〔연구논문〕

EISSN 2234-0793
PISSN 1225-1151
Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles
Vol. 40, No. 3 (2016) p.456~464
http://dx.doi.org/10.5850/JKSCT.2016.40.3.456

색상 및 세탁견뢰도의 정량적 분석을 통한 신형 전투복 원단의 색상신뢰성 연구

홍성돈 · 김병순 · 장연주* · 이정순†**

국방기술품질원 서울센터, *한국건설생활환경시험연구원 융합기술본부 섬유고분자팀,
**충남대학교 의류학과

A Study on Color Reliability of New Combat Uniform Fabrics through Quantitative Analysis of the Color and Color Fastness to Washing

Seong-don Hong · Byung-Soon Kim · Yeonju Jang* · Jung Soon Lee†**

Seoul Regional Center, Defense Agency for Technology and Quality
*Polymer Materials Team, Convergence Technology Division, Korea Conformity Laboratories
**Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University
Received July 14, 2015; Revised October 1, 2015; Accepted November 30, 2015

Abstract

A new combat uniform is improved for added combat safety with various functions such as survivability, battle conformity and a camouflage performance system. Camouflage performance is an important factor in terms of combat survivability since it makes identification difficult and provide security. The combat uniform is worn under extreme conditions (exposure to ultraviolet light, sweat and friction) and an excellent color fastness to repeated washing is required. In this study, we investigated the color management, durability and discoloration of new combat uniform fabric with a digital pattern for camouflage performance to provide preliminary color management data. We examined color differences between standard fabric and mass-produced combat uniform fabrics, color differences between each military supply contract firm and color changes in combat uniforms after 60 washing cycles. The slight color differences between standard fabric and mass-produced combat uniform fabrics were tolerable under quality criteria of Republic of Korea Ministry of National Defense. However, the differences between the military supply contract firms were recognizable to the naked eye and increased with repeated washing. Continuous research on color fastness under repeated washing and color management is required to standardize reliability from each military supply contract firm for the daytime performance of a combat uniform's camouflage.

***Key words*:** New combat uniform fabric, Digital pattern, Color difference, Color fastness to washing, Reliability; 신형 전투복 원단, 디지털 무늬, 색차, 세탁견뢰도, 신뢰성

I. 서 론

2011년도 초까지 한국군은 20여년 전에 개발된 얼룩무늬 전투복을 착용하였으나, 이후 미래 전장 환경에 적

†Corresponding author
E-mail: jungsoon@cnu.ac.kr

ⓒ 2016, The Korean Society of Clothing and Textiles. All rights reserved.

합하고 병영생활 만족도 및 전투 효율성 향상을 도모할 수 있도록 주·야간 위장성능이 개선되고, 기능성 등이 부여된 신형 전투복을 착용하기 시작하였다(Kim et al., 2009).

신형 전투복의 여러 가지 개선 사항 중 대표적인 것이 위장성능의 개선이다(Han et al., 2013). 이전의 4도색 얼룩무늬 전투복은 시대에 따른 한반도 지형의 변화로 색상분포의 변화에 따라 위장성능에 한계를 가지고 있었다. 또한 야시 장비로부터의 보호를 위한 야간 위장은 근적외선 반사율로 발현되는데 얼룩무늬 전투복은 위장범위가 600~860nm 범위로 해외 선진국의 1200~1500nm까지 확장한 것에 비해 미흡한 수준이었으며, 반사율 값 또한 현재의 자연환경을 반영하기에는 한계가 있었다. 따라서 신형 전투복은 이를 개선하기 위해 색상은 5도색, 무늬는 경계가 불분명한 digital pixel 형태로 변경하였으며, 근적외선 반사율의 적용범위는 600~1040nm까지 확대함으로써 주·야간 위장성능을 대폭 개선하였다.

한편, 이렇게 개발된 신형 전투복 원단은 조달 및 전시상황을 고려하여 다수의 업체에서 양산이 진행되고 있으며, 양산제품 간 위장성능의 유지를 위해 표준색상을 제시하고, 구매요구서에 품질기준을 명시하여 완성품의 품질확인 시 활용하도록 하였다. 이때 색상의 허용범위는 KS K ISO 105-A02(Korean Agency for Technology and Standards [KATS], 2014) 변퇴색용 표준회색색표로 판정 시 3~4급 이상으로 되어있다. 그러나 표준회색색표로 판정 시에는 색상은 고려하지 않고 명도와 채도만 고려하므로, 품질 및 위장 측면에서 색상에 대한 관리에는 한계를 보이고 있다. 또한 전투복은 운용 특성상 강한 햇빛의 노출이 많고 반복착용에 따른 세탁횟수가 많아 일반 의류에 비해 염색견뢰도에 대한 내구성 유지기간이 상대적으로 짧고, 이러한 특성은 전투복의 위장성능 저하에도 영향을 줄 수 있으므로 이를 고려한 품질관리가 필요한 실정이다.

