규격	단위
투습성(g/m ² ·24hr)	KS K 0594	g/m ² ·24hr
공기투과도	KS K 0570	(cm ³ /min/cm ²)
방염성(잔염시간, 초)	KS K 0585	sec
방염성(탄화거리, cm)	KS K 0585	cm
열전도율(W/mK)	KS K 0466	W/m·K

도차와 단위 면적당의 열전달량을 나타내며 단위는 W/m·K 이다. (〈표 2〉 참조.)

2. 소재의 역학적 특성 평가

소재의 역학적 특성을 KES-FB System(Kawabata Evaluation System, Kato Tech. Co. Ltd., Japan)을 사용하여 〈표 3〉과 같이 역학적 특성치 6 가지를 표준조건하에서 측정하였다. 기본태값(Primary Hand Value, PHV)은 101W MEN'S WINTER SUIT 환식에 의해 Koshi, Numeri, Fukrami를 산출한 다음 이를 이용하여 KN101 WINTER의 변 환식에 의해 종합태(Total Hand Value, THV)를 산출하였다⁸⁾.

기를 이용하여 측정하였으며 시료를 통과한 공기의 양(cm³/min/cm²)으로 표시하며 시험 면적은 20cm², 적용 압력은 100pa로 취하였다. 방화도는 KS K 0585에 준하여 가열을 종료했을 때부터 시료에 불꽃이 지속되는 시간인 잔염시간과 탄화된 부분의 최대 길이를 측정하였다. 열전도율은 KS K 0466에 준하여 측정하였으며 이 경우 열전도율은 단위 온

〈표 3〉 태의 측정치와 측정조건

Properties	Symbols	Characteristics	Unit
Tensile	LT	Linearity of load-extension curve	-
	WT	Tensile energy	gf·cm/cm ²
	RT	Tensile resilience	%
	EMT	Extension at maximum load	%
Bending	B	Bending rigidity	gf·cm/cm ²
	2HB	Hysteresis of bending moment	gf·cm/cm
Shearing	G	Shear stiffness	gf/cm·deg
	2HG	Hysteresis of shear force at 0.5deg. of angle	gf/cm
	2HG5	Hysteresis of shear force at 5deg. of angle	gf/cm
Compression	LC	Linearity of compression thickness curve	-
	WC	Compressional energy	gf·cm/cm ²
	RC	Compression resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical roughness	μm
Weight & Thickness	W	Weight of specimen per unit area	mg/cm ²
	T	Thickness at 0.5gf/cm ² pressure	mm

3. 실험복 제작

선행연구에서는 의용대 근무복의 실험복(이하 실험복)은 설문 조사결과, 소방 공무원 복제 규정 중 소방대 기동복 관련 규정 및 소방복 관련 논문 결과 등을 종합하여 1차로 디자인 4종(원피스스타일 2종, 투피스스타일 2종)을 제시하였다. 그 중 2개의 디자인을 선정하여 제작(원피스 스타일 1종, 투피스 스타일 1종)하였고, 착용 평가와 외관 평가 결과에 의해 나타난 문제점을 반영하여 디자인 1종을 선정하였다⁷⁾. 본 연구에서는 시도 의용소방대 설치조례 표준안의 최종 개선복제 중 동복의 형상 규격에 따라 제작하였으며 제작된 시험복은 [그림 1]에 기존 의용소방대복과 같이 나타내었다.

4. 실험복의 열 및 수분 특성

1) 열전달 저항력

의복의 열전달 저항력을 측정하기 위하여 컴퓨터 컨트롤 써멀마네킨을 이용하여 인공기후실에서 실험하였다. 써멀마네킨은 한국인 표준 사이즈로 신장 170cm에 1.7m²의 체표면적을 갖고, 전체 표면이 20개의 온열 zone으로 나뉘어 각 zone에서 독립적인 제어와 측정이 가능하도록 설계되었다.

