

한국 소방대원 방수피복의 소재특성에 관한 비교 연구

A Study on the Textile for Protective Clothing of Fire Fighters

진주전문대학 가정복지과

교수 정 정 숙

영남대학교 의류학과

교수 이 연 순

Dept. of Family Welfare, Jinju College

Professor : Jeong-Sook, Jeong

Dept. of Clothing and Textiles, Yeungnam University

Professor : Youn-Soon, Lee

● 목 차 ●

I. 서 론

II. 이론적 배경

III. 연구결과 및 고찰

IV. 결론 및 제언

참고문헌

<Abstract>

The following research conclusions were made, relative to the experiments of the textiles of fire fighters Protective Clothing.

1. When the body protection efficiency such as the thickness, the strength and heat resistance are considered, Nomex(N) is turned out the best outer shell, Gore-tex(KG) the best moisture barrier, and Wool-felt(WC) the best thermal barrier.
2. In the hygienic and sanitary efficiency also, N is turned out the best outer shell, KG the best moisture barrier, and WC the best thermal barrier in its degree of water resistance, water vapour permeability, and air permeability.
3. In the washing and maintenance efficiency, too. N is turned out the best outer shell, KG the best moisture barrier, and WC the best thermal barrier, being considered the material's rate of contraction, the changing rate of frame resistance, water resistance, and water vapour permeability.
4. When considered the frame resistance against the reflection tape and reflection efficiency, O is the best material for it marks the highest score in the frame resistance and reflective effect.

주제어(Key Words): 소재(textiles), 방수복(방호복, Protective Clothing), 소방대원(fire fighters)

I. 서론

모든 피복에 있어서 소재의 특성은 피복의 기능, 역할을 크게 좌우하므로 디자인(형태)과 더불어 중요한 구성요소가 된다. 특히 화재 현장에서 착용되는 소방방수복은 작업자의 안전과 작업의 효율상 매우 중요한 역할을 하는데 비해 현재 사용되거나 시중에 공급되고 있는 소방방수복의 소재 종류는 극히 제한적이고 '소방복의 착용실태조사' 등(정정숙 외, 1998, 1999)의 선행연구에서 재질에 대한 높은 불만족도와 대원들의 생명을 앗아간 위협적인 보도들로 이에 대한 개선이 소방행정부에서 조차 시급히 거론되고 있다.

이에 현재 사용되고 있거나 시중에 공급 중인 소재들의 성능을 비교, 검토하므로 그 실태를 파악하고 개선자료로 삼고자 하는 것은 매우 의의있는 일이라 생각한다. 화재현장은 고온다습하면서 외부충격과 다양한 오염물질로 인해 대원들의 신체보호성능, 고열환경에서의 열적 스트레스와 격렬한 동작에 따라 과잉 생산되는 땀, 체열의 흡수 및 방산 등을 위해 보건위생성능, 작업시 방수복에 부착된 오염물 제거 등을 위해 세탁, 관리성능, 야간작업시 대원들의 안전을 위해 가시성능(可視性能) 등이 요구된다. 소방보호복이란 대원들의 안전을 위한 특수방호복을 말하므로 일반의복과는 달리 행정자치부령에 의해 소방공무원 복제규칙이 제정, 착용되고 있으며 검정기술기준에 의해 검정되고 있고 외국의 경우는 연구 또한 활발히 진행(James R. Lawson, 1997; Zerey Faff and Tadeuse Tutak, 1989; 消防研究室, 1993; 岸田順次 외, 1995; 小林幹男외, 1996; 岸田順次외, 1996)되고 있는데 비해 국내에서는 김에 의한 소방복의 실태조사 등이 있을 뿐 극히 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 현행 소방방수복 소재를 타 소재들과 비교하여 그 문제점을 파악하기 위하여 방수복을 구성하는 겹감, 안감, 내피에 사용된 소재를 대상으로 신체보호성능, 보건위생성능, 세탁 및 관리성능, 가시(可視)성능에 대해 선행연구 결과를 바탕으로 실험을 통해 조사, 분석하였다.

II. 연구방법

1. 실험용 소재

진화작업을 위해 착용하는 소방방수복 직물로 적합한 소재를 선정하기 위하여 소방복 제조회사 및 직물회사 제품의 겹감 6종, 안감 4종, 내피 3종에 대해 소방방수복에 요구되어지는 성능을 중심으로 그 특성을 비교, 검토하였다. 겹감, 안감 및 내피의 기본물성은 KS K 0210, 0415로 측정하였고 결과는 <표 1>과 같다.

