

# 인체보호용 특수복

정기수, 권명숙  
(한국생산기술연구원)

## 1. 서론

의복은 인체에 가장 근접한 환경으로 우리를 둘러싸고 있는 광범위한 기후내에서 또 하나의 미세 기후를 형성하여 에너지대사 조절 및 외부로부터 인체를 보호해주는 기능을 한다. 따라서 목적에 부합되는 환경을 성공적으로 구현하기 위하여 신체의 변화뿐 아니라 외부 환경에서 일어나는 끊임없는 자극과 변화를 고려하여 설계 제작되어야 한다.

현대의 기술적 발전은 우리에게 더 많은 위협요소를 가져다 주었다. 소방대원들은 화재진압시 화염뿐만 아니라 유독가스 등으로부터 보호받아야 하며, 화학약품을 취급하는 공장의 근로자는 작업이나 공정, 저장 등에 있어 의도하지 않게 약품의 유출이 될 수 있으므로 이로부터의 보호가 필요하며, 분쟁과 테러 등과 싸우는 안전요원이나 경비요원들은 총탄 및 칼등의 무기로부터 보호가 필요하다. 이러한 위협요소들부터 인체를 보호하지 못한다면 자칫 생명을 잃을 수도 있다.

인체보호용 특수복은 외기 환경 및 불, 화학물질, 날카로운 칼, 총탄, 방사선 등의 여러 가지 위협요소로부터 인체를 보호하기 위한 의복이다. 특수보호복은 비교적 고가로 가격경쟁력을 그다지 받지 않는 고부가가치 제품으로 저임금국가의 제품과 가격경쟁력에서 밀리는 한국의 섬유·의류산업이 소재개발 및 기술력으로 가격경쟁에서 우위를 점할 수 있는 분야이며, 보호복 시장에서 일류상품이라

는 이미지로 인한 한국의 섬유·의류산업에 대한 이미지를 향상시킬 수 있다.

따라서 본 고에서는 인체보호용 특수복의 체계적인 기술개발에 기초자료로 삼고, 국내 특수복 제작 관련업체에 정보를 제공하고자 보호복의 개발과정 및 관련 국내의 규격 및 국내 개발중인 보호복을 중심으로 살펴보고자 한다.

## 2. 보호복제품 개발과정(Product Development Process of Protective Cloting)

개발하고자하는 보호복의 기능적인 요구사항이 제품에 잘 반영되고 목적으로 하는 보호성능을 성공적으로 부여하기 위해서 Scheurell[14]은 6단계 보호복제품 개발과정을 제안하고 있다(Figure 1).

Scheurell에 의하면 1단계는 소비자의 요구사항을 이해하는 단계로써 소비자들이 말로써 표현하지는

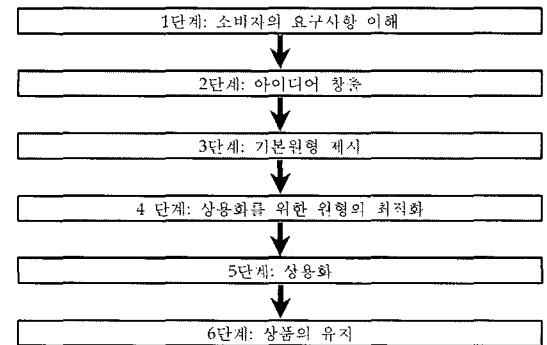


Figure 1. Product Development Process of Protective Cloting.

않지만 해당제품에 대해 긍정적이고 필요하게 생각 하는 요소들을 발굴하는 단계이다. 또한 특수보호 복에 있어서는 착용상황이 자원인 경우와 강제적인 경우에 따라 소비자의 요구사항이 달라지며 특히 군복과 같이 강제적인 경우 당국이 제시하는 요구 사항이 우선이다.

2단계는 아이디어 창출단계로 스스로 팀원들이 brain storming이나 creativity technique 등을 통해 아이디어를 제시하거나 존재하는 관련규격 및 조사한 소비자 요구사항을 기본으로 아이디어를 제시, 평가한다. 당국이 제시하는 규격이 있는 경우 이를 기초로 아이디어를 평가한다. 3단계는 기본원형개발 단계로 제작자는 가장 전망있는 아이디어를 소비자의 요구에 의거하여 물성테스트, 주관적 감각테스트 등을 거친 후 사용자 테스트를 실시한다. 4단계는 상용화를 위한 최적화 단계로 3단계에서 선정된 기본 원형이 상업적으로 생산 가능한지를 점검하는 단계이다. 이때 전체 소비층을 대상으로 소비자 테스트를 실시하며 경쟁 제품과의 비교과정을 거쳐서 제품의 성능, 가격, 차별화된 특성 등을 검토한다. 5 단계는 상용화 단계로 제품이 대량생산되며 최종적인 제품의 규격이 확립된다. 6단계는 상품의 유지 단계로 품질을 유지하면서 생산비용을 절감시키며 소비자 불만사항도 검토한다.

현재 국내 보호복 생산업체들은 자본력 부족으로 이러한 체계적인 제품개발에 대한 투자보다는 외국 제품을 물성테스트나 주관적테스트 없이 그대로 모방하여 상품화, 판매하는 경우가 대부분이다. 제품개발과정을 적용하면 저비용으로 초기의 분석단계를 거쳐 기본원형을 선정 한 뒤 이 기본원형에 대한 집중적인 투자를 통하여 이를 최적화시키고 소비자평가를 통하여 경쟁력있는 보호복의 개발이 가능하다.

