ISSN(Print) 1229-0033
ISSN(Online) 2234-036X
http://dx.doi.org/10.5764/TCF.2015.27.4.288
Textile Coloration and Finishing Vol.27,No.4

〈연구논문(학술)〉

군용 섬유제품의 일광견뢰도 시험방법 개선에 대한 연구

홍성돈 · 김병순 · 전영민[1] · 이정순[2,†]

국방기술품질원, [1]KOTITI 시험연구원, [2]충남대학교 의류학과

A Study on the Improved Lightfastness Test Method for Military Textile Products

Seongdon Hong, Byoungsoon Kim, Youngmin Jeon[1] and Jung-Soon Lee[2,†]

Defence Agency for Technology and Quality, Seoul, Korea
[1]KOTITI Testing and Research Institute, Seongnam, Korea
[2]Department of Clothing and Textiles, Chungnam National University, Daejeon, Korea

(Received: August 11, 2015 / Revised: September 16, 2015 / Accepted: November 10, 2015)

Abstract: This study was executed to substitute Carbon-arc method, which is a method currently used for testing light-fastness of military textile products, with Xenon arc method. Specimens used in the study were classified according to the fabric material and color of military textile products and were composed of 11 items of 42 kinds with different colors. Light-fatness test was done by comparing the result of Carbon-arc(KS K 0700) and Xenon arc(KS K ISO 105-B02) method. In Xenon arc method, blue wool reference materials of 1～8 was used, and exposure condition preferred in American continent and light exposure method 3 were applied. After testing with both methods, grade of light-fastness, color difference, reflectance and color were examined. Even though there was a slight difference among 42 specimens used in the test, results exceeded the quality standard both in Carbon-arc-lamp and Xenon arc-lamp. Therefore, it was confirmed that applying KS K ISO 105-B02 together in the KS K 0700-regulated Ministry of National Defense standard and purchase order would also fit.

Keywords: *military textile products, light-fastness, carbon-arc-lamp, xenon-arc-lamp, KS K ISO 105-B02*

1. 서 론

신축성, 보온성, 통기성, 흡습성, 취급 및 관리용이성 등과 같은 일반적인 의복재료의 특성 이외에 군복은 훈련 및 전시상황을 고려한 충격에 대한 방호성, 위장성, 내구성 등이 중요한 요소로 작용 된다[1,2]. 일반적으로 의복의 내구성은 의복을 얼마나 오래 사용할 수 있는지를 결정하는 옷의 수명을 나타내는 성질로 의복재료의 강도가 크면 의복의 내구성이 우수하게 되는데, 의복재료의 강도는 원료섬유와 옷감의 특성에 의해 결정되나 사용 중 접하게 되는 여러 가지 외부 환경에 영향을 받게 된다. 여러 가지 외부 환경 중 자연환경에 장시간 노출되면 일광, 공기, 수분 등의 작용을 받아 점차 약해지며, 특히 일광 중의 자외선에 의해 강도가 감소하게 된다[3]. 군용 섬유제품은 운용환경이 직사광선의 노출이 많고, 세탁 후에도 직사광선 하에서 건조되기 때문에 우리 군의 군용 섬유제품의 일광 견뢰도는 특히 높은 수준으로 요구되고 있다.

우리군의 군복은 1948년 정부수립과 함께 대한민국 국군으로 미군 작업복을 모방한 형태의 군복을 시작으로 제2차 세계대전 당시 미군의 착용하던 미 육군용 전투복과 정글용 전투복, 미 해병대와 해군용 전투복 등을 개조한 군복을 착용하다 단색전투복, 4도색의 얼룩무늬 전투복을 거쳐 현재는 2011년부터 보급되기 시작한 5도색의 디지털 신형 전투복을 착용하고 있다[4]. 신형전투복은 과거 얼룩무늬 전투복에 비해 다양한 기능이 추가 되었으며, 특히 생존성을 위해 주간 및 야간의 위장 성능이 대폭 강화되었다. 이러한 위장 성능은 반복 착용에 따른 장시간 옥외 노출에도 유지가 되어야 하므로 이를 검토하기 위한 평가방법의 개발이 필요하다[5].

†Corresponding author: Jung-Soon Lee (jungsoon@cnu.ac.kr)
ⓒ 2015 The Korean Society of Dyers and Finishers.
All rights reserved. TCF 27-4/2015-12/288-300

일광 견뢰도는 자연광[6] 보다는 인공광을 이용하여 진행되는데, 인공광원으로는 카본 아크 램프[7]와 크세논 아크 램프[8] 계열이 주로 사용된다. 이중 카본 아크 램프는 Figure 1과 같이 UV 영역에서 특정 파장의 세기가 커서 동일 영역의 파장에 취약한 유기물의 분해를 촉진하는 작용을 하게 된다[9-12]. 이러한 이유로 과거에는 짧은 시간에 결과를 얻기 위해 카본 아크 계열의 램프를 이용한 가속 시험이 선호되었으나, 최근에는 실험 결과의 신뢰성이 요구되면서 Figure 2와 같이 태양광과 유사한 파장의 크세논 아크 램프 사용이 선호되고 있다[9,13-15].

그러나 현재까지 군용 섬유 제품의 관련 규격은 대부분 KS K 0700 카본 아크법을 적용하고 있어, 상대적으로 일광견뢰도에 대한 신뢰성 확보 차원의 검토가 필요하다. 또한 카본 아크 램프의 사용 감소에 따라서 제조업체의 공급 제한도 예상되어 이를 대비한 보완이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 군용 섬유 제품의 일광 시험

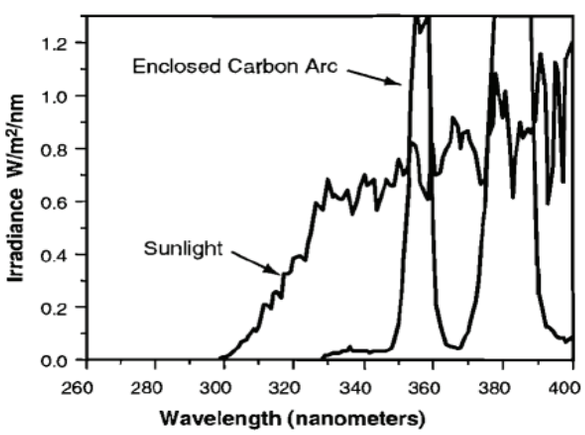


Figure 1. Spectrum of enclosed carbon arc lamp and sunlight[8].