2. 실험방법

한국의 복제와 미국의 NFPA 규정에 관련된 성능을 중심으로 신체보호성능은 소재의 종류에 따라 두께, 인장, 인열강도, 연소성을, 보건위생성능은 무게, 발수도, 내수도, 투습도, 공기투과도를, 세탁, 관리성능은 세탁 전후의 수축률, 연소성, 발수성, 내수성, 투습성을, 가시성능은 반사성능을 <표 2>와 같이 측정하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 신체보호성능

소방방수복 겹감, 안감, 내피 소재의 종류에 따른 신체보호성능을 측정한 결과는 <표 3>과 같다.

1) 두께

겹감 C2, N은 0.6mm 이상으로 가장 두터웠고 현재 사용되고 있는 간부용 C1과 대원용 VP는 0.42, 0.44mm로 중간 정도였으며 KC는 가장 얇게 나타났다. 김의 연구에서는 대원용 VP가 0.36mm로 나타났으나 본 실험에서 0.44mm로 좀 더 두껍게 나타난 것은 겹감 이면에 방수용 네오프렌 도포의 두께에 의한 차라고 생각된다. 안감 KG는 0.66mm로 가장 두터웠고, 현행 NR, NH 순이며 PR은 0.11mm로 가장 얇는데 이는 복제규정(법제처, 1995)의 '0.15mm

〈표 1〉 소방방수복 소재의 기본물성

종 류	물 성	섬유명 ^a (%)	조직	번호 ^b		비 고
				경 사	위 사	
겉감	C1	Cotton 100	능직	18.7' s	18.4' s	현행 간부용 소재
	C2	Cotton 100	능직	7.9' s	7.3' s	
	C3	Cotton 100	능직	20.6' s/2	19.6' s/2	
	VP	Vinylon 70.5, Polynosic rayon 29.5	평직	31.7' s	31.1' s	현행 대원용 소재
	KC	Aramid(Kevlar) 50, 탄소섬유 50	평직	25.9' s/2	21.8' s/2	소재 개발 중
	N	Aramid(Nomex) 100	평직	17.4' s/2	17.8' s/2	
안감	NR	Nylon 100 / 고무포	평직	70D	70D	현행 안감용
	NH	Nylon 100 / HI-pora	평직	70D	70D	
	PR	Polyester 100 / 고무포	능직	77.4D	79.2D	
	KG	Aramid(Kevlar) 100 / Gore-tex	부직포	-	-	
내피	WN	Wool 58.6, Nylon 40, 기타 1.4	부직포	-	현행 내피용	
	WC	Wool 100, Cotton 100	부직포, 편직	-	-	
	PC	Polyester 66.1, Cotton 33.9	평직	24' s	23.5' s/2	

a KS K 0210

b KS K 0415

〈표 2〉 시료의 특성별 실험방법

특 성	성 능	실험방법	비 고	
신체 보호 성능	두께	KS K 0506	복제에 안감의 두께가 규정되어 있으므로 측정	
	인장강도	KS K 0520	한국 복제규정에는 봉사를 위한 인장강도가 규정	
	인열강도	KS K 0536	미국의 NFPA의 기준에는 인열강도가 겉감, 안감, 내피에 모두 규정	
	연소성	KS K 0585	한국과 미국 모두 연소성에 대하여 규정하고 있으므로 연소성능으로 잔염시간, 잔진시간, 탄화거리, 탄화면적을 수직법으로 측정	
보건 위생 성능	무게	KS K 0514	가벼운 방수복을 위해 겉감과 안감직물에 규정되므로 측정	
	발수도	KS K 0590	겉감용의 발수효과를 알아보기 위해 발수도를 스프레이법으로 측정	
	내수도	KS K 0591	복제에 의하면 안감용 방수직물에 내수도가 규정되어 있으나 겉감 또한 내수기능이 요구되므로 저수압법으로 측정	
	투습도	KS K 0594	미국의 경우 안감용으로 투습방수직물의 사용이 급증하고 있으므로 개선을 위한 자료를 얻고자 측정	
	공기투과도	KS K 0570	소방대원들의 진화작업 중 답답함을 덜어주기 위하여 공기투과가 필요하고 그를 위하여 개발이 필요한 시점이므로 1mm노즐의 프라지어법으로 측정	
세탁, 관리 성능	수축률	AATCC 135	방수복은 진화작업 후 대부분 세탁하게 되는데 성능 저하가 우려되므로 세탁 후 형태안정을 위해 측정	
	세탁후 성능 변화를	연소성	AATCC 135	세탁후 성능저하의 정도를 알아보기 위해 측정
		발수도		
가시 성능	투습도			
가시 성능	반사성능	KS A 3507	진화작업에서 당할 수 있는 위험을 막기 위하여 가시성이 요구되므로 반사 테이프의 반사성능을 측정	