### 3. 보호복 규격

#### 3.1. 국내·외 보호복 관련 규격

특수보호복은 선택 시 의복, 환경, 인체 관련 요

Table 1. ISO의 TC 94 관련 SC현황

TC94의 SC 분과위원회	담당분야
TC94	personal safety: protective clohing and equipment
TC94/SC1	head protection
TC94/SC3	foot protection
TC94/SC4	personal equipment for protection against falls
TC94/SC6	eye protection
TC94/SC12	hearing protection
TC94/SC13	protective clothing
TC94/SC14	fire-fighter's personal equipment
TC94/SC15	respiratory protective devices

인 등과 더불어 이미 제정된 관련 규격에 의한 영향을 받게 된다. 이때 규격은 특수복소재에 및 의복에 대한 표준시험법, 성능 평가법, 설계, 소재명세, 소재 개발 및 선정, 평가, 관리법 등 관련된 모든 것들을 포함한다.

국제규격제정기관인 ISO(International Standard Organization)의 경우 TC 94는 개인 안전, 특수복과 장비에 관한 전문위원회이며 그 분과위원회중 하나인 SC 13이 특수복에 관한 분과위원회로서 그 산하에는 5개의 실무그룹이 있고 그중에 WG 4가 소방복을 담당하고 있다(Table 1).

미국의 ASTM(American Society for Testing and Materials)의 경우 특수복 전문위원회는 ASTM TC F23이며 그 산하에는 여러 개의 분과위원회가 있어서 다양한 위험환경으로부터 인체를 보호하기 위한 규격을 개발하여 제정하고 있다. 그 외에, TC F13에서는 신발, TCC F8에서는 스포츠 장비와 같이 특정형태에 관한 규격을 제정하고 있다. 소방복의 경우에는 NFPA(National Fire Protection Association)에서 제정하고 있다[11].

유럽의 경우 CEN, DIN, BS 등이 있으며 특히, 그 제품이 건강과 안전 그리고 소비자 보호와 관련된 EC 규정 또는 지침 및 유럽 표준 규격 및 안전 조건, 필수 요구사항을 준수한다는 의미로 보호복에 CE마크를 부여하고 있다. CE 마크는 제조업체

Table 2. KS 보호복 관련 규격

규격번호	규격명	적용보호복
KS K ISO 11612	보호복-열 및 불꽃에 대한 방열복의 시험방법 및 요구사항	방화복
KS K ISO 11613	보호복-소방관용 보호복의 시험방법 및 요구사항	방화복
KS K ISO 13688	보호복-보호복의 일반적인 요구사항	일반보호복
KS K ISO 13994	보호복-액상 화학약품 보호복 소재의 가압하 액체 침투 저항성 측정	화학보호복
KS K ISO 13995	보호복-기계적 특성-재료의 꿰뚫림 및 동적 인열의 저항성	방검복, 방탄복
KS K ISO 13996	보호복-기계적 특성-꿰뚫림 저항성 측정	방검복, 방탄복
KS K ISO 13997	보호복-기계적 특성-예리한 물체에 의한 컷절단 저항성 측정	방검복, 방탄복
KS K ISO 13998	보호복-핸드나이프 절단 및 자상 보호용 앞치마	방검복
KS K ISO 13999-1	보호복-핸드나이프 절단 및 자상 보호용 장갑 및 팔 보호대 1부: 쇠사슬로 덮힌 장갑 및 팔 보호대	방검복
KS K ISO 14460	보호복-자동차 경주 운전자용 보호복의 열 및 불꽃에 대한 보호 요구성능 및 시험방법	카레이서복
KS K ISO 15025	보호복-열 및 불꽃에 대한 보호복의 한계 불꽃 확산정도 시험방법	소방복
KS K ISO 15027	잠수복 시험방법	잠수복
KS K ISO 15383	보호복-소방관용 보호장갑의 시험방법 및 요구성능	소방복
KS K ISO 15538	보호복-소방관용 반사표면 보호복의 시험방법 및 요구성능	소방복
KS K ISO 17491	보호복-기상 및 액상 화학약품에 대한 보호복의 액상 및 기상의 저항성 측정	화학보호복
KS K ISO 6529	보호복-불통기성소재의 화학용액침투에 대한 저항성 시험방법	화학보호복
KS K ISO 6530	보호복-화학용액 투과에 대한 저항성 시험방법	화학보호복
KS K ISO 17493	보호복-내열의복 및 장비에 대한 열풍순환 오븐에서의 대류열 저항성 시험방법	방화복
KS K ISO 2801	보호복-열 및 불꽃에 대한 보호복의 선택, 취급 및 사용에 대한 일반적인 권고사항	방화복
KS K ISO 6942	보호복-열 및 불에 대한 보호복의 복사열에 노출시 소재 및 소재 구성품에 대한 열저동 평가	방화복
KS K ISO 9150	보호복-작은 용융 금속 파편의 충격에 대한 소재의 거동 평가	방화복, 방탄복
KS K ISO 9151	보호복-열 및 불꽃에 대한 보호복의 불꽃에 노출시 열전도성 측정	방화복
KS K ISO 9185	보호복-용융 금속 파편에 대한 소재의 저항성 평가	방화복, 방탄복

자신 혹은 제 3의 인증기관에서 발행하는 인증으로 CE마크 없이는 유럽지역 내에서 보호복의 판매와 유통이 어려운 실정이다.

한국산업규격(KS, Korean Industrial Standards)은 섬유분야(KS K) 중 피복부분(05)에 보호복 관련 규격이 제정되어있다(Table 2).