특히, 신형 전투복의 색상은 전투원의 생존성과도 연관되므로 양산 시 색상에 대한 관리는 물론, 착용 이후에도 색상의 내구성 및 퇴색 현상 등에 대한 관리는 매우 중요하다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 양산 직후의 업체별 색상에 대해 가시광선 영역에서의 반사율을 직접 측정하고 색차를 계산함과 동시에, 착용기간을 고려한 반복세탁을 통해 퇴색 현상을 분석함으로서 전투복의 주간 위장성능에 대한 색상관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 실 험

1. 시료

본 연구의 대상인 신형 전투복은 2011년도부터 보급되기 시작하였으며, 색상은 한국 지형의 4계절을 분석하여 주간 위장에 적합하도록 국민대학교에서 개발하였다. 이때 색상은 <Table 1>에서 보는 바와 같이 Beige Grey,

Table 1. Standard color characteristics for digital pattern of new combat uniform fabric

Sample code	Standard colors of new combat uniform	L*	a*	b*	C^*_{ab}	H^*_{ab}	Color image
BG	Beige Grey	49.65	7.28	10.53	12.80	55.33	
DOG	Dark Olive Green	34.03	−1.45	5.81	5.99	104.06	
FG	Forest Green	31.05	−2.56	11.12	11.41	102.95	
CL	Chocolate	25.61	6.26	5.01	8.02	38.68	
CC	Charcoal	23.73	−1.00	−0.40	1.08	201.65	

Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal의 5도색을 적용하였으며, 위장패턴은 <Fig. 1>과 같이 화강암 무늬가 적용된 digital pixel을 적용하고 있다.

본 연구에 사용된 원단은 4종류로 그 특성은 <Table 2>–<Table 3>과 같다. 4종류의 원단은 신형 전투복 원단을 양산하고 납품한 모든 업체를 대상으로 각 업체의 원단 1종류씩을 선택하여 시험대상으로 선정하였으며, 시험결과를 비교하기 위한 원단으로 국방부에서 제시한 표준원단(이하 Standard fabric)을 사용하였다.

Fig. 1. Digital pattern of new combat uniform fabric.

2. 표면반사율 및 색 측정

반사율 측정은 X-rite사의 7000A를 이용하여 400~700nm의 가시광선 영역에서 측정하고, 표준광원은 D65 광원, 시야각은 10°로 하여 측정하였다. 색 측정은 측정

Table 2. Specifications of the mass-produced combat uniform fabrics

Fabric	Content (%) polyester/cotton	Weight (g/m^2)	Fabric count warp×weft (5cm×5cm)
A	69.4/30.6	225.8	186×149
B	70.1/29.9	224.1	182×136
C	69.7/30.3	224.8	186×129
D	69.8/30.2	218.2	180×131

Table 3. Color characteristics of mass-produced combat uniform fabrics

Fabric	Color	L*	a*	b*	C^*_{ab}	H^*_{ab}
A	BG	50.24	6.61	8.13	10.48	50.86
	DOG	33.23	–0.76	4.56	4.62	99.44
	FG	31.33	–3.01	9.67	10.13	107.30
	CL	26.46	6.59	4.83	8.17	36.25
	CC	22.54	–0.68	–0.27	0.73	201.80
B	BG	51.39	6.63	9.88	11.89	56.13
	DOG	35.88	–1.98	5.88	6.20	108.66
	FG	33.42	–3.92	11.24	11.91	109.25
	CL	28.17	4.89	5.24	7.17	46.93
	CC	24.58.	–1.60	0.64	1.72	158.24
C	BG	49.27	5.33	9.80	11.15	61.48
	DOG	34.14	–2.00	5.22	5.59	111.00
	FG	31.26	–2.87	10.52	10.90	105.27
	CL	25.60	4.76	4.21	6.35	41.54
	CC	22.97	–0.47	0.17	0.50	160.37
D	BG	49.75	6.93	8.99	11.35	52.37
	DOG	34.48	–1.75	5.17	5.46	108.75
	FG	31.23	–3.61	10.66	11.25	108.70
	CL	25.52	5.17	4.36	6.77	40.13
	CC	22.89	–1.71	–0.27	1.74	188.91

된 반사율 값으로부터 X, Y, Z 3자극 값을 계산하고 CIELAB L*, a*, b*를 구하였다.