〈표 3〉 소방방수복 소재의 신체보호성능

소재	특 성	두께 (mm)	인장강도(kgf)		인열강도(kgf)		연소성				비 고
			경사	위사	경사	위사	잔염시간(sec)	잔진시간(sec)	탄화거리(cm)	탄화면적(cm ²)	
겉감	C1	0.42	662	31.8	3.1	4.3	15.5	0.28	25.0	367.6	면(현행 간부용)
	C2	0.71	78.3	38.6	6.0	6.5	55.0	72.5	25.0	367.6	면
	C3	0.50	79.3	37.9	3.2	2.9	1.0	1.0	4.3	9.2	면
	VP	0.44	79.9	42.1	3.7	3.5	9.6	9.6	19.5	32.9	비닐론(현 대원용)
	KC	0.39	83.4	77.7	7.1	8.2	0	0	0	0	케블라(개발 중)
	N	0.64	139.9	129.2	6.5	8.1	0	0	2.0	1.3	노맥스
안감	NR	0.27	101.3	97.4	2.0	1.7	39.0	39.0	25.0	367.6	고무포(현 안감용)
	NH	0.24	92.8	95.1	2.2	1.7	95.0	95.0	25.0	367.6	하이포라
	PR	0.11	73.4	46.6	2.3	2.5	84.0	84.0	24.5	339.7	고무포
	KG	0.66	74.7		3.5		0	0	5.6	1.39	고어텍스
내피	WN	1.08	52.7	32.1	3.7	6.0	1.0	1.0	5.5	12.7	방모직(현 내피용)
	WC	1.63	63.8		9.1		1.0	1.0	2.5	2.7	양모펠트
	PC	0.62	76.2	99.1	0.4	0.8	91.0	119.0	24.5	308.0	폴리에스테르

이상' 보다 얇은 것으로 나타났다. 내피 WC는 1.63mm로 가장 두터웠으며 현행 WN, PC 순이었다.

2) 인장강도

대부분의 시료에서 경위사의 인장강도는 비슷하게 나타났다. 겉감 N은 경사가 139.9kgf, 위사가 129.2kgf로 월등히 높았으며 KC, 간부용 C1 순으로 낮게 나타났고 안감은 현행 NR소재가 101.3, 97.4kgf로 가장 높았고, 나머지 소재들은 다소 낮았다. 내피는 PC가 76.2, 99.1kgf로 가장 높았으며 WC, 현행 WN 순으로 낮게 나타났다. 인장강도는 겉감에서 N, 안감에서 NR, 내피에서 PC가 가장 높게 나타났는데 진화작업시 외력에 의한 하중이 가해질 경우를 대비하여 방수복은 인장강도가 높은 것이 요구된다. 그러나 한국의 소방복제에는 재봉사에 대한 규정은 있으나 소재에 대한 규정이 없으므로 이에 대한 검토가 요구된다고 본다.

3) 인열강도

겉감 KC는 경사 7.1kgf, 위사 8.2kgf, N소재는 경사 6.5kgf, 위사 8.1kgf로 높게 나타났으며 C2, 간부용

C1, C3, 대원용 VP 순으로 낮았다. 안감은 KG가 3.5kgf로 가장 높았고, 다른 소재는 2.0-2.3kgf로 비슷하였으며 내피는 WC가 9.1kgf로 월등히 높았고 WC가 0.4-0.8kgf로 가장 낮게 나타났다. 진화작업시 화재로 파손된 물질들과 좁은 통로를 기어 들어가는 등의 작업동작으로 이물질에 걸려 방수복이 찢어진다면 착용자의 신체를 위해할 우려가 있으므로 미국의 경우는 겉감, 안감, 내피에 각각 인열강도를 규정하여 의복의 찢어짐에 대비하고 있는데 비해 한국의 소방복제에는 인열강도에 대한 규정이 없어 피복의 찢김으로 인한 착용자의 신체보호에 어려움이 있을 것으로 생각된다.

4) 연소성

겉감 KC, N은 잔염, 잔진시간, 탄화거리, 탄화면적에서 거의 0으로 나타나 뛰어난 방염성을 가진 것을 알 수 있으며 대원용 VP, 간부용 C1소재는 복제규정에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 안감 KG는 잔염, 잔진시간이 0으로 방염성이 매우 높은 것으로 나타났으나, 현행 NR소재는 낮게 나타났다. 내피는 현행 WN과 WC가 잔염, 잔진시간이 1초 정

도로 방염성이 우수하였는데 PC는 잔염시간 91.0초, 잔진시간 119.0초, 탄화거리 24.5cm, 탄화면적 308.0cm²으로 방염성이 매우 좋지 않았다.