산업안전보건법 제 35조 제 1항의 규정에 의해 모든 보호구는 검정을 받아야 하며 검정규정 대상은 동법 시행령 28조에 정해져 있다. 2001년 폐기물 처리업체 및 합성피혁 제조업체의 DMF 취급 근로자에게서 직업병(독성간염)이 발생하는 등 근로자의 건강장해가 자주 발생함에 따라 근본적으로 근로자의 건강보호를 위해 노동부에서는 보호구 검정규격을 개정, 고시하였다. 이 개정안에는 방열복

및 모든 유기화학 보호복에 대한 성능검증을 2005년 1월 1일부터 반도록 하고 있다[5].

### 3.2. 보호복 규격 제정

특수복 관련 규격 제정은 국·내외 기관별로 유사하다. 우선 관련 보호복 업체 및 연구소 학회 등의 이해관계가 있는 단체에 의해 새로운 규격 제정의 필요성이 요구되면 자료조사와 함께 규격 초안이 작성된다. 실무그룹에서 새 규격의 초안에 대하여 투표를 실시하고 다시 그 투표결과를 논의한다. 그 결과를 바탕으로 실무그룹에서는 초안을 개정하고 다시 투표를 실시하게 되는 일련의 과정을 거친다. KS 규격은 기술표준원에 규격 제정 신청한 후 공청회 등을 거쳐 산업표준심의회 심의 후 규격제

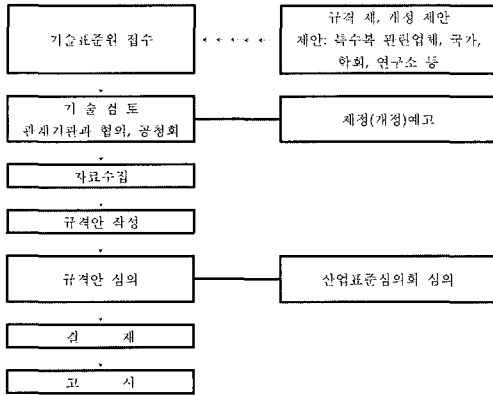


Figure 2. 특수복 KS 규격 제·개정 절차.



소방용 방화복(2004년 현재) 방열복  
Figure 3. 열보호복.

정이 결정된다(Figure 2).

특히 인체보호용 특수복에 대해서 소재 및 전체 의복체계에 대한 보다 더 전문화된 규격이 필요하다. 따라서 관련업체 및 전문가들의 협의를 거쳐 국제규격에 부합하면서 전문화되고 세부적인 규격제정이 중요하다.

#### 4. 특수보호복

##### 4.1. 열보호복(소방복)

소방관들은 작업 중의 강한 열이나 화재 진압 시에 호스로부터 뿜어져 나오는 물의 고온에서의 수증기화로부터 보호뿐 만 아니라 유독가스나 오염된 물질로부터의 보호되어야 하는 등 다양한 환경에서 복합적인 위험으로부터 보호받아야 한다. 소방복은 이러한 특수환경으로부터 소방관들을 보호하기 위한 특수보호복으로 국내 소방공무원이 착용하는 소방복은 행정자치부에서 2002년 4월에 시행된 소방용 방화복 규격[7]에 따른다. 이에 따르면 방화복은 상의와 하의 및 부속물로 구성되며 상의와 하의 모두 겹감, 중간층, 안감으로 구성된다. 겹감은 방열의 기능을 안감은 열차단의 역할을 하므로 겹감 및 안감은 아라미드계 PBI계 섬유를 사용하며 중간층은 수증기 차단역할 및 신체의 땀을 배출하기 위한 투습방수소재를 사용한다.

국의 소방복은 국내보다 세분화되어 있으며 일반적으로 방수복과 방열복으로 나뉜다. 방수복은 화재물로부터 어느 정도의 거리에 떨어져서 진화작업을 할 때 착용하는 의복이며 방열복은 화재에 직접 접근할 때 착용하는 것으로 내열, 내염성이 있는 의복이다[1]. 방열복은 작업자들을 화재 시의 복사열로부터 보호하기 위해 겹감에 알루미늄코팅을 하여 복사열이 반사되도록 만들어진 것으로, 미국 등 선진국에서는 화염에 근접해서 작업 시 착용하는 근접복과 화재 속으로 진입할 때 착용하는 진입복 등으로 세분화되어 개발되고 있다. 국내의 경우에도 2002년 소방용 방화복 규격이 시행되기 이전에는 방수복과 방열복으로 구분하여 사용하였으나 그 이후로는 소방용 방화복으로 통일하여 사용하고 있다.

한편, 국내 노동부 고시 제 2003-19호 현행 보호구 검정규정 제 12편에는 방열복에 대한 규격이 규정되어 있다. 이에 따르면 방열복[8]은 고온의 복사열에서 가까이 접근할 수 있는 내열피복으로서 방열상의와 방열하의, 방열 장갑, 방열 두건, 속복형 방열복 등으로 분류되며 소재는 내열섬유에 알루미나 나이즈 라미네이팅된 것을 사용한다(Figure 3).

소방복 외의 열보호복에는 제철소등 고열의 작업 환경이나 유류취급소 등 위험화학물질과 폭발물질을 취급하는 작업장에서 착용하는 산업용 소방복,

공군, 해군 등에서 사용하는 소방복, 우주비행시 열 전달을 막기위해 착용하는 방열복 등 다양한 보호복이 있으며 이 외에도 119구조대원 같이 일선 소방관들의 구조활동을 돕기 위한 구조복 등이 있다.