써멀마네킨을 이용한 의복의 열전달 저항력 측정은 ASTM F 1291-90(ASTM, 1998)에 제시된 방법에 따라 실시하였다. 실험실의 환경 조건은 온도 20°C, 상대습도 50% R.H.로 유지하였다. 이때 써멀마네킨은 러닝과 팬티, 양말을 착용한 후 실험복을 착용 시켰고 마네킨의 표면온도는 35°C로 유지시켰다. 의복의 열전달 저항력은 마네킨의 평균피부온도가 평형상태에 도달한 후 30분 동안 매 1분마다의 데이터를 평균하여 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Total Thermal Resistance}(R_t) = \frac{(T_s - T_a)}{Q/A} \text{----- (1)}$$

R_t = Total thermal resistance of clothing(m² · C/W)

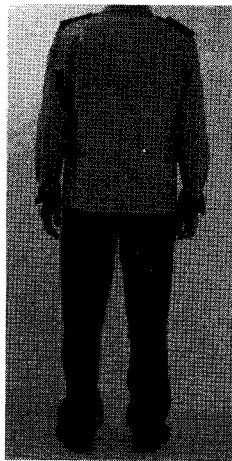
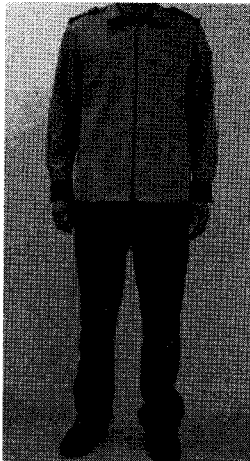
T_s = Mean surface temperature(°C)

T_a = Ambient air temperature(°C)

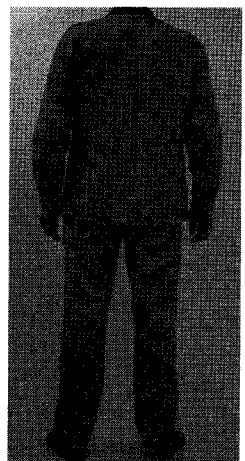
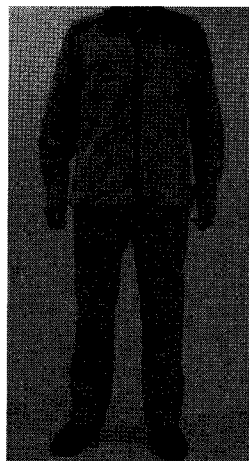
Q/A = Area weighted heat flux(W/m²)

2) 수분 증발 저항력

의복의 열전달 저항력 측정에 사용된 써멀마네킨



개선된 의용소방대복



기존 의용소방대복

<그림 1> 의용소방대복

을 이용하여 의복의 수분 증발 저항력을 측정하였다. 본 실험에 사용된 써멀마네킨은 표면에 일정한 속도로 증류수를 순환시킬 때 마네킨 피부 표면에 일정한 간격으로 분포되어 있는 134개의 발한샘을 통하여 피부 표면이 고르게 젖게 됨으로써 인체의 발한샘으로부터 땀이 발생하는 것을 시뮬레이트 하도록 제작되었다.

실험방법은 의복의 열전달 저항력 측정 시와 동일하나, 인공기후실의 환경온도를 인체의 평균 피부온도와 같게 유지시키고, 써멀마네킨 피부표면에 일정한 속도로 수분을 공급하여(300ml/hr) 표면이 고르게 젖었을 때 실험이 진행되는 점이 상이하다. 의복의 수분 증발 저항력은 마네킨 피부표면으로부터 의복시스템을 거쳐 환경으로 수분이 증발, 소비되는 열량을 소비전력량으로 측정하여 아래의 식을 이용하여 계산하였다. 써멀마네킨은 러닝과 팬티, 양말을 착용한 후 실험복을 착용하였으며, 실험환경은 온도 35°C, 상대습도 40%, 표면온도는 35°C를 유지하도록 하였다.