진화작업은 불에 인접하여 행하게 되므로 착용자의 안전을 위해 소방방수복의 방염성이 절실히 요구된다. 미국의 NFPA에 의하면 걸감, 안감, 내피, 반사테이프와 소방장비 등에 대해 '잔염, 잔진시간 2초 이내, 탄화거리 10cm 이내'로 규정하여 소방대원들의 열적 스트레스 감소와 안전에 대비하고 있다. 그러나 한국은 걸감의 방염성만 '잔염, 잔진시간이 5초 이내, 탄화거리가 20cm 이내'로 규정되어 있어 미국에 비해 규제 정도가 미약하며 안감, 내피 및 재봉사 등은 규정조차 없어 이들에 대한 검토가 요망된다. 특히 국내에서는 가공처리로 방염성을 부여한 소재들이 널리 사용되고 있어 세탁, 마찰, 연소 등 방수복의 노후상태에 따라 효과는 더욱 줄어들 수 있으므로 소재 자체가 고유의 방염성을 가지는 것이 바람직한데 유리, 석면 등의 불연성섬유는 내마모성이 낮고 흡입시 위험하므로 의복에는 거의 적용되지 않고 섬유 자체가 고유의 내연성을 지닌 N소재(Nomex), KC소재(Kevlar)와 같은 Aramid계 섬유가 활발히 개발되고 있으나 가격이 고가인 관계

로 이에 대한 연구가 필요하다고 본다.

2. 보건위생성능

소방방수복 소재에 따른 보건위생성능을 비교, 고찰하기 위해 무게, 발수도, 내수도, 투습도, 공기투과도를 측정 한 결과는 <표 4>와 같다.

1) 무게

걸감의 무게는 KC, VP, C1, N소재가 200~250g/m² 정도로 나타났으며 C2, C3소재가 330g/m² 정도로 무겁게 나타났다. 안감은 PR, NH, KG소재에 비해 현행 안감 NR소재가 241.1g/m²로 월등히 무겁게 나타났는데 NR(고무포)소재는 걸감과 내피에 각각 붙어 2겹으로 사용되므로 무게는 배로 증가하게 된다. 내피 PC소재는 217.5 g/m²로 가장 가볍게 나타났다. 피복의 무게는 신체 부위를 압박하거나 활동성을 구속하므로 작업효율을 저하시키고, 작업자를 쉽게 피로하게 만들므로 물과 함께 사투를 벌여야 하는 대원들의 의복에 의한 하중감소가 절실히 요구된다고 본다.

<표 4> 소방방수복 소재의 보건위생성능

종류	물성	무게(g/m ²)	발수도(접수)	내수도(cm)	투습도(g/m ² /h)	공기투과도(cm ³ /cm ² /sec)	비고
걸감	C1	245.5	50	40.4	102	0	면(현행 간부용)
	C2	375.5	80	17.0	268	3.6	면
	C3	335.1	0	2.0	280	6.3	면
	VP	210.6	50	17.0	122	1.7	비닐론(현 대원용)
	KC	200.0	0	4.3	-	9.4	케블라(개발 중)
	N	255.1	100	17.8	230	29.1	노멕스
안감	NR	241.1	50	750.0	2	0	고무포(현 안감용)
	NH	134.3	100	356.3	244	0	하이포라
	PR	78.8	50	28.3	116	0.1	고무포
	KG	140.3	50	750.0	165	0	고어텍스
내피	WN	324.3	50	-	233	39.7	방모직(현 내피용)
	WC	328.3	50	-	263	112.3	양모펠트
	PC	217.5	50	-	262	29.9	폴리에스테르

2) 발수도

겉감 N소재는 발수도 100점으로 매우 우수한 발수성을 가졌으나 현행 간부용 C1과 대원용 VP는 50점으로 중정도이며 C3, KC소재는 거의 발수성이 없는 것으로 나타났다. 안감 NH는 100점으로 나타났으나 NR, PR, KG소재는 50점으로 나타났고 내피소재도 모두 50점으로 나타났다.

진화작업시에는 대개 살수(撒水)로 인하여 피복이 물을 흡수하므로 재질도 뻣뻣해져 활동성은 낮아지고 체온저하를 일으키게 되며 동절기에는 방수복에 흡수된 물이 얼게 되어 동상 등으로 피해가 심각하게 된다. 방수복은 겉감, 안감, 내피로 이루어져 있는데, 겉감에 흡수된 수분은 증발하면서 체열을 방출할 수 있어 고무코팅이 된 방수복 보다 땀이 적게 난다고는 하나 겉감의 발수도가 좋치 못하면 흡수된 수분으로 하중이 증가되어 동작에 따른 에너지가 과도하게 소모되므로 겉감은 발수도가 높아 물을 튀겨내고 안감은 습기장벽으로 물을 차단하는 시스템이 바람직하다고 본다.