열보호복의 개발 시 고려할 사항[1]으로는 디자인, 쾌적성, 소재의 기능성 등 크게 세가지로 구분할 수 있다(Table 3). 디자인 측면에서는 작업 시에 눈에 잘 띄는 색상을 사용하고 어두운 곳에서의 작업 시에도 눈에 잘 띄도록 성능이 좋은 야광 반사포를 부착하여야 하며, 고열에서 작업 시 화기나 고온의 수증기가 의복내부로 침투하지 않도록 여밈부위나 소매 끝, 목둘레 등을 디자인해야 한다. 더욱이 소재의 통기성도 중요하지만 의복의 디자인도 통기가 가능하도록 디자인 한다. 또한 화재진압 등 응급사항이 발생할 때의 기동성이 요구되므로 의복을 입고 벗기에 간편하도록 디자인하여야 한다.

쾌적성의 측면에서는 심리적 쾌적성과 신체적 쾌적성으로 나눌 수 있다. 심리적 쾌적성은 소방관들이 고도의 위험상황에서 작업시 두려움을 느끼지 않도록 의복이나 장비의 기능을 최대한으로 높여서 구조작업을 신속하게 할 수 있도록 해야 하며, 신체적 쾌적성은 주로 수분과 열에 의해 소재의 특성에 많은 영향을 받으므로 가능하면 투습성이 좋고 방수가 잘되는 소재를 사용하여 외기로 인해 신체가 받는 열과 땀의 배출이 신속하게 이루어 질 수 있도록 해야 하며 의복의 무게가 가볍게 하여 활동 시에 무게로 인한 피로감을 줄일 수 있도록 해야 한다. 그 외에 소재의 기능성은 내열성, 난연성, 방수성, 내화학약품성 등에서 우수한 소재를 사용하여야 한다.

#### 4.2. 방탄복

방탄복은 외피형과 내피형으로 나눌 수 있는데 외피형은 전투상황에서 군인들이 폭탄의 파편으로부터 신체를 보호하기 위해서 군복의 바깥에 조끼와 같이 걸치는 보호복이며 내피형은 요인(VIP) 경호원들이 와이셔츠 안쪽에 입는 것으로 권총이나 소총의 탄환으로부터 심장 등 주요부위를 보호하기

Table 3. 열보호복 개발시 요구사항

소방복 개발시 요구사항	세부사항
디자인	- 눈에 잘 띄는 색상일 것 - 의복이 통기성이 있을 것 - 탈착이 용이할 것
쾌적성	- 기능성 최대화할 것 - 경량일 것 - 투습성이 좋아 열 및 수분 배출이 용이
기능성	- 내열성 - 난연성 - 내화학약품성 - 방수성

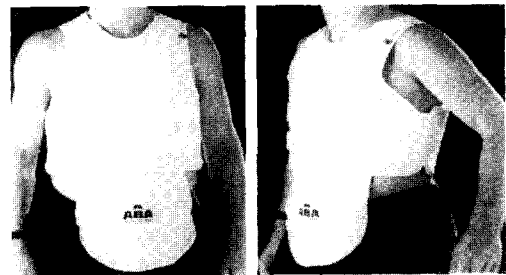


Figure 4. 방탄조끼-Level III(정면과 측면).

Table 4. 방검복 주요 수요처 및 연간 수요량

수요처	세부사용처	별 수
군	-	5,000~6,000
경찰	-	800~1,000
보안요원	secom, 캡스, KT 텔레캡	1,000~1,500
경호요원	청와대 경호실, 검찰청, 사실경호요원	500~1,000
총 연간 수요량	-	약 25,000

위해서 입는 보호복[1,3]이다(Figure 4).

현재 방탄복의 세계시장 규모는 약 2조 5000억 원으로 주요 구매국가는 미국과 이스라엘로서 세계 시장규모의 약 2/3가량을 점유하고 있다. 방탄복을 만드는 나라는 독일, 러시아, 영국 등 총 20여개국이며 우리나라는 세계시장의 약 3%(약 700억원)가량의 시장을 점유한다. 한국산 방탄복이 가장 많이 수출되는 지역은 리비아, 이집트, 쿠웨이트, 이라크 등 중동 일대로 전체 수출 물량의 40% 가량을 차지한다[1]. 9.11 테러사건과 이라크전쟁 이후 급증

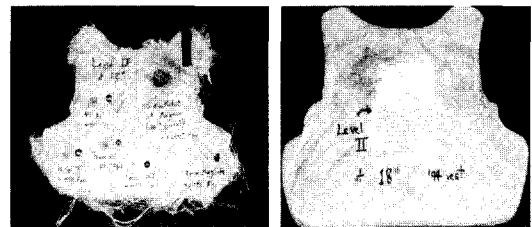
Table 5. NIJ Ballistic Test Chart

Level	Sub level	구 경	탄자/탄약형태	탄자 중량	탄자속도
I	1	22 LR	RN Lead	10.20 g	259 m/s
	2	38 Spl	HV-LLB Lead	2.60 g	320 m/s
II-A	1	357 Mag	JSP	10.20 g	381 m/s
	2	9 mm	FMJ	8.00 g	332 m/s
II	1	357 Mag	JSP	10.20 g	425 m/s
	2	9 mm	FMJ	8.00 g	358 m/s
III-A	1	44 Mag	SWC Lead	15.55 g	426 m/s
	2	9 mm	FMJ	8.00 g	426 m/s
III		308 Win	FMJ	9.70 g	838 m/s
VI		30-06	AP	10.08 g	868 m/s

하는 테러사건으로 인하여 방탄복 시장은 매년 거의 100%에 가깝게 성장하고 있다(Table 4).