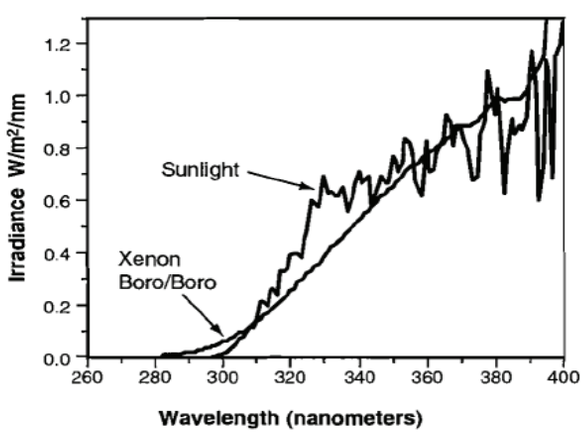


Figure 2. Spectrum of xenon arc lamp with boro/boro filter and sunlight[8].

법에 대한 신뢰성 확보 및 램프 수급 곤란에 따른 추후 애로사항을 예방하고자 현재 적용되는 카본 아크 램프를 크세논 아크 램프로 대체하기 위한 연구를 진행하였다. 이를 위해 군용 섬유 제품 대표적인 소재를 이용하여 KS K 0700에 의한 카본 아크법과 KS K ISO 105-B02에 의한 크세논 아크법으로 동시에 일광견뢰도를 측정하고 그 결과를 비교함으로써 KS K ISO 105-B02 시험 방법으로의 전환 방법을 제시하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시료의 선정

일광 견뢰도 시험 결과는 섬유 및 염료의 종류, 농도(색상) 등에 따라서 달라질 수 있으므로[16] 이를 고려하여 군용 섬유 제품을 소재에 따라 분류하고, 이를 다시 색상으로 구분하여 필요한 시료를 Table 1과 같이 11개 품목으로 설계하였다.

11개 품목 중 디지털무늬 원단으로 된 품목의 경우 Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal의 5도색을 적용하였고, 군별 색상이 상이한 정복류(Ceremonial dress)는 육군 동정복(Green), 육군 하정복(Grey, Green), 해군·해병 동정복(Black, Green, Khaki), 해군·해병 하정복(Green, Khaki), 공군 하정복(Dark blue, Sky-blue)으로, 스웨터는 육군(Bluish Green), 공군(Bluish Violet), 해군(Black), 해병(Green)으로 구분하였고, 군별 소재와 색상이 상이한 운동복은 육군(Light grey, Dark grey), 해군(Dark blue), 해병(Red)으로 구분하여 모두 42종류 시료를 선정하였다.

2.2 일광 견뢰도 시험

2.2.1 카본 아크 램프법

KS K 0700에 의한 카본아크법[7]에 의해 일광견뢰도 시험을 하였다.

2.2.2 크세논 아크 램프법

크세논 아크 램프를 이용한 일광 견뢰도 시험방법(KS K ISO 105-B02)[8]은 ISO와 부합되면서 카본 아크 시험방법과 달리 표준 청색염포의 종류, 노출조건, 조광법 등이 다양하게 제시되어 있다. 그래서 시험의 신뢰성 확보 및 추후 규격화 추진을 위해 KS K 0700과 최대한 유사하도록 설계하는 것이 필요하므로 Table 2와 같이 일광 견뢰도 시험방법을 선정하였다. 한편 시료의 노출시간은 크세논 아크 램프와 카본 아크 램프간의 차이가 발생될 경우 이를 보완하기위해 품질

Table 1. List of items for colorfastness test to light

No.	Items	Contents	Colors
1	New combat uniform (4-season)	PET/Cotton	Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal
2	Winter clothes	PET/Rayon	Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal
3	Flying suit	Aramid	Khaki
4	Ceremonial dress	Wool/PET	Green, Grey, Black, Khaki, Bluish Violet, Sky-blue
5	Digital pattern inner wear	Cotton	Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal
6	Sport wear	PET	Light grey, Dark blue
		PET/Spandex	Dark grey
		Nylon	Red
7	Sweater	Wool/Acryl	Bluish Green, Bluish Violet, Black, Green
8	Raincoat	Nylon	Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal
9	Camouflage cover	PET	Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal
10	Beret	Wool/Nylon	Dark Green
11	Shelter	Cotton	Khaki

Table 2. Test method for color fastness to light with xenon arc lamp

Selection		Details
Blue wool reference materials	1 to 8	Blue wool reference materials range from 1(very low colour fastness to light) to 8(very high colour fastness to light) so that each higher-numbered reference is approximately twice as fast as the proceeding one
Exposure conditions	Preferred in american continent	Black panel temperature : 60±1℃ Relative humidity : 30±5% Effective humidity : Low (Color fastness of Humidity-test-control : L6 to L7)
Light exposure method	Method 3	Expose until the contrast between the unexposed and exposed portion of the blue wool reference is equal to grey grade 4 and grade 3