$$\text{Total Evaporative Resistance}(R_{et}) = \frac{(P_s - P_a)}{Q/A - [(T_s - T_a)/R_t]} \text{-----}(2)$$

R_{et} = Total evaporative resistance($\text{m}^2 \cdot \text{kPa}/\text{W}$)

P_a = Ambient vapor pressure at ambient temperature(Pa)

P_s = Saturation vapor pressure at surface temperature(Pa)

Q/A = Area weighted heat flux(W/m^2)

$[(T_s - T_a)/R_t]$ = Dry heat loss(W/m^2)

3) 의복내 기후

인공기후실에서 수분 증발 저항력 측정 시 마네킨과 의복 사이에 온, 습도 센서(TRXU, T&D Corporation, Japan)를 삽입하여 의복내의 온도와 습도의 변화를 측정하였다. 센서의 수는 1개이며 속

옷과 실험복 사이 가슴의 정중앙 부위에 부착하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소재의 물성 평가

각 소재의 물성 평가에 대한 결과는 <표 4>에 나타내었다. 개발 의용소방대복 소재(Sample 2)는 기존 의용소방대 소재(Sample 1)에 비해 얇고 가볍다. 이는 일반적으로 레이온소재는 비중이 양모소재에 비해 크고 개발 의용소방대복의 양모/폴리에스테르 혼방소재는 두께가 얇으므로 훨씬 무게가 적게 나타난 것으로 여겨진다.

투습성의 경우 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비하여 높으며 이는 양모소재의 흡습성이 높기 때문으로 고려되며 투습성이 높을수록 착용 시 발한을 효과적으로 배출시킬 수 있으므로 개발 의용소방대복 소재가 땀을 방출시키는 성능이 우수하다.

공기투과도의 경우 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 2배정도 높게 나타났다. 이는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 두께가 훨씬 적으며, 밀도는 크나 조직이 2/2능직으로 1/2능직에 비해 Cover factor가 작으므로 실 사이의 공간이 더 많아 공기투과성이 높게 나타난 것으로 여겨진다. 통기성은 피부로부터의 수증기의 증발, 피부로부터의 분비물이나 탄산가스, 기타 방산등과 외기의 수분, 열 등의 교환에 영향을 미치므로 적당한 통기성이 필요하다.

방염성의 경우 개발 의용소방대복 소재가 경, 위사 방향 모두 불꽃을 발생시키며 타지 않았으며 불에 탄 탄화거리 또한 기존 의용소방대복의 1/3 수준에 지나지 않으므로 방염성이 훨씬 더 크다고 할 수 있다. 이는 양모의 아미노산을 구성하는 질소원자 때문으로 양모는 불꽃을 제거하면 스스로 꺼지는 성질인 방염성이 우수하기 때문이다.

열전도율의 경우 개발 의용소방대복 소재의 열전도율이 개발 의용소방대복에 비해 높게 나타났다.

〈표 4〉 소재의 물성 평가

시험항목	Sample 1	Sample 2
투습성(g/m ² ·24hr)	7,944	8,640
공기투과도(cm ³ /min/cm ²)	153	301
방염성(잔염시간, 초)	경사 53.5, 위사 51.4	경사 0, 위사 0
방염성(탄화거리, cm)	경사 30, 위사 30	경사 13.9, 위사 10.9
열전도율(W/mK)	3.4 x 0.001	6.2 x 0.001

Sample 1: 기존 의용소방대복 소재

Sample 2: 개발 의용소방대복 소재

이는 양모 섬유는 고유의 권축이 있고 일반적으로 니트의 조직으로 사용되어 함기량이 높아져서 외부의 열을 신체에 잘 전달시키지 않아 보온성이 높아진다. 그러나 본 연구의 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재와 같은 능직의 구조로 두께가 작아서 열전도율이 높은 것으로 고려된다.

2. 소재의 역학적 성능 평가

두 소재의 역학적 성능 평가 결과는 〈표 5〉에 나타내었다.