방탄복 개발시 고려할 사항으로는 우선, 모든 각도의 충격에 방탄되어야 하며 탄환으로부터 인체의 외상을 확실하게 줄여주어야 한다. 또한 내피형 방탄복은 와이셔츠 안쪽에 입기 때문에 덥고 습한 여름에는 신체에서 발산하는 땀과 열로 인하여 기본적으로 땀띠가 매우 심하게 나고, 착용시 불쾌지수가 증가하여 경호원들이 경호업무에 충실하게 수행하기 어렵다. 따라서 현재 요인경호업체 및 경호원들은 쾌적성을 향상시킨 방탄복의 개발을 절실히 요구하고 있다. 특히 중동지방과 같이 무더운 지역에서는 쾌적성 문제로 인하여 절대적으로 투습이 가능하면서 경량인 방탄복에 대한 요구가 매우 높아지고 있다.

방탄복에 대한 국내규격은 아직 미비한 실정이다. 방탄, 방검장비에 관한 공인된 국제규격으로는 미국 법무성 산하의 국립사범연구소의 NIJ(National Institute of Justice) 규격[13]이 있으며 방탄, 방검복의 성능시험 및 등급 등을 언급 시에 널리 이용되고 있다. NIJ standard-0108.01에 따라 방탄복 등급은 탄환의 종류, 중량, 속도, 형태 등에 따라 4가지 레벨로 구분되며 그 중의 몇 레벨은 다시 2가지의 서브레벨로 구분된다. 레벨이 높을수록 방탄성능 시험시 통과해야할 탄자의 중량 및 속도가 높으므로 높은 방탄효과를 가진다고 할 수 있다(Table 5, Figure 5).



Front-side of Vest

Backside of Vest  
(Zero penetration)

Figure 5. NIJ - 방탄조끼(Level II) 성능시험.

### 4.3. 방검복(Stab-Proof Vests-Body Armor)

방검복은 국내에서는 일반적으로 호신용 조끼로 불리며 총탄으로부터의 보호를 목적으로 하는 방탄복만으로는 완전히 보호가 어려운 다른 차원의 위협, 즉 칼, 송곳, 가위 등의 끝이 날카로운 흉기로부터 신체를 방어하기 위해 만든 특수보호복이다.

방검복의 형태는 일반적으로 양복조끼형이 착용되고 있으며 이들은 금속재질의 방검판넬이 조끼 안에 전면만 혹은 전, 후면에 모두 내장되어 있고 조끼의 외피재질은 일반적으로 Dupont의 아라미드계 섬유를 사용하고 있다[10]. 방검판넬의 소재로는 알루미늄 판, 철망, 플라스틱 혹은 철망에 방탄소재를 한두 겹 보강한 제품이 있다. 이러한 소재는 착용하지 않은 것보다 좋으나 비가 올 때 감전의 위험이 있으며, 몸의 움직임이 쉽게 바꿀 수 없게 해서 작업성을 해치고, 날카로운 칼에 의한 강한 힘에는 견디지 못하고 흉기를 쉽게 침투하게 하여 치명적인 상해를 입힐 수가 있다. 또한 중량으로 장

**Table 6.** NIJ Stab Resistant Protection Level Strike Energies

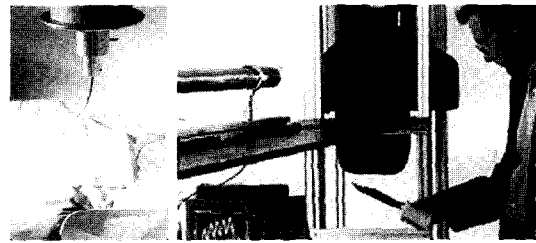
Protection Level	"E1" Strike Energy		"E2" Overtest Strike Energy	
	J	ft · lbf	J	ft · lbf
1	24±0.50	17.7±0.36	36±0.60	26.6±0.44
2	33±0.60	24.3±0.44	50±0.70	36.9±0.51
3	43±0.60	31.7±0.44	65±0.80	47.9±0.59

시간 착용 시에는 몸에 부담이 오고 피로감을 주게 되는데 일반적으로 방검조끼형 자체의 무게는 보통 650-1,100g이나 기타 장비와 착용 시 2-3g에 달한다. 따라서 유연성 있고, 완벽한 방검효과를 가지며, 경량이고, 착용시의 쾌적성을 위하여 투습가능한, 방검복 개발이 필요하다.

국외의 경우 국내에 비해 다양한 형의 방검복이 개발되어 있다. 미국 및 일본에서는 방검조끼형 외에도 방검판넬 없이 평상복으로 입을 수 있는 캐주얼복, 자켓 타입 등의 혁신적인 방검복이 개발되어 시판되고 있으며 이러한 제품들은 국내에도 수입되고 있다. 이들은 높은 내절단성을 갖는 스펙트라와 유리섬유 등을 원료로 한 강화특수 섬유를 사용하고 있으며 높은 방검 성능을 보인다고 하나 확인되지 않고 있으며 치명적인 상해로부터의 보호보다는 일상생활에서 날카로운 물체로부터의 보호를 목적으로 착용되고 있다.

방검복관련 국내규격은 미비한 실정이며 공인된 국제규격으로는 방탄복에서의 마찬가지로 NIJ 규격 [12]이다. 이외 유럽에서 사용하고 있는 CEN 규격과 영국의 P.S.D.B.(Police Scientific Development Branch) 규격 등이 있다.

NIJ 규격에는 방검 보호 종류를 2가지, 방검레벨을 3가지로 구분하고 있다(Table 6). 보호종류는 edged blade와 spike로 구분하며 edged blade는 질이 좋은 날카로운 상업용 칼 등의 무기로부터의 보호, spike는 그 보다 질이 낮고 무딘 스파이크와 같은 종류의 무기로부터의 보호로 구분하고 있다. 방검레벨에서 level 1은 24 J(17.7 ft · lbf)의 타격에너지를 가했을 때 보호가능하며 level 2는 33 J(24.3 ft · lbf)에, level 3은 43 J(31.7 ft · lbf)로부터 각각 보호하여야 한다. NIJ규격에서는 E1과 E2의 2가지 에너



Gravitational Drop Test Figure. Air Cannon Tester

**Figure 6.** Stab Resistance Test.

지 수준에서 시험하고 있는데 E2는 E1보다 50% 타격에너지를 증가시킨 상태이다[12].