Table 3. Test condition of sample for colorfastness test to light

	Item	Contents	Color	Standard level	Exposure level			
					3	4	5	6
1	New combat uniform(4-season)	PET/Cotton	Beige Grey	4	○	○	○	
2			Dark Olive Green	5		○	○	○
3			Forest Green	5		○	○	○
4			Chocolate	5		○	○	○
5			Charcoal	5		○	○	○
6	Winter clothes	PET/Rayon	Beige Grey	4	○	○	○	
7			Dark Olive Green	5		○	○	○
8			Forest Green	5		○	○	○
9			Chocolate	5		○	○	○
10			Charcoal	5		○	○	○
11	Flying suit	Aramid	Khaki	5		○	○	○
12	Ceremonial dress, Army(Winter)	Wool/PET	Green	5		○	○	○
13	Ceremonial dress, Army(Summer)	Wool/PET	Grey	3	○	○	○	
14			Green	4	○	○	○	
15	Ceremonial dress, Navy·Marine(Winter)	Wool/PET	Black	5		○	○	○
16			Green	5		○	○	○
17			Khaki	4	○	○	○	
18	Ceremonial dress, Navy·Marine(Summer)	Wool/PET	Green	4	○	○	○	
19			Khaki	3	○	○	○	
20	Ceremonial dress, Air force(Summer)	Wool/PET	Dark blue	4	○	○	○	
21			Sky-blue	3	○	○	○	
22	Digital pattern Inner wear	Cotton	Beige Grey	5		○	○	○
			Dark Olive Green	5		○	○	○
			Forest Green	5		○	○	○
			Chocolate	5		○	○	○
			Charcoal	5		○	○	○
23	Sport wear, Army	PET	Light grey	4	○	○	○	
24		PET/Spandex	Dark grey	4	○	○	○	
25	Sport wear, Navy	PET	Dark blue	4	○	○	○	
26	Sport wear, Marine	Nylon	Red	4	○	○	○	
27	Sweater, Army	Wool/Acryl	Bluish Green	4	○	○	○	
28	Sweater, Air force		Bluish Violet	4	○	○	○	
29	Sweater, Navy		Black	4	○	○	○	
30	Sweater, Marine		Green	4	○	○	○	
31	Raincoat	Nylon	Beige Grey	4	○	○	○	
32			Dark Olive Green	4	○	○	○	
33			Forest Green	4	○	○	○	
34			Chocolate	4	○	○	○	
35			Charcoal	5		○	○	○
36	Camouflage cove	Nylon	Beige Grey	4	○	○	○	
37			Dark Olive Green	4	○	○	○	
38			Forest Green	4	○	○	○	
39			Chocolate	5		○	○	○
40			Charcoal	5		○	○	○
41	Beret	Wool/Nylon	Dark Green	4	○	○	○	
42	Shelter	Cotton	Khaki	5		○	○	○

요구수준보다 한 단계 높은 조건 및 낮은 조건을 병행하여 진행하였다. 즉 일광견뢰도 요구수준이 5급일 때 조광 시간은 40시간 인데 한 단계 낮은 4등급(20시간 노출)과 한 단계 높은 6등급(80시간)을 추가로 시험하여 상호간 결과를 비교한 것이다.

Table 3에 시료별 품질 기준 및 노출 수준의 실험 내용을 정리하였다.

2.4 일광견뢰도 평가

시험편의 변퇴색 정도를 D65 광원하에서 변퇴색용 표준 회색 색표[17]를 이용하여 표준 청색염포의 변퇴색 정도와 비교하여 등급을 판정하였다.

2.5 표면반사율 및 색 측정

반사율 측정은 X-rite사의 7000A를 이용하여 400～700nm의 가시광선 영역에서 측정하고, 표준광원은 D65 광원, 시야각은 10^{o}로 하여 측정하였다. 색측정은 측정된 반사율 값으로부터 X, Y, Z 3자극값을 계산하고 CIELAB L^*, a^*, b^*를 구하였다.

2.6 색차의 측정

일광 견뢰도의 판정은 육안으로 진행되지만 이 경우 퇴색에 대한 변화를 정량적으로 확인하기 어렵다.

본 연구에서는 측색기를 통한 색차를 측정하여 결과를 비교하였다. 표준광원으로는 D65를 사용하였으며, 색차식을 적용하기 위한 시야각은 10° 시야를 적용하였다. 이때 색차식은 섬유분야에 가장 많이 적용되는[18] 아래의 CMC(2:1)식(1)을 적용하여 계산하였다.

$$\Delta E_{cmc}(l:c)=[(\Delta L^*/lS_L)^2+(\Delta C^*ab/cSC)^2+(\Delta H^*_{ab}/S_H)^2]^{1/2} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

where,

lS_L, cS_C and S_H : the ellipsoid semi-axes

$S_L=0.040975L^*_R/(1+0.01765L^*_R)$ if $L^*_R \geq 16$

or

$S_L=0.511$ if $L^*_R<16$

$S_C=[0.0638C^*_{ab,R}/(1+0.013C^*_{ab,R})]+0.638$

$S_H=(FT+1-F)S_c$

where,

$F=\{(C^*_{ab,R})^4/[(C^*_{ab,R})^4=1900]\}^{1/2}$

$T=0.36+|0.4\cos(35+h_{ab,R})|$ if $h_{ab,R} \geq 345°$ or $h_{ab,R} \leq 164°$

or

$T=0.56+|0.2\cos(168+h_{ab,R})|$ if $164°<h_{ab,R}<345°$

3. 결과 및 고찰

3.1 신형전투복

신형 전투복은 4도색 얼룩무늬를 5도색 디지털무늬로 전환하여 주간 위장 성능이 강화되었는데, 이는 과거 얼룩무늬 개발당시와 현저하게 바뀐 자연환경이 계기가 되어, 지형적 특성 및 기후적 특성을 고려한 것으로써 흙색, 활엽수색, 침엽수색, 나무 줄기색, 목탄색의 색상이 적용된 것이다.

소재는 폴리에스터/면 혼방을 선정하되 과거와 달리 잠재 권축사를 위사 방향에 삽입함으로써 신축성을 보강하였고, 항균방취나 흡한속건 성능을 부여함으로써 기능적인 측면에서도 개선이 진행되었다. 이렇게 개발된 신형 전투복의 색상은 위장성능과 직결되므로 일광에 의한 변퇴색이 단순히 품질 관리의 수준을 넘어 전투원의 생존까지 보장하는 중요한 요소가 되는 것이다.

본 연구에서는 사계절용 신형 전투복의 일광 견뢰도 실험을 우선적으로 진행하였다. 사계절용 디지털무늬 원단의 일광견뢰도 시험결과는 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 보면 사계절용 디지털 무늬 원단의 일광 견뢰도는 색상과 광원에 관계없이 기준보다 1등급 높게 나타났다. 이를 통해 현재 군에 공급되고 있는 원단의 일광 견뢰도가 매우 우수하다는 것을 알 수 있었으며, 무엇보다도 두 가지 광원에서 모두 동일한 결과를 나타내었기 때문에 시험법의 전환 과정에서 광원에 따른 등급의 변화없이 적용이 가능한 것을 확인 할 수 있었다.

색상의 변화를 더 자세히 확인하기 위해 각각의 색상에서 최고 등급으로 노출된 시료의 색차를 표준 색상대비 측정하고 이를 Table 5에 정리하였다.

