

## NIR(근적외선) 흡수/차단 섬유제품의 분광학적 성능 평가방법

고재훈, 박윤철\*, 정영진<sup>1</sup>

한국생산기술연구원 디지털가공팀, <sup>1</sup>송실대학교 유기신소재·파이버공학과

### Evaluation Method of NIR Camouflage Textile

Jae Hoon Ko, Yoon Cheol Park\*, and Young Jin Jeong

Digital Dyeing and Finishing Technology Team, Korea Institute of Industrial Technology, Kyunggi-do  
426-791, Korea

<sup>1</sup>Department of Organic Materials and Fiber Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

\*Digital Dyeing and Finishing Technology Team, Korea Institute of Industrial Technology, Kyunggi-do  
426-791, Korea

#### 1. 서 론

야간 전투 시 적외선 투시 카메라 등의 첨단 장비 등장으로 인해, 과거 단순 위장복에서 주변 자연환경과 유사한 근적외선 반사율을 지닌 염·안료[1] 및 섬유소재로 제조된 위장복 및 위장포들이 개발되고 있다.

육안으로 물체를 관측하기 곤란한 야간에 쉽게 목표물을 탐지, 식별하기 위한 목적으로 제작한 장비를 통칭 야시장비(night vision device)라고 한다. 야시장비는 기본적으로 시야내의 표적과 배경이 발산하는 적외선 영역의 에너지를 적외선 광학계와 주사장치를 통해 검출기 면에 조사하고, 검출기(detector)는 감지된 적외선을 전기적 신호로 변화시킨 후 영상신호 처리를 통해 증폭 및 보정되어 영상 재현 장치에 전시한다[2, 3].

즉, 야시장비의 경우 적외선 파장에 따른 반사율 값 및 에너지 차를 알 수 있고, 이 차이를 통해 각 물체의 적외선 고유특성을 알게 되어 눈에 보이지 않는 물체를 흑백의 명암 차이로 감지할 수 있는 것이다. 따라서 적외선 투시 카메라 관찰 시 동일한 색상의 다른 물질을 관찰할 때 적외선 파장 영역의 반사율이 다르다고 하면 두 물체의 구분이 가능한 것이다.

적외선 흡수/차단 섬유라 함은 자연 환경에서 위장이 주요 목적이기 때문에 환경에 따라 다른 기준이 정해져야 한다. 군수용 야간 위장복, 위장포의 경우 이론상으로 적외선 투시 카메라(제 4세대 야시장비에 대응하여)에 잡히지 않으려면 700~1100nm의 근적외선 파장 영역에서 적용하고자 하는 주변 환경과 유사한 적외선 반사율을 가져야 한다.

적외선 흡수/차단 염·안료 및 섬유소재로 제조된 섬유제품이 국내 군수용으로써 적합한지에 대한 객관적인 판단 기준은 현재 미미한 상태이다. 국방부 규격에 따라 600~860nm 범위 내 카키색, 녹색, 갈색, 흑색의 적외선 반사율 허용범위를 규정해 놓고 있으나, 국내 자연환경 특성에 적합하게 기준이 정해지지 않았으며, 또한 투시 카메라의 발전으로 인해 인식 가능한 파장 영역이 늘어나고 있는 상태이기 때문에 적외선 검사영역을 넓힐 필요가 있다. 뿐만 아니라 가시광선 영역(400~600nm)에서는 주변 환경과의 객관적인 color matching 정보가 없는 상태에서, 4가지 색상의 패턴만을 육안 검사에 의존하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 먼저 “숲 연구소” 및 서울대학교 “지반공학연구실” 등의 자문을 받아 우리나라 내에 가장 많이 존재하는 자연환경 시료를 선정[4]하고, 선정된 시료에 관해 visible 영역에서 근적외선(1050nm)영역까지 반사율을 분석하였다. 또한 분석한 반사율을 기존 군복과 비교하여 개선사항 및

기존 위장제품의 문제점을 검토하였고, 최종적으로 제3세대급 야시장비를 활용하여 환경별로 촬영된 소재의 영상을 관찰함으로써 분석한 데이터를 검증하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료

우리나라 내에 가장 많이 존재하는 자연환경 시료 23종을 선정하여 북한산, 관악산을 중심으로 3월, 7월에 채취하였다. 나무 표피는 소나무와 참나무 표피를 담·중·농색으로 구분하여 채취하였고, 나뭇잎은 소나무, 갈참나무, 잣나무, 주목나무, 아카시아나무, 상수리나무, 뽕나무, 단풍나무를 채집하였다. 또한 암석 샘플로는 현무암, 편마암, 이암, 사암, 규암, 대리암, 역암, 석회암, 화강암, 아스팔트, 시멘트를 채취하였고, 대표 토양으로는 흙과 모래를 선택하였다.