방검성능을 평가하는 테스트 방법[10]에는 대표적으로 gravitational drop test와 air cannon test가 있다. gravitational drop tester에서는 시험포 위로 페너트레이터(penetrator)가 달려있는 16.1 pound(7.3 kg)의 무게추가 설정된 높이로부터 떨어졌을 때 시험포로 페너트레이터가 침투된 거리를 측정한다. air cannon tester에서는 압축된 공기로 팔에 연결된 페너트레이터를 일정한 설정된 에너지로 쏘아 페너트레이터가 직물에 침투한 거리를 측정한다(Figure 6). NIJ 규격에 의하면 세가지 방탄레벨 모두 E1 에너지에서 허용되는 blade나 spike의 최대 침투거리는 7 mm, E2에서는 20 mm로 규정하고 있다[12].

국내의 방검복은 등급과 규격을 구분하고 있으나 이는 NIJ의 방검장비복의 등급을 그대로 사용하고 있으며 현재 국내의 방검복에 대한 규격 및 방검복 보호 등급 등에 관한 연구 및 정보는 전무하다. 방검소재 및 방검복의 성능평가 또한 국내에서 불가능하여 미국 등지의 실험기관으로 시료를 보내 평가 받고 있다.

방검복의 제작의 기초 자료가 되는 공격자의 공격자세, 신체적 힘의 정도, 공격 무기의 종류 등에

Table 7. 유기화합물용 보호복 종류(개정안)

종류	등급	보호성능	
전신보호복	액체밀봉성(3형식)	보호복 재료 솔기 및	접합부가 화학물질의 투과에 대한 보호성능을 갖는 구조
	분무밀봉성(4형식)	보호복 재료 솔기 및	접합부가 화학물질의 침투에 대한 보호성능을 갖는 구조
부분보호복	액체 밀봉성(3형식)	보호복 재료 솔기 및	접합부가 화학물질의 투과에 대한 보호성능을 갖는 구조
	분무 밀봉성(4형식)	보호복 재료 솔기 및	접합부가 화학물질의 침투에 대한 보호성능을 갖는 구조

관한 연구 및 신체의 자세 및 호흡 상태에 따른 내장기관의 위치변화, 상해를 당했을 때 안정성을 예상할 수 있는 정보 등에 대한 연구는 국내에서는 전무한 실정이며 방탄복과 마찬가지로 모든 정보를 NIJ 등으로부터 의존하고 있는 실정이다.

4.4. 유기화학물질용 보호복

유기화학물질용 보호복[8]은 유기화합물이 피부흡수를 통하여 인체에 흡수되는 것을 방지하기 위한 것으로 전신 또는 신체 일부를 보호하기 위한 의복이다(Figure 7). 유기화합물이란 상온 상압 하에서 휘발성이 있는 액체로서 다른 물체를 녹이는 성질이 있는 유기용제를 포함한 탄화수소계 화합물을 말하며 산업보건규칙 관리대상물질 제 166조 규정에는 관리대상유해물질로 113종의 유기화합물이 규정되어 있다. 유기화합물 이외에도 산성, 알칼리성 및 기타 약품에 대한 방어를 위한 보호복도 업체에서 많이 이용되고 있다. 화학보호복의 선택시에는 어떤 종류의 물질이 원단을 통과 혹은 침투하는 가를 아는 것은 매우 중요하다.

노동부 고시 보호구 검정 규격 개정안[4]에 의하면 유기화학보호복은 일체형(원피스) 또는 분리형



Figure 7. 밀폐형 화학보호복.

Table 8. 투과저항 및 침투압력에 사용되는 화학물질(개정안)

화학물질명	CAS 번호	화학물질명	CAS번호
아세톤	67-64-1	메틸아세테이트	141-78-6
아세토니트릴	1975-05-08	n-헥산	110-54-3
이황화탄소	75-15-0	메탄올	67-56-1
디클로로메탄	1975-09-02	테트라하이드로푸란	109-99-9
디메틸아민	109-89-7	톨루엔	108-88-3
디메틸포름아미드	1968-12-02		

으로 고안된 전신보호복과 신체의 일부분을 보호하기 위한 부분보호복으로 구분하며 이는 다시 액상의 투과에 대한 보호 형태를 3형식으로 침투에 대한 보호 형태를 4형식으로 구분한다. 여기서 투과는 원단의 개구부나 구멍을 통하여 가스, 액상 혹은 분말 형태가 통과하는 양을 측정하는 것으로 의미하며 침투는 구멍이나 개구부가 없는 원단의 외피에서 물질을 흡수하여 원단 내피의 바깥쪽으로 빠져 나오는 경우를 말한다. 화학보호복의 선택시에는 어떤 종류의 물질이 원단을 통과 혹은 침투하는 가를 아는 것은 매우 중요하다(Table 7).

개정안의 성능검정에 사용되는 시험화학물질은 디메틸포름아미드와 아세톤을 포함한 총 11가지이다(Table 8). 이번 유기화학물질용 보호복에 대한 노동부의 성능검정 시행으로 산업현장에서 많이 사용되는 유기용제를 취급하는 근로자들은 검정받은 보호구를 착용하게 되므로 유기용제 중독 예방 등 근로자 건강보호에 크게 기여할 것으로 기대된다.