3. 색차측정

색차는 표준원단과 4개 업체 원단 간의 색차와 세탁 전후의 색차를 살펴보았으며 변퇴색용 표준회색색표를 이용한 육안판정과 측색기를 이용한 기기적 평가방법을 병행하여 판정하였다. 육안판정은 D65 광원 하에서 KS K ISO 105-A02(KATS, 2014) 변퇴색용 표준회색색표를 이용하여 공인시험기관의 견뢰도 판정 전문가 3인의 판정으로 견뢰도 등급을 판정하였으며, 기기적 평가방법은 KS K 0205(KATS, 2008)에 의해 ΔE_{cmc}를 계산하였다. ΔE_{cmc}는 국제조명위원회에서 1976년에 권장한 CIE L*a*b* 표색계의 ΔE Lab와 실제로 눈으로 보는 것의 차이를 가능한 최소화하기 위하여 CIE L*a*b* 표색계를 변형시킨 CMC(*l*:*c*) 색차식으로 계산된 색차이다. CMC(*l*:*c*) 색차식은 <Eq. 1>과 같으며 여기서 *l*:*c*는 섬유제품에 주로 적용되는 2:1을 적용하였다.

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

4. 세탁시험

반복세탁에 따른 색상변화를 확인하기 위한 세탁시험은 가정용 세탁기를 이용하는 KS K ISO 6330(KATS, 2011)을 적용하되, 교반식 세탁기에 대한 세탁절차 9B (세탁온도 30°C, 빨랫줄 건조) 조건에 준하게 설정하여 실시하였으며, 세탁기와 세제는 군부대의 운용 환경을 고려하여 일반 가정용을 사용하였다. 세탁시험은 총 60회 실시하였고 1, 5, 10, 20, 40, 60회 세탁 후 원단의 a*, b* 값을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 표준원단 색상과 비교한 양산제품 원단의 색차

신형 전투복의 원단의 색상은 유사 시 장병의 생존여부와 직결되므로 이의 관리는 매우 중요하다. 미국의 경우 위장무늬 원단에 대한 규격으로 색차(dE)를 1.5 이하로 관리하도록 규정되어 있다(US Military, 2011). 우리나라의 경우 신형 전투복 원단의 구매요구서에는 색상에 대하여 수요군에서 제시한 견본을 따르되 허용범위는 변퇴색용 표준회색색표로 판정 시 3~4급 이상으로 규정하고 있다(Ministry of National Defense, 2015). 현재 양산 중인 4개 업체의 신형 전투복 원단에 대한 색상을 확인하기 위해 국방부에서 선정한 표준원단과 비교하여 그 결과를 <Table 4>에 나타내었다.

<Table 4>에서 보는 바와 같이 양산된 제품의 육안판정 결과는 4급 이상을 나타내어 양호한 것을 알 수 있었다. 그러나 표준회색색표는 일반적으로 섬유제품의 염색견뢰도에 대해 오염 및 변퇴색을 판정할 때 사용되는 방법으로 동일 색상에서의 판단에는 적합하지만, 두 개 색상의 비교를 위한 시험으로는 부적합할 것으로 예측되었다. 따라서 색상차를 보다 정량적으로 분석하기 위하여 측색기를 통해 각각의 색상에 대한 표준원단과 양산된 제품의 색차를 <Table 5>에 나타내었다.

일반적으로 ΔE 값이 1.5보다 크면 색상차이가 인지되는 수준으로 알려져 있는 것을 고려하면 <Table 5>에서 보는 것과 같이 전체적으로 Beige Grey, Forest Green 색상은 1.5보다 큰 값을 나타내고 있으므로 색차가 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 KS K ISO 105-A02 (KATS, 2014)의 색표에 의한 판정 시 3~4급일 경우 ΔE 기준이 2.5±0.3으로 제시되고 있으므로 대부분의 색상에서 색차계를 이용하여 측정한 결과로도 신형 전투복 원단의 구매요구서의 조건을 충족하고 있는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Color difference (gray scale rating) compared to standard fabric

Fabric	Color difference (gray scale rating)				
	BG	DOG	FG	CL	CC
A	4-5	4-5	4-5	4	4-5
B	4	4-5	4	4-5	4-5
C	4-5	4-5	4	4-5	4
D	4-5	4-5	4	4-5	4

Table 5. Color difference (ΔE_{cmc}) compared to standard fabric

Fabric	Color difference (ΔE_{cmc})				
	BG	DOG	FG	CL	CC
A	1.93	1.67	1.66	1.34	0.81
B	2.07	2.59	3.81	2.77	2.95
C	0.98	1.31	1.55	1.37	0.79
D	2.88	1.30	1.05	1.34	1.21

2. 양산제품 상호비교에 따른 색차

업체에서 양산한 신형 전투복 원단 제품 간의 상호 비교에 따른 색차검토를 목적으로 업체별로 측정된 신형 전투복 원단의 반사율 값을 이용하여 색차를 계산, 그 결과를 비교분석해 보았다.