3) 내수도

겉감의 내수도는 간부용 C1소재가 40.4cm로 가장 높고 C3, KC소재가 낮게 나타났으며 안감은 NR, KG소재가 750cm로 월등히 높았고 PR소재가 28cm 정도로 가장 낮게 나타났다. 물의 흡수는 열의 유입, 소방복의 무게 증가, 체온 발산으로 인한 장애 등을 유발시키므로, 이를 방지하기 위해 방수복 안감이 습기장벽으로서의 역할을 해야 하는데 현행 NR소재는 KG와 함께 높은 내수도를 가지고 있는 것으로 나타났다.

4) 투습도

겉감 중 KC소재는 Kevlar와 탄화섬유의 혼방직물로 실험을 위한 규격으로 절단하기가 거의 불가능하여 투습도를 측정하지 못하였으나 측정 시료 중에는 C2, C3, N소재가 230~280g/m²h로 높게 나타났으며, 간부용 C1소재, 대원용 VP소재가 100g/m²h로 낮았다. 안감 NH는 투습도가 높았는데 이는 투습방수가 좋은 하이포라섬유이기 때문이며 현행 NR소

재는 2g/m²h로 가장 낮게 나타났다. 내피는 WC, PC소재가 263g/m²h 정도로 높았고 현행 WN소재가 낮게 나타났다.

한국의 방수복은 간부용, 대원용 겉감 C1, VP소재의 이면에 네오프렌(neoprene)을 코팅하고 있으며 안감은 NR소재인 고무포를 사용하므로 내수효과는 기대할 수 있으나 투습도가 낮아 수증기나 땀의 발산이 거의 일어나지 못하므로 대원들의 열적 스트레스가 클 것으로 생각된다. 투습방수직물의 사용은 외국의 경우 Gore-Tex, Cross-Tech, Vapro, Breathe-Tex 등 통기성 소재를 사용하므로 가볍고, 시원하여 화상 등 상해를 줄일 수 있으므로 투습방수포의 사용이 권장된다.

5) 공기투과도

겉감 N은 29.13 cm³/cm²/sec로 다른 겉감 소재에 비해 높은 공기투과도를 가졌으며 KC, C3 순으로 나타났고 안감의 대부분은 0에 가까워 공기투과가 거의 되지 않는 것으로 나타났다. 내피 WC는 112.3cm³/cm²/sec로 월등히 높은 공기투과도를 가졌으며 WN, PC소재는 매우 낮게 나타났다.

3. 세탁, 관리성능

소방방수복의 세탁, 관리로 인한 형태안정성 및 열적성능의 변화를 알아보기 위해 세탁 전후의 수축, 변화율을 산출한 결과를 <표 5>에 나타내었다.

1) 세탁 전후의 수축률

겉감은 경위사 모두 KC, C3, N소재가 낮은 수축률을 보였고 대원용 VP, 간부용 C1, C2 순으로 나타났는데, VP소재는 수축률은 낮으나, 경위사의 수축률에 차이가 있으므로 세탁에 의해 형태의 일그러짐이 예상된다. 안감은 대체로 수축률이 낮게 나타났으며 내피는 PC가 안정적이고, WC와 WN은 약간 수축하는 것으로 나타났다. 세탁에 의한 수축률은 대체로 낮게 나타났지만, 다양한 오염을 제거하면서 형태안정을 도모하기 위해서는 물세탁과 더불어 드라이클리닝 세탁법도 고려하는 것이 효과적

〈표 5〉 소방방수복 소재의 세탁 전후 성능 변화율 (%)

종 류	물 성	수축률*		연소성 변화율**				비 고
		경사	위사	잔염시간	잔진시간	탄화거리	탄화면적	
겉감	C1	49	04	47.9	831.3	0	0	면(현행 간부용)
	C2	7.3	-0.1	145.5	155.2	0	0	면
	C3	1.7	0.8	1900	3400	148.8	77.8	면
	VP	2.7	-2.5	47.9	47.9	-61.5	-53.8	비닐론(현 대원용)
	KC	1.3	0.4	0	0	0	0	케블라(개발 중)
	N	1.7	1.0	0	0	0	92.3	노멕스
안감	NR	0.9	0.7	2.6	2.6	0	0	고무포(현 안감용)
	NH	2.4	1.6	-32.8	-32.8	0	0	하이포라
	PR	0.4	-0.4	-41.7	-41.7	2.0	8.2	고무포
	KG	0.8	0.9	0	0	10.7	81.3	고어텍스
내피	WN	2.4	9.4	0	0	-45.5	-70.1	방모직(현 내피용)
	WC	2.3	2.0	0	0	20	29.6	양모펠트
	PC	0.4	0.8	-28.1	-41.2	2.0	19.4	폴리에스테르