1) 인장특성

인장특성은 외력에 의한 신장 및 회복에 관한 성질로 착용 시 형태안정성에 영향을 미치는 특성이다. 인장특성 중 선형도(LT)는 신장하기 위해 필요한 힘으로 경사방향으로는 두 소재의 차이가 나타나지 않으나 위사방향으로는 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재보다 크게 나타났다. 이는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 더 적은 힘으로 쉽게 인장되며 이는 착용을 용이하게 하면서 신장되는 피트성을 제공할 것을 의미한다.

인장회복도(RT)는 인장 후의 회복성을 의미하며 경사와 위사 방향 모두 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해서 크게 나타났다. 이는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 탄성회복성과 형태안정성이 더 높음을 의미한다.

소재의 신장률(EMT)에서는 경사와 위사 방향 모두 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 높게 나타났다. 이는 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 더 큰 신장성을 가지며 경,위사 방향으로 모두 적은 힘으로 더 쉽게 그리고 더 많이 신장되며 신장 후의 탄성회복성과 형태안정성은 더 높다고 할 수 있다.

2) 굽힘특성

굽힘특성은 인체곡면과의 융합정도를 나타내는 특성치이다. 굽힘강성(B)는 경사방향으로는 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재보다 높으며 위사방향으로는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재 보다 높게 나타났다. 굽힘이력(2HB)는 경사와 위사방향 모두 폴리/레이온과 개발 의용소방대복 소재보다 높게 나타났다. 굽힘강성과 굽힘이력이 작을수록 잘 굽혀지고 인체와 잘 융합되므로 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 동절기 의복소재로 더 적절한 것으로 예측할 수 있다.

3) 전단특성

전단특성은 시료의 한쪽을 일정 하중으로 고정하고 후 다른 한쪽에 각도를 주면서 신장시킨 외력에 대한 변형으로 굽힘특성과 함께 의복 착용 시의 외관, 형태, 착용감과 관계있는 특성치이다. 전단강성(G)는 굽힘강성에서와 마찬가지로 경사방향으로는 기존 의용소방대복 소재 개발 의용소방대복 소재에

비해 높으며, 위사방향으로는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 높았으나 그 차이는 크지 않았다. 전단이력(2HG)은 전단변형 시 변형 및 회복에 관한성질로 전단강성에서와 마찬가지로 경사방향으로는 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재에 비해 크며 위사방향으로는 차이가 나타나지 않았다. 즉 경사방향의 전단강성과 전단이력이 적은 개발 의용소방대복 소재는 변형에 대한 저항성 및 신축성이 좋으며 전단방향으로의 회복되지 않는 변화량이 작고 탄성력이 크다고 할 수 있다.

4) 표면특성

표면특성은 표면의 마찰특성인 마찰계수(MIU), 마찰계수의 평균편차(MMD)와 기하학적 요철에서 기인하는 거칠기(SMD) 등이 있으며 직물의 평활감과 관련되는 특성치로 이 값들이 낮을수록 매끄럽다. 마찰계수(MIU)는 경사와 위사 방향 모두 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재보다 높으며 표면거칠기(SMD)는 경사와 위사 방향 모두 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재보다 높으므로 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 매끄러운 표면을 가진다고

할 수 있다.

5) 압축변형

압축특성은 직물의 두께, 부피감과 관계있는 특성치이다. 압축변형에 필요한 에너지(WC)는 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재보다 높다. 압축에너지가 작을 수록 압축력이 좋으므로 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 압축력이 좋다. 압축회복도(RC)에서는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 높으므로 압축변형에 대한 회복성 또한 개발 의용소방대복 소재가 더 좋다고 할 수 있다.

6) 감각적평가치 평가

KOSHI, NUMERI, FUKURAMI와 종합태값은 <그림 2>에 나타내었다.