<Table 6>은 업체별로 양산된 신형 전투복 원단의 색차를 나타낸 것이다. A와 C업체 간, 그리고 C와 D 업체 간의 색상차는 상대적으로 크지 않아 색차값(ΔE_{cmc})이 평균 1.5와 1.4 정도의 색상차를 나타내고 있으나 A와 B 그리고, A와 D 업체 간의 색상차는 평균 3.2와 1.97을 각각 나타내었고, B와 C 업체 간에는 색차값이 평균 2.5의 색상차를 나타내어 업체 상호간에는 육안으로 인지가 가능한 수준(ΔE 값=1.5)의 색상차가 나타난다는 것을 알 수 있었다.

앞서 <Table 4>에서 표준회색색표로부터 색상을 판정할 경우에는 업체 간의 색상차에 대한 판단이 불가능하였으나, 반사율 값을 이용하여 색상을 비교하면 <Table 6>에서 보는 바와 같이 색상차이가 현저하게 나타난다는 것을 정량적으로 확인할 수 있었다.

<Fig. 2>는 Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal의 표준원단과 4개 업체의 원단 색상의 표면반사율 값을 나타낸 것이다. Beige Grey의 경우 원단 간 표면반사율의 값이 전 파장에 걸쳐 조금씩 차이가 나타났으나 Dark Olive Green의 경우에는 전 파장에 걸쳐 원단 간 차이가 크지 않음을 알 수 있다. Forest Green의 경우에는 500nm 부근과 620nm 이상에서 업체 간 차이가 나는 것으로 확인된다. Chocolate의 경우 620nm 이전에서는 업체 간 차이가 거의 나지 않으나 반사율 값이 높은 620nm 이상의 영역에서는 업체별로 현저한 차이를 나타내었다. Charcoal의 경우에는 620nm 이상의 영역에서 약간의 차이는 보이나 Dark Olive Green의 경우와 마찬가지로 전 파장에 걸쳐 원단 간 차이가 크지 않았다. 차이가 나는 파장의 영역을 살펴보면 붉은색 파장을 특징적으로 보여주는 620nm 이상 영역이나 노란색 파장을 특징적으로 보여주는 500nm 부근의 파장 영역으로 붉은색이나 노란색 기미가 많이 있을수록 업체별로 현저한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

Table 6. Color difference (ΔE_{cmc}) between the mass-produced combat uniform fabrics

Fabric	Color	B	C	D
A	BG	2.50	1.00	3.90
	CL	3.35	1.97	2.25
	FG	2.95	0.99	0.78
	DOG	3.68	1.99	1.98
	CC	3.56	1.59	0.96
B	BG		2.15	2.89
	CL		3.73	3.59
	FG		2.28	2.76
	DOG		1.72	2.05
	CC		2.65	2.36
C	BG			3.45
	CL			0.46
	FG			0.84
	DOG			0.49
	CC			1.78

<Fig. 3>은 표준원단과 Beige Grey, Dark Olive Green, Forest Green, Chocolate, Charcoal의 a*와 b* 값의 차이를 나타낸 것이다. 표면반사율에서 큰 차이를 보이지 않았던 Dark Olive Green과 Charcoal의 경우를 포함하여 일부 양산제품은 a*와 b* 값이 표준원단과도 많은 차이를 나타냈다. 뿐만 아니라, 양산제품 원단의 a*와 b* 값 간에도 큰 차이를 보이는 경우가 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 각 업체의 원단이 명도 값(L*)과 채도 값(C*)은 큰 차이가 없으나 육안판정에서 배제되는 색상(H*, a*, b*)은 상대적으로 차이가 크게 나타난다는 것을 의미한다. 따라서 색상판정을 위하여 군에서 적용되고 있는 육안판정에 의한 방법은 염색견뢰도의 판정에는 적합하지만, 색상의 차이를 판단하기 위해서는 보완이 필요하다는 것을 확인할 수 있다.