Table 4. Test result of colorfastness to light of digital pattern fabric for combat uniform

Color	Level	Colorfastness to light	
		Carbon arc	Xenon arc
Beige Grey	4	5	5
Dark Olive Green	5	6	6
Forest Green	5	6	6
Chocolate	5	6	6
Charcoal	5	6	6

Table 5. Color difference after colorfastness test to light of digital pattern fabric for combat uniform

Color	Carbon arc				Xenon arc			
	ΔE	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE	ΔL*	Δa*	Δb*
Beige Grey	0.9	1.6	0.3	-0.1	0.3	0.7	0.1	0.1
Dark Olive Green	0.7	1.0	0.3	0.3	0.4	-0.6	0.1	-0.1
Forest Green	0.6	0.6	0.2	0.2	0.6	1.0	0.2	0.2
Chocolate	0.6	0.7	0.3	0	0.6	-0.6	0.3	-0.1
Charcoal	0.6	0.7	0.2	-0.2	0.5	0.7	0	-0.1

Table 5에서 보면 ΔE가 색상에 관계없이 1 이하의 값을 나타내어 조광 후에도 색상의 변화가 크지 않았다는 것을 알 수 있었다. 다만, 명도(ΔL)는 카본 아크가 상대적으로 다소 높게 나타나는 것으로 보아 카본 아크 램프에서 조광된 시료의 퇴색이 다소 심한 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 육안 판별 시 명도는 색상에 비해 덜 민감한 것으로 알려져 있고, 색상차(Δa^*, Δb^*)가 광원에 관계없이 0.3으로 낮아 사람이 인지하는 색상차는 거의 없을 것으로 판단되었다.

따라서 사계절용 디지털 무늬 원단의 일광견뢰도는 광원에 관계없이 동일한 등급과 유사한 색차를 나타내고 있으므로, 광원의 변경에 따른 등급 조정은 필요 없어, KS K ISO 105-B02로의 적용은 가능한 것으로 판단되었다.

색상의 전반적인 변화를 확인하기 위해 시료의 반사율을 조광시간에 따라 Figure 3에 정리하였다. Figure 3을 살펴보면 색상과 광원에 관계없이 유사한 반사율 곡선을 나타내고 있다. Beige Grey 색상은 조광 시간이 적음에도 불구하고 다른 색상에 비해 카본 아크 램프의 조사 후 반사율의 변화가 상대적으로 심하였는데, 이는 Beige Grey 색상의 염료가 다른 색에 비하여 카본 아크 램프의 짧은 파장의 UV 특정 영역에 취약하다는 것을 나타낸다.

카본 아크 램프의 UV spectral power distribution을 살펴보면 두 개의 매우 큰 에너지 피크가 있고 350nm 이하에서는 작은 에너지 분포를 보인다. 짧은 UV 단파장에 의해 손상이 크므로 밀폐된 카본 아크 램프 시험은 대부분의 소재에 대해서 시험속도를 느리게 해야 하며 짧은 UV 단파장에 민감한 소재에 대해서는 신뢰성있는 결과를 얻을 수 없다고 알려져 있다[9].

그러나 Forest Green 색상은 미세한 차이지만 카본 아크에 비해 크세논 아크 램프의 반사율 변화가 더 심하게 나타났다. 이는 앞서 설명한 것과 같이 과거 카본 아크 광원이 크세논 아크 광원에 비해 UV영역에서 에너지양이 높아 염료 분해를 촉진시켜 일광 견뢰도가 더 저하된다는 사실과는 다른 결과이다.

이러한 결과는 일광 견뢰도가 단순히 광원의 세기에만 의존하는 것이 아니라 염료의 집합 상태, 염료 농도 및 종류, 화학구조, 염료와 섬유간의 결합력과 같이 염료에 특성에 따른 영향에 있으며, 섬유의 종류나 염/가공 공정에서 사용된 첨가제 등에 의해서도 영향을 받기 때문이다[19,20].

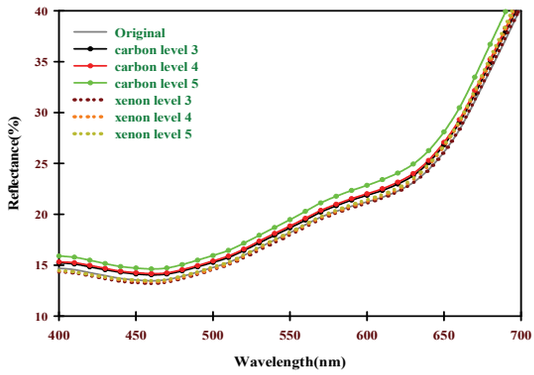
3.2 방한복 상의 외피

방한복 상의 외피는 야전상의로 알려져 있는데, 폴리에스터와 레이온의 혼방 직물에 폴리우레탄 필름을 라미네이팅하여 투습 방수 성능을 부여한 기능성 외의류이다. 개인 지급품목으로 피복/장구류 가운데는 전투복 다음으로 많이 사용되며, 실제 전투상황에서도 착용하는 품목이므로, 일광 견뢰도는 전투복과 같이 매우 중요하다 할 수 있다. 방한복 상의 외피는 2010년도 얼룩무늬 형태에서 개선되어 보급되었는데, 색상은 신형전투복과 같이 디지털 무늬 5도색을 적용하였다. 날염 이후 라미네이팅 과정이 추가되는데, 이때 열 이력에 따른 최종 제품의 일광 견뢰도가 변화될 수 있어 이를 확인해 보았다.

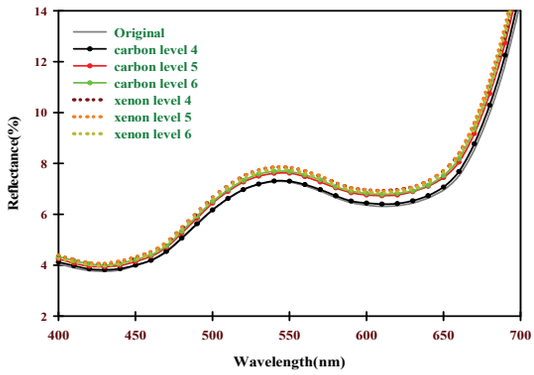
방한복 상의 외피 원단의 일광견뢰도 시험결과는 Table 6에 색상의 변화는 Table 7에 정리하였다.