유럽 표준은 전신보호복을 6가지 유형으로 구분하여 인증을 하고 있다(Table 9). 이 6가지 유형에 대한 인증을 획득하기 위해서는 각각의 유형에 해당되는 기체, 액체 또는 분진 챔버 내에서의 전체 누출 시험과 이동성 시험을 통과해야 한다.



Table 9. 유럽 CE 화학보호복인증

보호복 유형	인증마크	유럽화학보호복 준수여부
제1유형: 기체 차단복		
제2유형: 비기체 차단복		
제3유형: 액체 차단복		
제4유형: 스프레이 차단복		
제5유형: 입자 차단복		
제6유형: 제한적 액체 뒤집 차단복		

4.5. 화생방보호복(N.B.C. Protective Clothing)

화생방보호복은 핵전쟁(nuclear warfare), 생물학 전쟁(biological warfare), 화학전쟁(chemical warfare)에 대비한 인명보호를 위한 특수복이다.

국내 화생방보호복은 불침투성 보호복과 침투성 보호복[6]으로 구분된다. 화학부대에서 제독시 사용하는 불침투성보호복은 공기가 통하며 일반적으로 나일론 직물에 화학작용제에 저항성이 강한 부틸고무를 양면 도포한 도포직물로 제작하여 만든 보호복이다. 착용 시 체내의 발한과 열을 외부로 방출하지 못하므로 하절기나 중작업시에는 인체에 심한 열피로를 발생시키므로 장시간 착용은 어렵다. 불침투성



불침투성보호복



침투성보호복

Figure 8. 화생방보호복.

의 단점을 개선하여 투습이 가능하도록 만든 침투성 보호복은 전투병이 사용하는 보호복이다(Figure 8).

현대 화학전에서 사용할 수 있는 화학작용제는 피부에도 작용하므로 방독면 뿐 만 아니라 화생방 장비로서 보호복은 매우 중요하다. 구분되어 있는 화학작용제는 Table 10과 같다.

국군의 화생방보호복은 지금까지 미군의 보호복을 모방 개발하여 왔다. 현재 국내에서는 침투성 보호복으로 우레탄폼 내피에 활성탄을 침적시켜 사용하고 있는데 활성탄의 침적량이 200 g/m<sup>2</sup> 가까이 되어 화학작용제에 대한 정화능력이 우수하고 통기성이 양호한 편이나 사용된 우레탄폼이 단열재 역할을 해 하절기나 중작업에서 장시간 착용 시 내부온도의 상승으로 열피로가 증가하고 주원료인 활성탄가루가 분리 탈착되어 피부 및 내의를 오염시키므로 불쾌감을 주게 된다. 또한 오염지역에서의 방오능력도 6시간으로 비교적 짧고, 저장 수명도 5년으로 경제성도 미흡한 편으로 평가되고 있다[9].

미국 등의 선진국에서는 나일론이나 폴리에스테르 직물에 구형활성탄을 접착시키거나 활성탄소섬유로 직조한 직물을 사용하고 있다. 활성탄소섬유는 입상 활성탄소에 비해 흡착력이 10배 이상, 흡착속도가 100배 이상으로 빠르고 경량으로 열피로가 비교적 적고

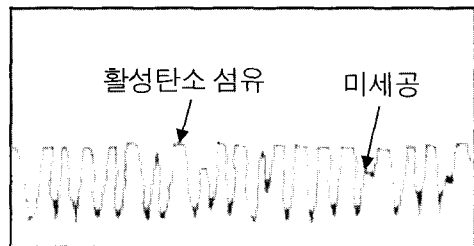
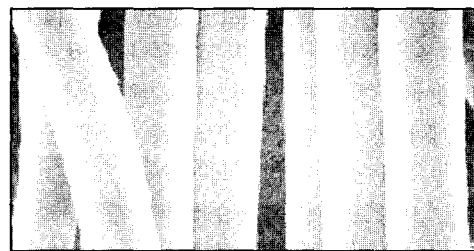


Figure 9. 활성탄소섬유(Activated Carbon Fiber).

Table 10. Chemical Warfare Agents

구분	NATO Name	일반명	Odor	눈에 미치는 영향	피부에 미치는 영향	생리적 작용	치사량	작용속도	Formula
신경작용제	GA	타분	무취/약한 과일 냄새	동공 수축	피부흡수, 상해, 치사	신경중독, 치사	400	신속	$C_2H_5OP(O)(CN)N-(CH_3)_2$
	GB	사린	무취	"	"	"	100	"	$CH_3P(O)(F)-OCH(CH_3)_2$
	GD	소만	무취	"	"	"	400	"	$CH_3P(O)(F)-OCH(CH_3)C(CH_3)_3$
	VX	V-agent	무취	높음	"	"	-	"	$(C_2H_5O)(CH_3)(O)-(P)SCH_2CH_2N-[CH(CH_3)_2]_2$
겨자	H	겨자작용제	심한 마늘 냄새	"	높음	수포	-	지연	-
겨자	HD	겨자작용제	마늘 냄새	자극, 상해, 실명	자극, 발포	눈, 피부, 폐상해, 치사	흡입 1,500 피부노출 10,000	"	$CH(CH_2)_2S(CH_2)_2Cl$
질소겨자	HN-1	물고기, 이끼	마늘 냄새	"	"	"	흡입 1,500 피부노출 20,000	"	$(ClCH_2CH_2)_2NC_2H_5$
	HN-2	물고기, 이끼	비누과일 냄새	높음	높음	수포	-	"	$(ClCH_2CH_2)_2NCH_3$
	HN-3	물고기, 이끼	무취	"	"	"	-	"	$N(CH_2CHCl)_3$
비소계	L	루이 사이트	제라늄 냄새	자극	자극, 발포	눈, 피부, 폐상해, 치사	흡입 1,300	자극: 신속 수포: 지연	$ClCHCHASCl_2$
혈액작용제	AC	시안화수소	복숭아씨	보통	피부 호흡	혈액중독, 호흡저지	2,600	신속	HCN
	CK	염화시안	복숭아씨	낮음	낮음	"	-	"	CNCl
	SA	Arsine	약한마늘	무	무	혈액, 간장, 신장	-	지연	$ASH_3$
질식작용제	CG	포스겐	푸른 옥수수 건조	무	무	피상해 치사	3,200	3시간까지 신속	$COCl_2$
	DP	디포스겐	푸른 옥수수 건조	약한 최루	-	폐침투	-	"	$CICOOCCl_3$
PS	크로로 피크린	-	강한 최루	-	"	-	"	-	