3. 세탁에 따른 색차변화

초기제품의 색상의 차이만큼 중요한 것이 장기간 사용에 따른 색상의 변화이다. 군수품, 특히 전투복은 민수품과 달리 단기간에 착용 및 세탁횟수가 많고, 운용환경도 가혹하기 때문에 색상의 변화가 더 심하게 발생할 수 있다. 또한, 염색방법도 침염이 아닌 날염을 통해 진행되어 마찰 등으로 인한 원단 표면이 손상될 경우 원단의 바탕색상이 혼재되어 보일 수 있어 우수한 염색견뢰도를 갖고 있음에도 불구하고, 세탁내구성이 부족한 것으로 오인될 수 있다. 무엇보다 업체 간 염료의 상이함으로 반복세탁에 의한 퇴색의 차이가 발생하므로 상대비교 시 더 심한 것으로 오인될 수도 있다. 그러므

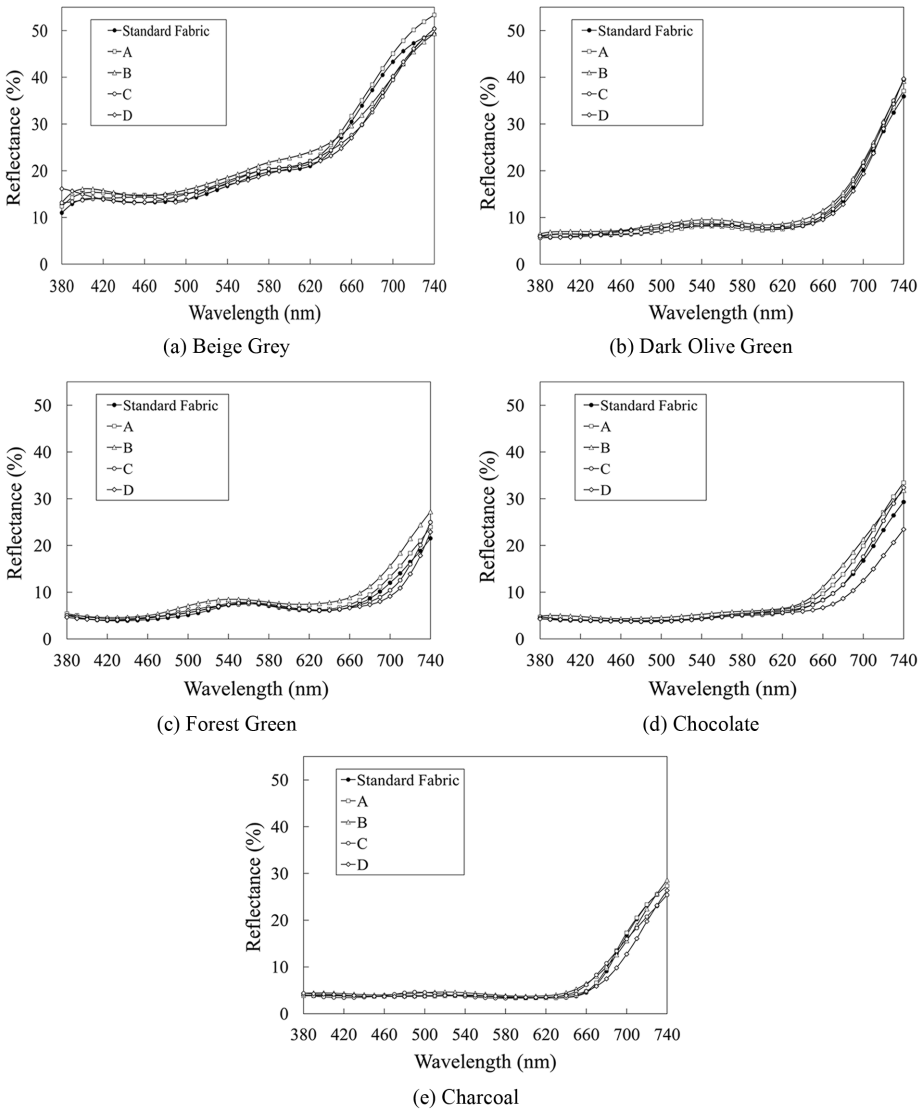

Fig. 2. Specific changes in reflectance values.

로 반복착용에 따른 업체별 신형 전투복 원단 색상의 변화도 추가적으로 고려해야 할 것으로 판단되었다.