Table 6에서 보면 신형전투복 원단과 같이 색상과 광원에 관계없이 제시된 기준보다 한 등급 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 두 가지 광원에서 모두 동일한 결과를 나타내었기 때문에 사계절과 마찬가지로 광원에 따른 등급의 변화를 고려하지 않아도 되므로, KS K ISO 105-B02로의 적용은 가능하다 할 수 있다.

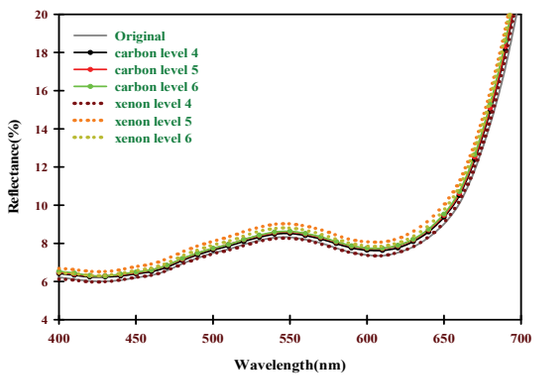
Table 7을 보면 ΔE가 색상에 관계없이 0.6이하의 값을 나타내어 전투복과 마찬가지로 색상의 변화가 크지 않았다고 볼 수 있다.



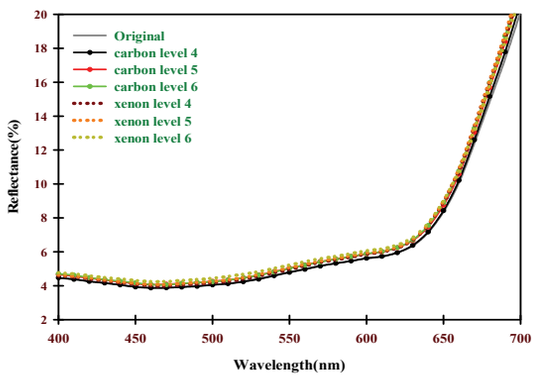
(a) Beige Grey



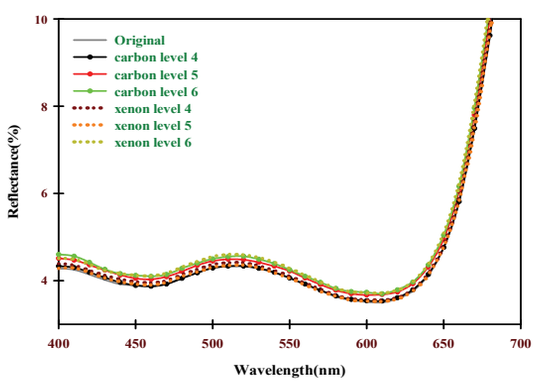
(b) Dark Olive Green



(c) Forest Green



(d) Chocolate



(e) Charcoal

Figure 3. Changes in reflectance of combat uniform for 4-season with various exposure times.

Table 6. Colorfastness test result to light of digital pattern fabric for winter clothes

Color	Level	Colorfastness to light	
		Carbon arc	Xenon arc
Beige Grey	4	5	5
Dark Olive Green	5	6	6
Forest Green	5	6	6
Chocolate	5	6	6
Charcoal	5	6	6