KOSHI는 Stiffness를 의미한다. KOSHI는 굽힘특성과 관련된 느낌으로 기존 의용소방대복 소재가 개발 의용소방대복 소재에 비해 높다. 즉 기존 의용소방대복 소재가 더 뻣뻣한 감촉을 줄을 알 수 있다. NUMERI(Smoothness)는 부드럽고 유연하고 부드러움이 혼합된 느낌으로 개발 의용소방대복 소재

<표 5> Mechanical Properties of Fabrics

Property	Sample 1		Sample 2		
	Warp	Weft	Warp	Weft	
Tensile	EMT	5.37	1.76	5.54	3.86
	LT	0.659	0.727	0.729	0.756
	WT	8.85	3.20	10.10	7.30
	RT	52.54	53.13	63.86	60.96
Bending	B	0.140	0.174	0.121	0.179
	2HB	0.0869	0.1251	0.0424	0.0657
Shear	G	1.42	1.34	1.28	1.45
	2HG	1.88	1.18	1.10	1.18
Surface	MIU	0.183	0.217	0.142	0.130
	MMD	0.0114	0.0162	0.0144	0.0211
	SMD	2.54	3.04	2.09	2.69
Compression	LC	0.332		0.296	
	WC	0.274		0.106	
	RC	49.64		54.72	

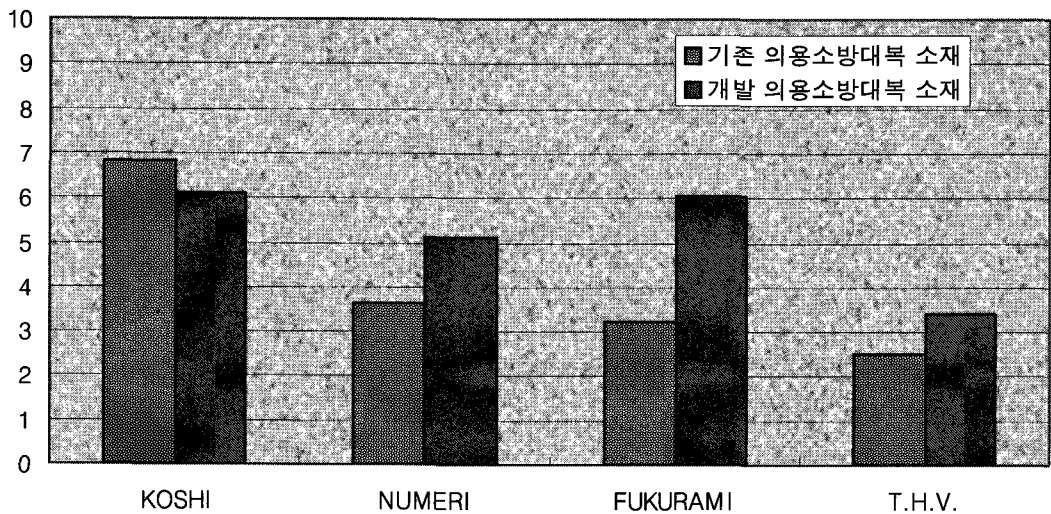
Sample 1: 기존 의용소방대복 소재

Sample 2: 개발 의용소방대복 소재

가 기존 의용소방대복 소재보다 크게 나타났으며 이는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 압축탄성이 풍부하고 포근한 느낌이 큰 것을 의미한다. FUKURAMI(Fullness and softness)는 부피감과 부드러움을 나타내는 것으로 표면의 거칠기 및 인장특성과 관련된 느낌으로 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 높았으며 즉, 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 더 매끄럽고 유연하다. 종합태값(THV)의 변환에서 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 THV값이 높았다. 따라서 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 부드럽고 유연함이 요구되는 동절기 의복으로 적당한 것으로 여겨진다.

을 것으로 기대되었다. 동일 소재로 의복을 제작하여 써멀 마네킨 테스트를 실시한 결과 개발 의용소방대복의 보온력(1.28clo)이 기존 의용소방대복의 보온력(1.34clo)에 비해 다소 낮은 값을 보였다.