한편, 신형 전투복은 4계절 착용하는 것과 동시에 평시 및 훈련 간 사용하는 등 다양한 환경에 노출되어 있어 이에 적합한 시험방법을 찾는 것은 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 선행과제로 반복세탁에 따른 색상의 변화를 알아보고자 하였다. 이를 위해 병사의 착용주기를 보급 기준인 3벌로 하여 2년 동안 착용하는 것으로 가정할 때 한 벌당 최대 60회 정도의 세탁이 진행될 것으로 예측하여 세탁에 따른 색상의 변화를 분석해 보았다. 이때 세탁은 KS에 정해진 시험방법을 준용하되, 실제 장병의 세탁환경을 고려하여, 조금 더 가혹하게 진행하였다. 즉, 세탁 시 세제의 양도 50g/50L로 표준사용량(45g/50L)보다 더 사용하였으며, 세탁시간은 KS K ISO 6330(KATS, 2011)의 평균 시간보다 많은 30분 세탁에, 15분 헹굼 진행 후 탈수하여 자연건조를 반복적으로 진

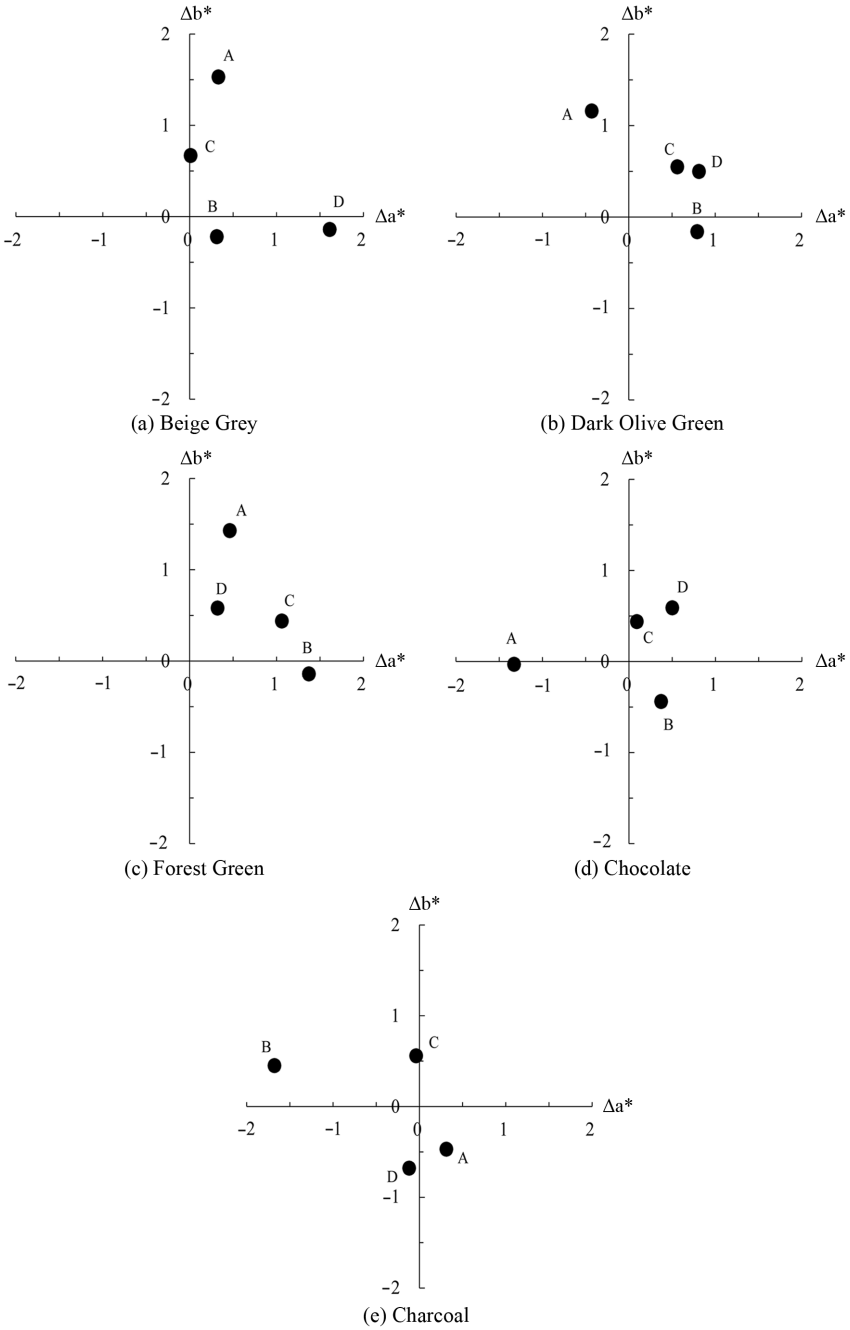

Fig. 3. Δa* and Δb* values of the mass-produced combat uniform fabrics compared to standard fabric.