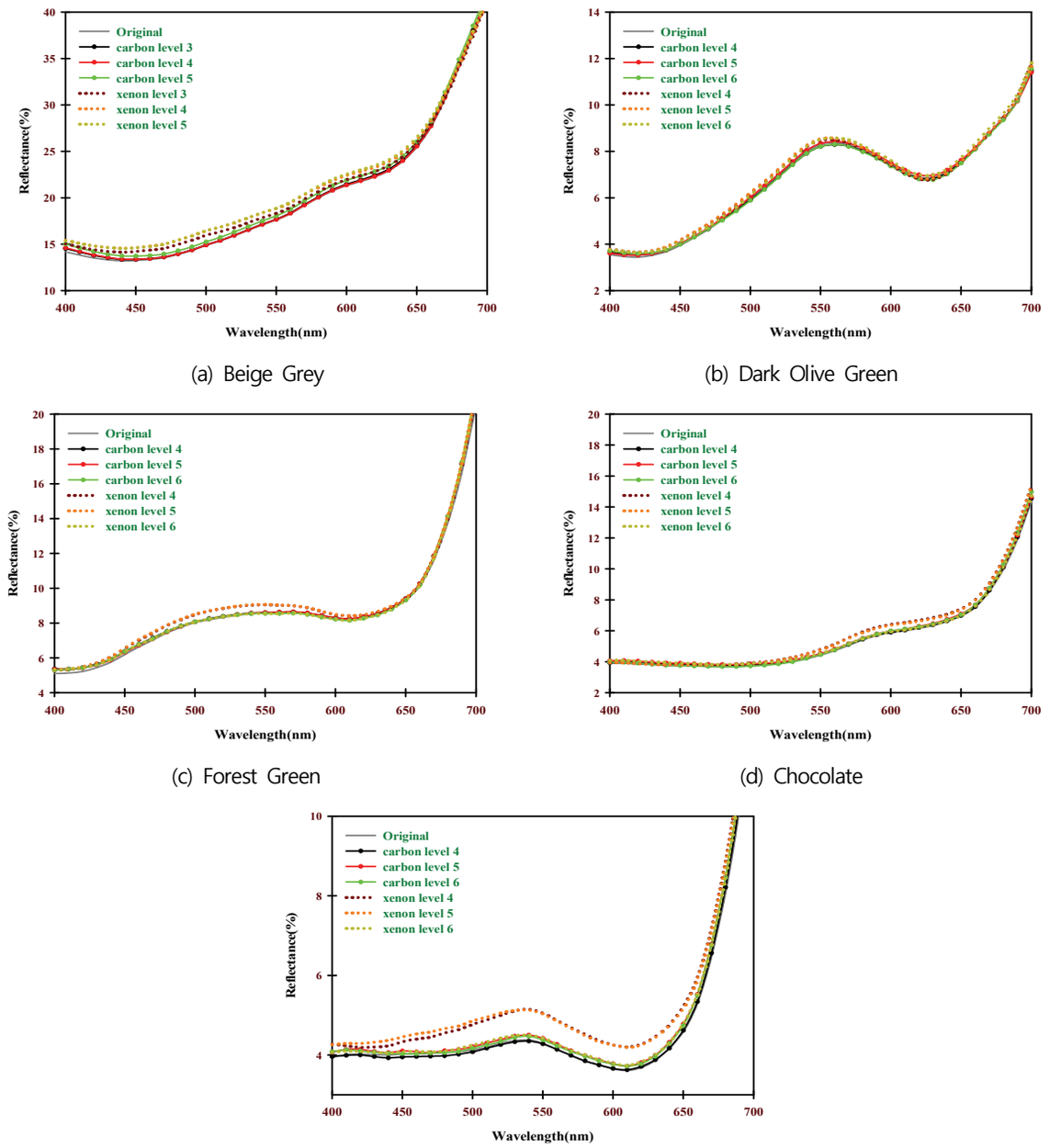


Figure 4. Changes in reflectance of winter clothes with various exposure times.

Table 7. Color difference after colorfastness test to light of digital pattern fabric for winter clothes

Color	Carbon arc				Xenon arc			
	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Beige Grey	0.6	0.5	0.2	-0.2	0.3	0.6	0	-0.1
Dark Olive Green	0.4	-0.2	0.2	-0.5	0.3	0.4	0	-0.2
Forest Green	0.6	0.5	0.3	-0.4	0.5	0	0.1	-0.6
Chocolate	0.3	0.1	0.3	0.2	0.7	-0.1	-0.3	-0.6
Charcoal	0.5	0.3	0.2	0.3	0.6	0.4	0.1	0.4

실제로 육안 판정을 할 경우에도 색상의 변화를 거의 확인 할 수 없었다. 다만 색상 측면에서는 노란색이 다소 감소하는 현상이 나타나는 것을 알 수 있었다.

Figure 4는 색상의 전반적인 변화를 확인하기 위해 시료의 반사율을 확인한 결과를 나타낸 것이다. Figure 4를 보면 모든 파장 영역에서 크세논 아크 램프로 조사한 시료의 표면반사율이 카본 아크 램프로 조사한 시료보다 대체로 크게 나타나 크세논 아크 램프로 조사한 시료가 카본 아크 램프로 조사한 것보다 퇴색이 더 된 것을 알 수 있다. 특히 Charcoal 색상에서 원포와 비교하여 카본 아크 램프로 조사한 것 보다 크세논 아크 램프로 조사한 시료의 반사율 값이 크게 증가하여 카본 아크 램프보다 크세논 아크 램프 조사에 의한 영향이 크게 나타났다.

따라서 카본 아크 램프에 의한 영향이 크세논에 비해 크지 않다는 것을 다시 확인 할 수 있었다.

3.3 비행복

비행복은 항공기 조종사가 착용하는 피복으로 화재 시에도 원활한 탈출을 위해 난연성이 요구되고 있다. 이를 위해 범용 섬유의 사용은 불가능하고 난연성이 있는 아라미드 섬유가 주로 사용되고 있다.

비행복 원단의 일광견뢰도 시험결과는 Table 8과 같다. 일광견뢰도는 5급 이상 수준으로, 되어 있는데 시험 결과 카본 아크 램프일 경우에는 5-6급 수준을 보이며, 크세논 아크 램프일 경우에는 6급 수준의 우수한 일광 견뢰도를 나타내었다.

Table 9의 색차 측정 결과를 보면 광원에 관계없이 명도가 다소 감소하였고, 특히 색상이 노랗게 변색되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 개선 비행복의 광원별 시험등급에 따른 반사율을 측정한

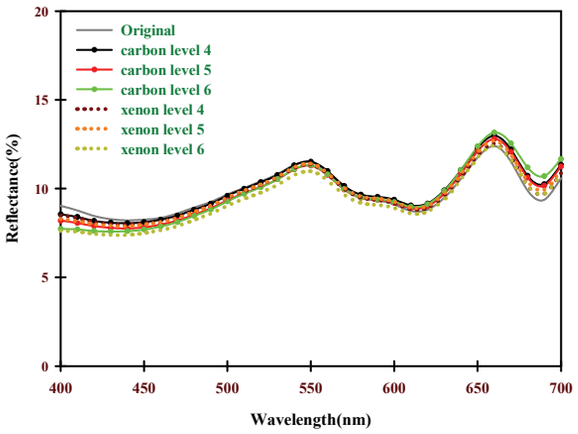


Figure 5. Changes in reflectance of flight uniform with various exposure times.

결과인 Figure 5를 보면 전체적인 값의 증감보다는 400～450nm 부근의 반사율 감소와 650～700nm 부근의 반사율 증가가 눈에 띄게 보여, Yellow계통 또는 Red 계통의 염료에서 변색이 진행되는 것을 짐작할 수 있었다. 광원에 관계없이 모두 5급 이상의 결과를 얻어 시험법의 전환은 가능한 것으로 판단되었다. 또한 비행복의 위장성 강화를 위해 다양한 연구가 진행되고 있는데, 가장 대표적인 것으로 미군의 Defender M이다[21]. 이는 난연성을 확보하면서도 염색이 가능하기 위해 아라미드 섬유와 FR 레이온, 나일론 등을 혼방한 것이다.

따라서 원착사를 사용하고 있는 기존의 비행복과는 염료 등의 차이가 발생 할 수 있으므로, 추후 개발 시에는 KS K 0700 및 KS K ISO 105-B02의 두 가지 일광 견뢰도 시험 방법을 동시에 고려하여 개발하는 것이 타당하다.

3.4 기타 품목

Table 3에서 제시한 것과 같이 전투복, 방한복 상의 외피, 비행복 등 11품목 외에도 재질 및 색상 등에 따라서 42종류의 시료에 대한 일광 견뢰도 비교 시험하여 그 결과를 Table 10에 정리하였다.