보호복 특히 소방복의 경우 의복 시스템의 보온력이 높고, 작업 시 활동량이 많아 heat stress로 인한 문제가 꾸준히 제기되어 왔다. 그러나 의복의 열전달 저항력 측정만으로는 이러한 문제 해결을 위한 방안을 제시하는 데 제한적 정보를 제공하므로 수분증발 저항력 측정이 불가피하다. 따라서 Sweating thermal manikin을 이용하여 의복의 수분증발 저항력을 측정한 결과 개발 의용소방대복이 기존 의용소방대복보다 다소 높게 나타났다. 수분증발저항력은 의복 시스템에 대한 수증기의 투과



〈그림 2〉 기본태값과 종합태값

3. 실험복의 열 및 수분특성 평가

써멀마네킨을 이용하여 의복의 열 특성을 파악하기 위하여 의용소방대복의 보온력을 측정하였고 그 결과는 <표 6>에 제시하였다. 앞에서 소재의 물성 실험 결과, 개발 의용소방대복 소재의 경우 기존 의복보다 얇고 가벼우며, 공기투과도가 높고 열전도율이 높은 것으로 나타나 소재의 열전달 저항력이 낮

저항력으로 수분저항력이 클수록 수증기가 의복 시스템을 통과하기 어려움을 의미한다. 소재의 물성 평가 결과 개발 의용소방대복 소재의 경우 투습성이 높아 수분증발 저항력이 낮을 것으로 예상되었으나, 써멀마네킨 테스트에 의한 의복시스템의 수분증발 저항력 측정 결과 서로 다른 경향을 보인 것으로 나타났다. 이는 투습성과 수분증발 저항력이

<표 6> 의용소방대복의 열특성 및 수분 증발 저항력

시험항목	$R_t(m^2 \cdot C/W)$ lt(clo)	$R_{et}(m^2 \cdot kPa/W)$
기존 의용소방대복	0.207 1.34	0.056
개발 의용소방대복	0.198 1.28	0.060

<표 7> 의복내 온도와 습도

		온도 (°C)	습도 (%RH)
기존 의용소방대복	Dry Test	31.5	27.5
	Wet Test	34.0	80
개발 의용소방대복	Dry Test	31.5	28
	Wet Test	34.6	82

서로 정적인 상관관계를 보이지 않음을 의미한다. 또한 이는 의복 시스템의 경우 소재 자체의 물리적 성질보다는 의복의 디자인, 사이즈, 입는 방법, 겹쳐 입기 등 형태 및 착용 방법 등의 요인이 의복의 열 및 수분 전달 저항력에 더 큰 영향을 미치게 된다.

의복내 온·습도 측정 결과, 열전달 저항력 측정 시는 의복내 온습도가 두 의복 모두 동일하였으며 (<표 7>참조), 수분전달저항력 측정 시는 개발 의용소방대복의 경우 기존 의복에 비하여 약간 높은 경향을 확인할 수 있었다. 이는 수분증발저항력 결과와 같은 결과로 해석된다.

IV. 결론

본 연구에서는 선행연구에 대한 후속 연구로서 기존 의용소방대복과 설치조건 표준안의 권장재질로 규정되어 있는 방염 폴리에스테르/양모 혼방소재로 이루어진 개선된 의용소방대복의 각 소재의 물리적, 역학적 성능과 이들이 의용소방대원복의 쾌적성에 영향을 미치는 열적특성 및 수분특성을 비교하였다. 연구결과는 다음과 같다.

1. 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 얇고 가벼우며 투습성과 공기투과성이

높아 착용 시 발汗을 효과적으로 방출시키고 통기성이 우수하였다. 또한 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 방염성이 우수하였으며 열전도율이 높은 것으로 나타났다.

2. 인장특성 중 선형도(LT), 인장회복도(RT), 신장률(EMT)에서 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 더 큰 신장성을 가지며 경,위사 방향으로 모두 적은 힘으로 더 쉽게 그리고 더 많이 신장되며 신장 후의 탄성회복성과 형태안정성은 더 높았다.