행한 결과를 <Table 7>–<Table 8> 및 <Fig. 4>에 정리하였다.

<Table 7>–<Table 8>은 60회 세탁 후의 색상의 변화를 육안(Grey-Scale)판정 방법과 측색기를 이용한 기기

Table 7. Color difference (gray scale rating) compared to standard fabric after 60 washing cycles

Color \ Fabric	A	B	C	D
BG	4-5	4	4-5	4-5
CL	4	4	3-4	4
FG	4	4	3-4	4
DOG	4-5	4	3-4	4
CC	4	4-5	3-4	4

Table 8. Color difference (ΔE_{cmc}) compared to standard fabric after 60 washing cycles

Color \ Fabric	A	B	C	D
BG	1.26	1.98	1.10	2.07
CL	1.32	1.09	1.33	1.99
FG	1.14	1.94	2.00	1.67
DOG	1.70	1.15	2.25	1.80
CC	1.86	0.59	1.80	1.26

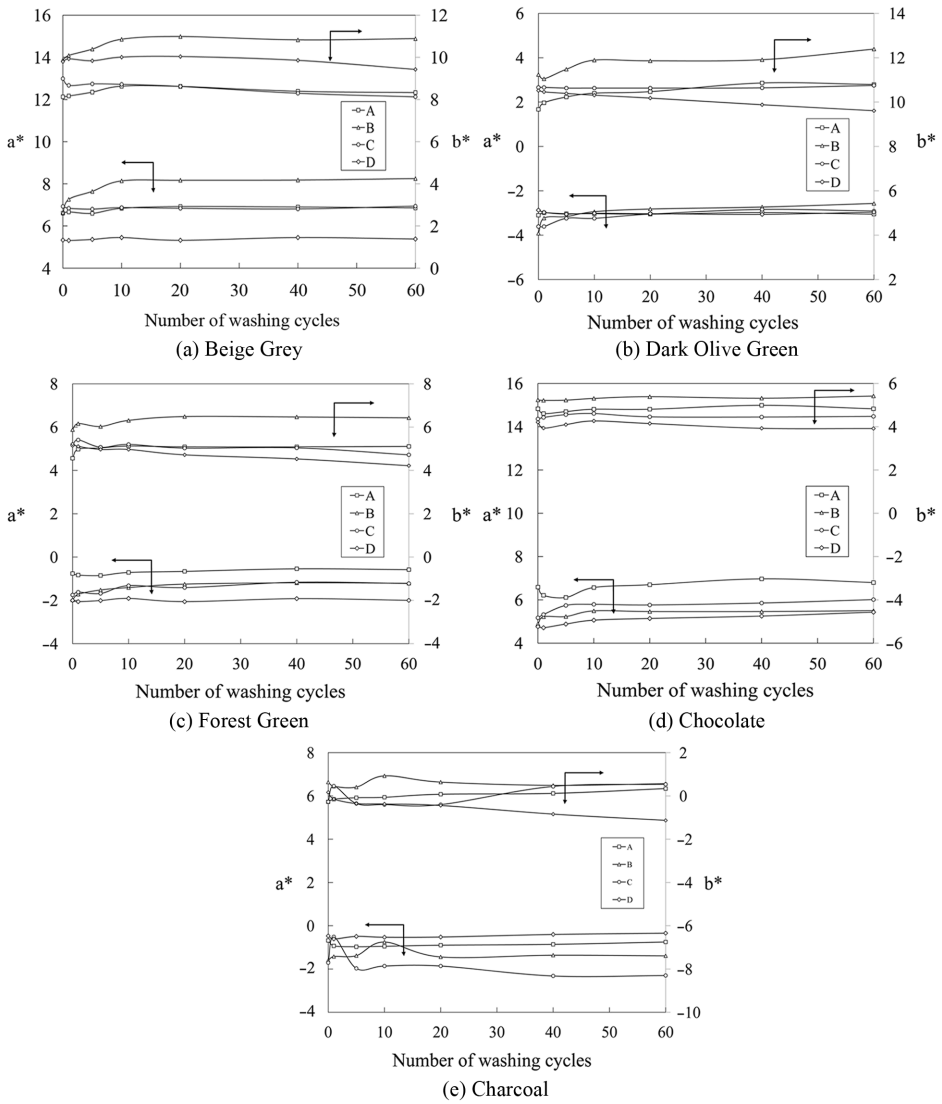

Fig. 4. Effect of washing on the a* and b* values of mass-produced combat fabrics.