*수축률(%) = ((세탁 후의 길이-세탁 전의 길이) / 세탁 전의 길이)×100

**변화율(%) = ((세탁 후의 계측치-세탁 전의 계측치) / 세탁 전의 계측치)×100

이라 생각된다.

2) 세탁 전후의 연소성 변화율

세탁 후 연소성은 겉감 KC, N이 변화가 적었으며, 현행 간부용 C1과 대원용 VP는 약 50% 정도 성능이 저하되었다. 안감 KG는 큰 변화가 없었고, 내피 WN, WC도 변화율은 낮았다. 그러나 한달 평균 60여회에 달하는 화재진압 출동에 따른 세탁횟수와 누적되는 오염의 양은 심한 성능저하를 초래할 것으로 우려된다.

4. 반사테이프의 연소성 및 가시성

소방방수복에 부착되는 반사테이프의 방염성과 가시성을 비교해 보기 위해 연소성 및 반사성능을 측정 한 결과는 〈표 6〉과 같다.

연소성에 있어서 반사테이프의 소재별 잔염, 잔진 시간은 O, P, Q가 10~26sec로 짧았으며 현행 N은 잔염시간이 65sec, 잔진시간이 124sec로 길었다. 탄화 거리는 O가 가장 짧고 현행 N, P, R소재가 3배 정도 길게 나타났다. 탄화면적도 O, Q는 15~24cm²

〈표 6〉 반사테이프의 종류에 따른 연소성 및 반사성능

실험 시료	연소성				반사성능(cd/Lux.m ²)				비 고
	잔염시간 (sec)	잔진시간 (sec)	탄화거리 (cm)	탄화면적 (cm ²)	관측각 0.2°		관측각 0.5°		
					입사각 -4°	입사각 30°	입사각 -4°	입사각 30°	
N	65	124	25.0	107.7	224.3	220.7	153.7	149.7	현행 사용
O	20	20	8.5	23.7	528.0	464.1	400.8	347.3	
P	10	10	25.0	110.0	41.8	21.9	33.0	16.6	
Q	26	26	18.0	14.9	32.9	12.4	24.5	9.2	
R	100	100	25.0	367.0	10.0	6.8	7.8	5.3	반사직물

정도였으며 현행 N, P는 100cm² 이상으로 넓게 나타났고 R소재는 시료전체가 거의 타버렸다. 한국의 복제에는 반사테이프의 반사성능만 규정되어 있는데 비해 미국은 반사성능 뿐만이 아니라 방염성과 열수축 저항도가 함께 규정되어 방수복 겉감에 불이 붙었을 때를 대비하고 있는데 불을 다루는 의복의 부착물은 대원들의 안전을 생각하여 연소성 규정을 첨가하여야 할 것으로 생각된다.

반사성능은 관측각 0.2°에서 O소재가 528, 464.1cd/Lux.m²로 가장 우수하였으며 현행 N이 절반 정도로 나타났고 R은 10cd/Lux.m²로 낮았다. 복제규정의 30 cd/Lux.m²를 초과하는 시료는 현행 N과 O이지만 O소재가 2배 이상의 좋은 반사성능을 나타내었다. 한국의 반사테이프는 4.5cm(1.75 in.) 폭으로 등, 앞, 양소매, 도련에 부착되고 반사테이프 중간에 2cm(0.8 in.)의 축광테이프가 덧대어져 있다. 미국은 반사포의 폭이 2 in. 이상, 축광테이프 폭이 0.625 in. 이상, 반사포의 면적이 상의 325cm² 이상, 하의 80cm² 이상으로 규정되어 있는데 한국 소방방수복 반사포의 면적은 규정도 없지만 측정결과 176.75cm²로 나타나 미국에 비해 크게 미치지 못하였다. 의복의 가시성을 높이기 위해 반사성능을 높이거나, 가시성이 좋은 반사테이프를 부착할 수 있는데 위험한 곳에서 밤에도 작업해야 하는 대원들의 안전을 위해 가시면적에 대한 규정과 노후 혹은 오염으로 인한 테이프의 성능저하 또한 우려되므로 교체시기에 대한 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

5. 현행 방수복 소재와 연구용 소재의 성능 비교

우수한 방수복 소재 선정을 위하여 현행 방수복 상의와 하의대용으로 사용되고 있는 고무장화, 실험에서 성능이 우수하였던 소재의 성능을 비교한 결과는 <표 7>과 같다.