굽힘특성 중 굽힘강성(B)과 굽힘이력(2HB)은 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 더 작으므로 잘 굽혀지고 인체와 잘 융합되므로 동절기 의복소재로 더 적합한 것으로 나타났다. 전단특성 중 경사방향의 전단강성(G)과 전단이력(2HG)이 적은 개발 의용소방대복 소재는 변형에 대한 저항성 및 신축성이 좋으며 전단방향으로 회복되지 않는 변화량이 작고 탄성력이 크게 나타났다.

표면특성에서는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재에 비해 매끄러운 표면을 가진 것으로 나타났다. 압축특성 중 압축변형 에너지(WC)와 압축회복도(RC)에서는 개발 의용소방대복 소재가 기존 의용소방대복 소재보다 압축력과 압축변형

에 대한 회복성이 좋은 것으로 나타났다.

3. 기본대값에서 기존 의용소방대복 소재가 더 뻣뻣한 감촉을 주며 개발 의용소방대복 소재는 더 부드럽고 유연한 느낌을 주는 것으로 나타났다. 종합 태에서는 개발 의용소방대복 소재는 기존 의용소방대복 소재에 비해 부드럽고 유연함이 요구되는 동절기 의복으로 적당한 것으로 나타났다.

4. 개발 의용소방대복의 보온력이 기존 의용소방대복의 보온력에 비해 다소 낮았으며 Sweating thermal manikin을 이용한 의복의 수분증발 저항력에서는 개발 의용소방대복이 기존 의용소방대복보다 다소 높게 나타났다.

5. 의복내 온도, 습도 측정 결과, 열 전달 저항력 측정 시는 의복내 온습도가 두 의복 모두 동일하였으며, 수분전달저항력 측정 시는 개발 의용소방대복의 경우 기존 의복에 비하여 약간 높은 경향을 보였다.

결과적으로 개발 의용소방대복 소재의 역학적, 물리적 성능은 기존 의용소방대복 소재에 비해 전체적으로 우수하나 의복의 착용 시 쾌적성은 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 의복의 열 및 수분 전달 저항력이 소재 자체의 물리적 성질보다는 의복의 디자인, 입는 방법, 겹쳐 입기 등 형태 및 착용 방법 등에 영향을 받는 것 때문인 것으로 사료되며 차후에 다시 의용소방대복의 복장 개선에 반영되어야 할 사항으로 고려된다.

본 연구에서는 기존 의용소방대복과의 비교 연구로서 디자인 개발에 따른 주관적 관능검사와 착용 시 온열생리학적 연구가 이루어지지 못한 한계점이 있다. 또한 기존 소방대원복과의 기능 및 역할에서의 체계적인 분류에 따른 연구 개발이 뒤따라야 하며 동복 뿐 만아니라 하복과 기타 부속 장비들에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1) 소방방재청, <http://www.nema.go.kr>.
 2) Huck, J. (1986). *Evaluation of protective clothing systems for structure fire fighting*. Ph.D. Dissertation, Kansas State University.

3) 김의경, 이미식 (1997). 한국 소방복 실태에 관한 연구. *한국의류학회지*, 21(1), pp. 93-103.
 4) 정정숙, 이연순 (1999). 한국 소방복의 착용 만족도 및 착용자 의견에 관한 조사 연구. *대한가정학회지*, 37(11), pp. 75-83.
 5) 이유진, 최혜선 (2004). 119 구조대원복의 기능성 향상을 위한 연구-서울 시내 119구조대를 중심으로-. *한국의류학회지*, 28(11), 1384-1394.
 6) 석혜정, 김인순, 권명숙, 배주형, 정기수, 양민재 (2006). 의용소방대의 근무복 개발에 관한 연구. *대한가정학회지*, 44(7).
 7) Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation(2nd Ed)*. Osaka: The Hand Evaluation and Standardization Committee.