적 평가방법에 의한 결과를 나타낸 것이고, <Fig. 4>는 60회까지 세탁하여 A, B, C, D 4개 업체 원단의 a*, b* 값의 변화를 나타낸 것이다. <Table 7>–<Table 8>에서와 같이 3~4급 이상의 등급을 나타내었고, ΔE 값도 2.5±0.3 이하의 값을 나타내어 전체 업체가 표준색상 대비 색차는 현재 군에서 요구하는 색상차이 허용범위에 드는 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 일반적으로 ΔE 값이 1.5보다 크면 색상차이가 인지되는 수준이고, <Fig. 4>에서 보는 바와 같이 업체 간 상호비교 시 60회 세탁 시까지 세탁이 진행됨에 따라 업체 간 색상편차 차가 지속적으로 발생하는 것을 확인할 수 있어 육안판정에 의한 결과와는 다르다는 것을 알 수 있다. 따라서 품질 및 위장 측면에서 사용에 따른 색차발생을 최소화하기 위해 현재의 측정방법을 개선하여 색상까지 동시에 검토해야 하는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 신형 전투복 색상의 내구성 및 퇴색 현상에 대한 색상관리의 기초자료를 제공하고자 신형 전투복 원단을 양산하고 있는 A, B, C, D 4개 업체의 원단을 대상으로 표준제품과의 색상변화, 양산제품 상호 색상변화, 60회 세탁에 따른 색상변화를 검토하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 신형 전투복 원단의 구매요구서에는 색상에 대하여 수요군에서 제시된 견본을 따르도록 명시하고 있으므로 국방부에서 선정한 표준원단을 표준색상으로 선정하여 양산 중의 4개 업체의 신형 전투복 원단과의 색상차이를 확인한 결과 측색기에 의한 정량평가 방법에 의해서는 Beige Grey, Forest Green 색상에서 인지 가능한 수준(ΔE 값=1.5)의 색차를 보였다. 그러나 현재 군에서 요구하는 평가방법인 KS K ISO 105-A02(KATS, 2014)에 의해서는 허용범위인 3~4급(ΔE<2.5±0.35)을 만족하는 것으로 나타났다.

둘째, 양산제품 상호비교에 따른 색차를 분석한 결과, 업체 상호간 색차값은 0.46~3.73까지 다양한 편차를 보이고 색상에 따라 차이는 있으나 대체로 업체 상호간에는 육안으로 인지가 가능한 수준의 색차를 보였다.

셋째, 60회 세탁에 따른 색차변화를 분석한 결과 60회 세탁 후에도 세탁견뢰도는 평균 4급 이상으로 군 요구도를 만족하는 수준의 우수한 결과를 얻을 수 있었으나, 측색기에 의한 정량평가 결과에서는 인지가 가능한 수준의 색차를 보일뿐만 아니라 세탁이 진행됨에 따라 업체 간 색상의 편차가 지속적으로 발생하는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과로, 신형 전투복의 주간 위장성능 보장을 위하여 세탁 후 퇴색 현상 변화에 대한 지속적인 연구 및 이를 통한 색차관리 방안을 도출할 필요성이 있을 것으로 판단되었으며, 색차판정 시 색상을 고려한 시험방법의 개발 및 적용이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

References

Han, H. J., Kim, Y. G., Hong, S. D., Shin, D. W. (2013). *A study on the colorfastness test method to light for military textile products*. (DTaQ-13-3839-R). Seoul: Defense Agency for Technology and Quality.

Kim, Y. G., Han, H. J., Lim, C. K., Park, Y. K., Seo, I. W., Lee, J. M., Song, T. J., Shin, D. W., & Kim, K. P. (2009). *The evolution of combat uniforms and shape of future combat uniforms - Past, present and future of combat uniforms* - (DTaQ-09-2018-R). Seoul: Defense Agency for Technology and Quality.

Korean Agency for Technology and Standards. (2008). *KS K 0205:2008 Calculation of color differences for textiles.* Seoul: Author.

Korean Agency for Technology and Standards. (2011). *KS K ISO 6330:2011 Textiles-Domestic washing and drying procedures for textile testing.* Seoul: Author.

Korean Agency for Technology and Standards. (2014). *KS K ISO 105-A02:2014 Textiles – Tests for colour fastness – Part A02: Grey scale for assessing change in colour.* Seoul: Author.

Ministry of National Defense. (2015). *신형 전투복 원단 및 디지털 무늬* [New combat uniform fabric and digital pattern]. Seoul: Author.

US Military. (2011). *MIL DTL 44031 Revision E Cloth, Camouflage Pattern: Cotton And Nylon - Revision E.* Alexandria, VA: Author.