두께는 겉감, 안감, 내피를 합하여 현행 방수복 소재가 1.79mm인데 비해 연구용 소재는 2.93mm로 나타났으며, 소방복 하의로 대응되는 허벅지길이의 긴 고무장화는 두께가 0.80mm였다. 일반적으로 의복의 두께는 두터울수록 복사열이 통과하는 시간이 길어지게 되고 열의 흐름은 감소하게 되는데 연구용 방수복 소재는 현행 방수복 소재보다 월등히 두터웠으며 장화소재는 매우 얇은 것으로 나타나 대원들의 하지가 받는 열적 스트레스는 매우 클 것으로 생각된다.

연소성 실험에서 현행 방수복 소재는 잔염, 잔진 시간이 96초로 나타나 한국소방복제 규정의 '5초 이내'에 미치지 못하였고 장화소재는 잔염, 잔진 시간이 250초, 탄화거리 25cm, 탄화면적 367.6cm²로 나타나 방염성이 매우 부족한 것으로 나타났고 연구용 방수복 소재는 겉감의 잔염, 잔진 시간이 0초, 탄화면적은 1.3cm²로 나타나 미국의 NPFA기준(NFPA, 1991)으로도 안전하다는 것을 알 수 있다.

무게는 장화소재가 978.2g/m²였으며 현행 방수복의 겉감(VP) 210.6g/m², 안감(NR) 241.1g/m², 내피(WN)가 324.3g/m²로서 총 776g/m²이었으며 연구용

<표 7> 현행 소방방수복 소재와 연구용 소재의 성능 비교

구 분	성 능		두께 (mm)	연소성				무게 (g/m ²)	발수도 (접수)	투습도 (g/cm ² h)	비 고
	하의대용	장화		잔염시간 (sec)	잔진시간 (sec)	탄화거리 (cm)	탄화면적 (cm ²)				
현행 방수복 소재	하의대용	장화	0.80	250.0	250.0	25.0	367.6	978.2	100	0	합성고무 100%
연구용 방수복 소재	상의	겉감(VP)	0.44	9.6	9.6	19.5	32.9	210.6	50	122	난연비닐론,
		안감(NR)	0.27	39.0	39.0	25.0	367.6	241.1	50	2	폴리노직-고무포-
		내피(WN)	1.08	1.0	1.0	5.5	12.7	324.3	50	233	방모펠트
연구용 방수복 소재	겉감(N)		0.64	0	0	2.0	1.3	255.1	100	225	아라미드(노멕스)-
	안감(KG)		0.66	0	0	5.6	1.39	140.3	50	165	고어텍스-양모,
	내피(WC)		1.63	1.0	1.0	2.5	2.7	328.3	50	263	면메리야스

은 걸감(N)이 255.1g/m², 안감(KG)이 140.3g/m², 내피(WC)가 328.3g/m²로 총 723.7g/m²로 나타나 장화 소재는 가장 무겁고 연구용 N소재는 매우 가볍게 나타났다. 방수복 하의 무게는 무거울수록 하체를 압박하고 운동성을 방해하여 작업능률을 저하시키며 인체의 피로를 가중시키므로 열차단력을 저해하지 않는 한 가벼운 소재의 선택이 고려되어야 한다고 본다. 발수도는 현행 방수복(VP)이 50점으로 전 표면에 습윤상태를 나타내고 있는데 비해 장화와 연구 방수복(N) 소재의 발수도는 100점으로 발수상태가 매우 양호하였다. 화재진압시 방수복 소재가 물을 흡수하면 무겁고 뻣뻣해지며 겨울에는 한기까지 느끼게 되므로 현행 방수복 소재는 발수도가 좋은 소재로 개선되어지는 것이 바람직하다고 생각된다.

투습도는 소방대원들의 작업시 땀의 배출에 큰 영향을 미치는데 장화는 0, 현행(VP)소재는 122g/cm²h, 연구용(N) 소재는 225g/cm²h로 나타나 연구용 소재가 월등히 높은 것을 알 수 있다. 짧은 장화는 개구부를 통하여 내부의 수증기를 발산시킬 수 있으나 허벅지길이의 장화는 방수효과는 있으나 위생적인 배려가 부족하므로 개선의 여지가 있다고 본다.