저장수명 또한 10년 이상으로 평가된다(Figure 9).

미군의 경우 이는 SBCCOM(Soldier, Biological & Chemical Command)산하 Natick Soldier Systems Command에서 활성탄 개념이 아닌 선택투과성 멤브레인을 개발 중이며 국내의 경우 멤브레인 기술수준에는 이르지 못하고 현재 구형활성탄을 이용한 사라토

가형의 보호복을 개발 중인 것으로 조사되고 있다.

### 5. 결론

우리 나라의 특수보호복 시장은 그 규모가 협소하고 아직까지 특정업체가 독점, 제조, 납품하고 있

는 실정이다. 따라서 기술개발 및 경쟁력 확보의 여지가 없고, 체계적이고 일련의 조직적인 과정을 통한 제품개발에 대한 투자보다는 외국제품을 물성테스트나 주관적 테스트 없이 그대로 모방하여 상품화, 판매하는 경우가 대부분이다. 특히 소재 및 부자재측면에 있어서는 선진기술 수준에 비해 많이 뒤떨어져 있는 실정이다.

성공적인 인체보호용 특수복의 제작을 위해서 제작자는 우선 방어하고자 하는 위해요소를 정확히 설정하고 처한 상황의 개별적인 요소들을 이해하는 것이 필요하다. 목표로 하는 위해요소에 대한 방어기능은 보호복의 소재측면과 구성, 디자인 측면에 반영되어 부과할 수 있다. 다음으로는 착용자의 생리학적, 운동학적 측면을 고려하여 인체와 보호복이 원활히 보호시스템을 이루어 착용자를 위해요소로부터 안전할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 또한 착용상황이 자원인 경우와 강제적인 경우에 따라 요구사항이 달라지며 이미 정해진 규격이 있다면 그 규격에 따르는 것도 중요하다. 이때 규격은 보호복 소재에 및 보호복에 대한 표준시험법, 성능평가, 소재명세, 소재개발 및 선정, 평가, 관리법 등 관련된 모든 것들을 포함한다. 규격은 보호복 개발의 중요한 지침사항이 되며 제품개발과정을 적용하여 저비용으로 집중적인 투자를 통하여 경쟁력있는

보호복의 개발이 가능하다.

### 참고문헌

1. 기능복 기술수요조사 보고서, 한국생산기술연구원, 2000.
2. 기술표준원, <http://standard.go.kr>
3. 래풍, <http://www.raepoong.com>
4. 박두용, 근로 작업환경에서의 보호복의 역할 및 노동부 정책, 안전유해 보호용 섬유소재 산업 및 기술동향 국제세미나, 한국외류시험연구원, 2004년, 10월 26일.
5. 산업안전보건법, 산업보건기준에 관한 규칙 제 35조.
6. 성한코퍼레이션, <http://shtrade.koreasme.com>
7. 소방용방화복 규격, 행정자치부, 2002년, 4월 8일 개정.
8. 정우통상, <http://www.ssjungwoo.com>
9. 허영택, 군에서 사용되는 방호장구류의 종류 및 특성고찰, 안전유해 보호용 섬유소재 산업 및 기술동향 국제세미나, 한국외류시험연구원, (2004).
10. First Defense International Group, 10. <http://www10.firstdefense.com>
11. McCullough, E. A. (2001), The Development of Standards for Protective Clothing, J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys. 8(2), pp113-118.
12. NIJ Standard-0115.00, Stab resistance of Personal Body Armor, U.S. Department of Justice: National Institute of Justice, Washington, DC: NIJ.
13. NIJ Standard-0108.01, Ballistic Resistant Protective Materials, U.S. Department of Justice: National Institute of Justice, Washington, DC: NIJ.
14. Scheurell, D. M. (2001), Creating Protective Clothing in the Context of the Product Development Process, J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys. 8(2), pp119-126.

### 저자 프로필



#### 정 기 수

1988. 경희대 섬유공학과 졸업  
 1991. 경희대 섬유공학과(석사)  
 1993-2000. 독일 Stuttgart 대학 공정공학과 (박사)  
 2001. 2-현재. 한국생산기술연구원 스마트 섬유팀 선임연구원  
 전화 : 02)3406-3213, Fax : 02)3406-3210  
 e-mail : gschung@kitech.re.kr



#### 권 명 속

1992. 경희대 의상학과 졸업  
 1994. 경희대 의상학과(석사)  
 1998-2001. Institute for Environmental Research (IER), Research assistant  
 2001. 미국 Kansas 주립대 의류학(박사)  
 2002-현재. 한국생산기술연구원 스마트 섬유팀 연구원  
 전화 : 02)3406-3216, Fax : 02)3406-3210  
 e-mail : msk0100@kitech.re.kr