카본 아크 램프법과 크세논 아크 램프법에 의한 두 종류 시험의 결과는 동일하게 나타났으며 소재나

Table 8. Colorfastness test result to light of digital pattern fabric for fight uniform

Color	Level	Colorfastness to light	
		Carbon arc	Xenon arc
Khaki	3	5-6	6

Table 9. Color difference after colorfastness test to light of digital pattern fabric for fight uniform

Color	Carbon arc				Xenon arc			
	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Khaki	2.1	-0.2	0.8	1.7	1.7	-0.8	0.5	1.4

Table 10. Colorfastness test result to light of other military products

Item	Color	Level	Colorfastness to light	
			Carbon arc	Xenon arc
Ceremonial dress, Army(Winter)	Green	5	6	6
Ceremonial dress, Army(Summer)	Grey	3	5	5
Ceremonial dress, Army(Summer)	Green	4	5	5
Ceremonial dress, Navyl·Marine(Winter)	Black	5	6	6
	Green	5	6	6
	Khaki	4	5	5
Ceremonial dress, Navyl·Marine(Summer)	Green	4	5	5
	Khaki	3	5	5
Ceremonial dress, Air force(Summer)	Dark blue	4	5	5
	Sky-blue	3	5	5
Inner wear	Beige Grey	5	6	6
	Dark Olive Green	5	6	6
	Forest Green	5	6	6
	Chocolate	5	6	6
	Charcoal	5	6	6
Sport wear	Light grey	4	5	5
	Dark grey	4	5	5
	Red	4	5	5
	Dark blue	4	5	5
Sweater	Bluish Green	4	5	5
	Bluish Violet	4	5	5
	Black	4	5	5
	Green	4	5	5
Raincoat	Beige Grey	4	5	5
	Dark Olive Green	4	5	5
	Forest Green	4	5	5
	Chocolate	4	5	5
	Charcoal	4	6	6
Camouflage cover	Beige Grey	4	5	5
	Dark Olive Green	4	5	5
	Forest Green	4	5	5
	Chocolate	5	6	6
	Charcoal	5	6	6
Beret	Dark Green	4	5	5
Shelter	Khaki	5	5-6	6

Table 11. Color difference after colorfastness test to light of other military products

Item	Color	Colorfastness to light							
		Carbon arc				Xenon arc			
		ΔE	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE	ΔL*	Δa*	Δb*
Ceremonial dress, Army(Winter)	Green	0.6	0.7	0.3	-0.2	0.5	0.6	0.1	-0.1
Ceremonial dress, Army(Summer)	Grey	1.7	0.5	0.4	-1.1	1.6	0.3	0.1	-1.1
Ceremonial dress, Army(Summer)	Green	0.3	0.4	-0.2	0.1	0.3	0.4	-0.1	0.1
Ceremonial dress, Navy·Marine(Winter)	Black	0.1	-0.1	0	0.1	0.3	0.2	-0.1	0
	Green	0.5	0.2	0.4	-0.2	0.4	0.5	0.1	0
	Khaki	0.8	0.4	0.2	-0.8	0.6	0.3	-0.1	-0.8
Ceremonial dress, Navy·Marine(Summer)	Khaki	1.1	1.0	-0.1	-1.2	0.8	0.2	-0.2	-1.0
	Green	0.3	0.4	0	-0.1	0.8	0.9	-0.1	0.5
Ceremonial dress, Air force(Summer)	Dark blue	0.3	0.3	-0.1	0	0.6	0.2	-0.3	0.6
	Sky-blue	0.9	0.7	0.8	-0.6	1.0	0.5	0.8	-1.0
Inner wear	Beige Grey	0.4	-0.3	0	-0.4	0.4	-0.4	0	-0.4
	Dark Olive Green	0.4	-0.3	0	0.2	0.2	0	0.1	0.1
	Forest Green	0.3	-0.5	0	-0.1	0.3	-0.2	0.1	-0.1
	Chocolate	0.5	0.5	0	-0.3	0.3	0.3	-0.2	-0.2
	Charcoal	0.8	0.9	-0.4	0.1	1.0	0.4	-0.8	-0.1
Sport wear	Light grey	0.6	0.5	0.1	-0.4	0.6	0.2	0.1	-0.4
	Dark grey	0.6	0.6	0.2	-0.4	0.5	0.6	0.1	-0.3
	Red	0.7	-0.3	-0.4	-1.2	0.9	-0.4	-0.9	-1.6
	Dark blue	0.3	0.2	0.2	-0.1	0.5	0.6	0	-0.1
Sweater	Bluish Green	0.5	0.5	0	-0.1	0.5	0.5	0	0.1
	Bluish Violet	0.7	0.6	0.2	-0.2	0.8	0.7	-0.1	0.2
	Black	0.5	-0.5	0.1	-0.1	0.3	-0.2	0	-0.1
	Green	1.4	-1.7	0.2	-0.4	1.0	1.2	0.2	0.3
Raincoat	Beige Grey	0.5	0.2	-0.3	-0.5	0.7	0.4	-0.4	-0.1
	Dark Olive Green	0.2	0.2	0	-0.1	0.4	-0.3	0.1	-0.2
	Forest Green	0.5	-0.1	-0.1	-0.5	0.4	0.2	0	-0.4
	Chocolate	0.1	0	0	0	0.4	-0.3	0.1	-0.2
	Charcoal	0.4	0.5	0	-0.2	0.1	0	0	0
Camouflage cover	Beige Grey	1.7	-0.3	0.1	-1.2	1.3	0.1	0	-1.1
	Dark Olive Green	0.5	0.3	0	-0.6	0.8	0.3	-0.5	-0.7
	Forest Green	0.8	1.3	0.3	0	0.2	0.4	0	0
	Chocolate	0.9	0.9	0	-0.6	0.9	1.0	-0.4	-0.4
	Charcoal	1.2	0.3	0.5	-0.8	1.0	1.0	0	-0.6
Beret	Dark Green	0.4	0.3	0	0.2	0.4	0.1	0.1	-0.1
Shelter	Khaki	0.4	0.3	0	0.2	0.4	0.1	0.1	-0.1

색상에 관계없이 기준을 상회하는 견뢰도가 측정되었다. 색차에 대한 결과는 Table 11에 나타내었다.