IV. 결론 및 제언

첨단 산업의 발달로 증가되는 산업재해 속에 생명을 담당하는 한국 소방공무원의 능률적이고 보호 성능이 뛰어난 소방복 제작을 위해 방수복 걸감, 안감, 내피소재에 대한 신체보호성, 보건위생성, 세탁 관리성능을 물리, 화학적 실험을 통하여 비교, 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 소방방수복의 신체보호성능은 걸감에서 두께는 노멕스(N)소재가 가장 두터웠고, 경위사 양방향의 인장강도 및 인열강도가 다른 소재에 비해 월등히 높았으며 잔열, 잔진시간도 짧고 방염성도 좋아 비교 소재 중에서 가장 우수하였으며, 안감에서는 고어텍스(KG)소재가 두께가 두껍고, 인열강도가 높으며, 방염성도 월등히 높아 비교 소재 중에서 가장 우수하였고 내피에서는 양모펠트(WC)소재가 가장

두껍고, 인열강도가 높으며, 방염성도 좋아 비교 소재 중에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

2. 소방방수복의 보건위생성능은 걸감에서는 노멕스(N)소재가 가볍고 발수도, 투습도, 공기투과도가 대체로 높은 것으로 나타났으며, 안감에서는 고어텍스(KG)소재가 가볍고 내수도도 월등히 높았으며, 내피에서는 양모펠트(WC)소재가 가장 가벼우며 투습도, 공기투과도가 높아 비교 소재 중에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

3. 소방방수복의 세탁, 관리성능은 걸감에서는 노멕스(N)소재가 수축률이 낮고, 세탁 전후의 방염성 및 투습성에 거의 변화가 없었으며, 안감에서는 고어텍스(KG)소재가 방염성, 발수성, 투습성에 변화율이 낮았고, 내피는 양모펠트(WC)소재가 수축률이 낮고 방염성, 발수성, 투습성의 변화율이 적었으므로 비교 소재 중에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

4. 소방방수복의 반사테이프에 대한 연소성, 반사성능은 O소재가 방염성과 반사성능이 월등히 높게 나타나 비교 소재 중에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

5. 현행 방수복 소재와 연구 소방방수복 소재의 비교에 있어서는 연구방수복 소재가 두께도 두텁고 연소성에 있어서는 현행 난연비닐론(VP)보다 우수한 성능을 가졌으며 장화소재보다는 매우 우수한 것으로 나타났다. 무게도 현행 소재보다 월등히 가볍고 발수도, 투습도도 큰 것으로 나타났다. 장화소재는 발수도를 제외한 모든 항목에서 가장 뒤떨어지며 투습이 전혀 이루어지지 못하고 방염성도 매우 부족하게 나타났다.

■ 참고문헌

- 정정숙 외 2인(1998). 한국 소방공무원 복제규정에 관한 연구. 대한가정학회지, 36(9), 1-11.
- 정정숙, 이연순(1999). 한국 소방복의 착용만족도 및 착용자 의견에 관한 조사연구. 대한가정학회지, 37(11), 75-83.
- 정정숙, 이연순(1999). 한국 소방방수피복의 착용만족도 및 개선방안에 관한 조사연구. 대한가정

- 학회지, 37(12), 59-67.
- 최혜선 역(1991). 의복과 환경. 이화여자대학교 출판부, 95.
- 소방검정관계법규집(V)(1995). 한국소방검정공사, 1-6.
- James R. Lawson, Development of a Sizing for firefighter Protective Clothing, <http://www.bfrl.nist.gov/pubs/sum109.html>.
- Zerey Faff and Tadeuse Tutak. (1989). Physiological responses to working with fire fighting equipment in the heat in relation to subjective fatigue, *Ergonomics*, 32(6), 629-638.
- 消防研究室(1993). 新型防火服の開發について研究. 東京消防廳 消防科學研究所報, 31, 135.
- 第三研究室, 防研究室岸田順次외 2인(1995). 火災現場用手袋の開發に關する研究について. 消防科學研究所報, 32, 1-8.
- 小林幹男외 2인(1996). 個人裝備品における視野試験の實施結果について. 消防科學研究所報, 32, 東京消防廳消防科學研究所, 19-26.
- 岸田順次외 2인(1996). ヘルメット型擴聲装置の研究開發. 消防科學研究所報, 32, 東京消防廳消防科學研究所, 88-90.
- 김의경(1994). 한국 소방복 실태에 관한 연구. 서울여대 석사학위논문.
- 한국공업규격(1990). 한국공업표준협회. KS K 0050, 0053.
- NFPA 1971 Standard on Protective Clothing for Structural Fire Fighting(1991), p.25
- 법제처, 대한민국 현행법령집(1995). 제11집, 253-288. <http://www.securitex.com/sms2.htm>, pp5-8.