육군 동정복(Green)을 비롯한 15종류는 카본 아크 램프법으로 시험한 경우 색차가 크게 나타났고, 해군·해병 동정복(Black)을 비롯한 12종류는 크세논 아크 램프법으로 시험한 경우 색차가 크게 나타났으며, 육군 하정복(Green)을 비롯한 8종류는 동일한 결과를 보여 광원의 종류가 광조사 후 색상의 변화에 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다. 이밖에도 조광 시간에 따른 반사율의 변화에 있어서도 전투복, 방한복 상의 외피, 비행복의 결과와 같이 조사시간에 따라서 반사율이 증가하여 퇴색되는 현상을 확인할 수 있었으나 광원에 따른 반사율 값의 변화에는 큰 차이를 나타내지 않았다.

따라서 광원에 따른 품질 기준의 조정 없이 광원만 변경하여 시험을 진행하는 것이 타당한 것으로 판단되었다.

4. 결 론

일광견뢰도를 평가하는 방법으로 과거에 많이 사용된 KS K 0700은 최근 KS K ISO 105-B02로 대체 되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 군용 섬유 제품의 일광 시험법에 대한 신뢰성 확보 및 램프 수급 곤란에 따른 추후 애로사항을 예방하고자 현재 적용되는 카본 아크 램프를 크세논 아크 램프로 대체하기 위한 연구를 진행하였다. 다만 국방규격 및 구매요구서에는 단순히 시험방법만 명시된 것이 아니고 품질 기준이 동시에 제시되어 있으므로 여러 섬유 제품의 비교시험을 통해 시험법의 전환을 제안하고자 하였다. 연구에 사용된 시료는 군용 섬유 제품을 소재와 색상으로 분류하여 11개 품목의 42종류로 구성되었다.

일광견뢰도 시험은 카본 아크법(KS K 0700)과 크세논 아크법(KS K ISO 105-B02)을 시험하여 비교하였다. 크세논 아크법은 1~8의 표준 청색염포를 사용하고 미주 지역 선호 노출조건과 방법 3의 조광법을 준용하여 진행하였다. 시험 후 일광견뢰도 등급, 색차, 표면반사율 및 색상의 변화를 살펴보았다. 시험에 사용된 42종류의 시료에 있어서 약간의 차이는 있으나, 카본 아크 램프 및 크세논 아크 램프 광원에서 품질 기준을 상회하는 수준의 결과를 얻을 수 있었다. 다만 카본 아크 램프에 의한 일광 견뢰도가 크세논 아크 램프에 의한 견뢰도 보다 낮다는 것과 달리 소재 또는 색상에 따라서는 크세논 아크 램프에 의한 색상 변화가 조금 더 심한 경우도 있었다. 따라서 두 인공 광원 간의 상관관계를 밝히는 것에는 무리가 있었으나, 현재의 품질기준에서 광원의 전환에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

이상에서 언급한 바와 같이 두 광원의 일광 견뢰도 시험 결과에서는 품질 기준을 상회하는 일광견뢰도를 얻어 섬유 분야 KS 규격의 개정 동향과 마찬가지로 KS K 0700으로 규제된 국방규격 및 구매요구서 등에 KS K ISO 105-B02를 함께 적용하여도 큰 무리는 없을 것으로 확인되었다.

References

1. Y. Jeong, S. Moon, J. S. Kang, H. K. Seo, and H. B. Park, A Study on Processes and Performance Evaluation for IR Camouflage Printed Selectively Permeable Membrane Fabrics, *Textile Coloration and Finishing*, **26**(1), 13(2014).
2. T. G. Kim and H. H. Cho, The Influence of Wearing Army Combat Uniform on the Thermal Responses in Heat Environment, *Fashion and Text. Res. J.*, **16**(1), 167(2014).
3. S. R. Kim, “Textiles”, Kyomunsa, Paju, pp.48-49, 2012.
4. Y. Park, Camouflage of Combat Uniform and Set of Reflectance Standard, *Fiber Technology and Industry*, **17**(4), 235(2013).
5. B. Kim, S. Hong, and Y. Park, A Study on Reliability of Color-Fastness to Light of the New Combat Uniforms(digital pattern), Proceedings of the Korean Society for Quality Management Spring Conference, Seoul, Vol.1, p.104, 2013.
6. Korean Agency for Technology and Standards, KS K ISO 105-B01, Textiles-Tests for Colour Fastness to Light: Daylight, 2014.
7. Korean Agency for Technology and Standards, KS K 0700, Test Method for Color Fastness to Light: Carbon Arc Method, 2014.
8. Korean Agency for Technology and Standards, KS K ISO 105-B02, Textiles-Tests for Colour Fastness-Part B02: Colour Fastness to Artificial Light: Xenon arc Fading Lamp Test, 2010.
9. P. Brennan and C. Fedor, “Sunlight, UV, and Accelerated Weathering, Technical Bulletin LU-0822”,

The Q-Panel Lab Products, Cleveland, 1994.
10. Korean Agency for Technology and Standards, KS K ISO 105-B05, Textiles-Tests for Colour Fastness -Part B05: Detection and Assessment of Photochromism, 2014.
11. American Society for Testing and Materials, ASTM G 152, Standard Practice for Operating Open Flame Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials, 2013.
12. American Society for Testing and Materials, ASTM G 153, Standard Practice for Operating Enclosed Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials, 2013.
13. American Society for Testing and Materials, ASTM G 155, Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials, 2013.
14. B. J. Collier and H. H. Epps, "Textile Testing and Analysis", Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp.230 -231, 1999.
15. H. R. Yoon, "Color Control and Color Design", Kukje, Anyang, pp.62-63, 2008.
16. J. Lee, S. Ahn, and H. Yoon, Study of Colorfastness Characteristics of Colors by Using Polyester Thread, Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers Annual Conference and Exhibition, Ilsan, Vol.1, p.1203, 2014.
17. Korean Agency for Technology and Standards, KS K ISO 105-A02, Textiles-Tests for Colour Fastness-Part A02: Grey Scale for Assessing Change in Colour, 2014.
18. Korean Agency for Technology and Standards, KS K 0205, Calculation of Color Differences for Textiles, 2008.
19. http://user.kotiti.re.kr/technic/TSVol12No111.pdf, 2015.09.27.
20. I. Kang, W. S. Song, H. S. Ryu, J. S. Lee, and H. Chung, "Textile Dyeing: Concepts and Technics", Kyomunsa, Paju, p.54, 2001.
21. http://www.tencate.com/emea/protective-fabrics/markets/military-and-police/default.aspx, 2015.08.09.