비교대상이 되는 3종의 전투복으로는 기존 대한민국 육군이 사용하고 있는 4도색 위장무늬 전투복, 최근 특전사에서 시범 사용 중인 4도색 디지털무늬 전투복(춘추복), 최근 특전사에서 시범 사용 중인 4도색 디지털무늬 전투복(하복)을 선정하였다.

### 2.2. 가시광선 영역 색상 분석

Datacolor 600을 사용하였다. CIE 표준 측정광 중 D65광원을 표준 측정광으로 사용하여 380~700nm 범위의 반사율을 측정하였고, 제작한 시험편은 분광기의 센서부위 크기를 고려하여 최소 10배(부피비율) 이상 크게 만들었다. 또한 동 시험편 내 5개의 위치를 선정하여 반사율을 측정한 후 평균치를 기록하였다. 소나무 나뭇잎, 아카시아(앞, 뒤) 나뭇잎, 소나무 표피(담, 중, 농), 석회암, 화강암, 흙, 모래, 아스팔트, 시멘트와 선정한 3종의 군복의 가시광선 영역에서 반사율 값을 유사 색상별로 비교분석하였다.

### 2.3. 근적외선 영역 반사율 분석

Datacolor의 Micro flash MF 45 IR을 사용하였다. 선정한 26종의 시료 모두 700~1050nm 사이의 근적외선 반사율을 측정하였고, 황산바륨 타일을 사용하여 calibration 하였다. 암석 및 나무 표피와 같이 표면이 균일하지 않아 측정 시 광손실의 우려가 있는 시료의 경우 powder 화 시킨 후 근적외선 반사율을 측정하였다. 또한 동 시험편 내 5개의 위치를 정하여 10nm 간격으로 36개의 파장에서 근적외선 반사율을 측정하여 위장복의 green, khaki, brown, black 4가지 색상의 반사율과 비교분석하였다.

### 2.4. 제3세대 야시장비 자연환경 관측

NVS 14-3 야시 관측 장비를 사용하여(제 3세대 급, 투시범위 1100nm, 캐나다) 3종의 군복을 관악산에서 야간 촬영하였다. 본 장비는 근적외선 관측 장비와 슈퍼 접사 카메라로 구성되어 있으며 촬영 조건은 1m, 3m 거리에서 장당 4,000 kbyte 해상도로 촬영(4×3 배율)하였고, 화면 흔들림 방지를 위해 원격 조정 촬영하였다.

## 3. 결과 및 고찰

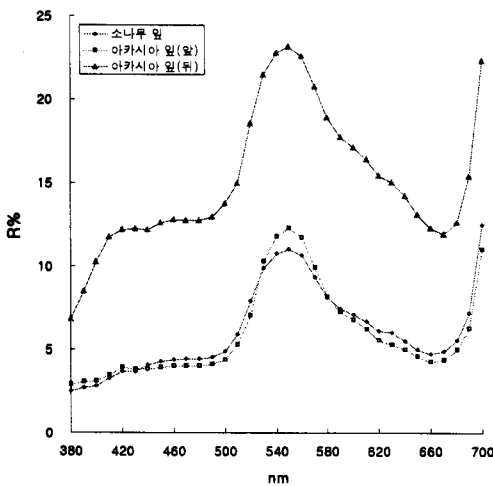
Fig. 1은 가시광선 영역에서 자연환경 시료를 측정된 결과이며, green 계열, brown 계열, black 계열로 구분하여 측정하였다. 소나무 잎과 아카시아 나무 잎 앞, 뒤가 green 계열로 분류되고, 소나무 표피와 모래, 흙을 brown 계열로 구분하였다. 시멘트, 아스팔트, 석회암, 화강암은 black 계열로 구분하여 측정·분석하였다. Green 계열의 경우 540~560nm 최대 반사 파장이 나타나나 반사율은 10~25% 사이로 낮은 수치를 보인다. 군복의 위장 무늬 중 khaki와 green 무늬에 가시광선 영역에서의 지정 색상을 결정하는 back data로 활용할 수 있으리라 사료되어지고, 근적외선 영역으로 가까이 갈수록 반사율이 급격히 높아지는 경향을 보인다. Brown 계열의 경우 뚜렷한 최대 반사 파장은 없으나 근적외선 영역으로 가까이 갈수록 반사율이 높아지는 경향을 보이며, 반사율 값은 5~50% 사이로 폭 넓게 나타났다. 군복의 위장 무늬 중 brown과 khaki 무늬에 가시광선 영역에서의 지정 색상을 결정하는 back data로 활용할 수 있으리라 판단된다. Black 계열의 경우 전체적으로 평행한 반사율을 나타내며 반사

을 값은 5 ~ 70% 사이로 폭 넓게 나타났다. 위장 무늬 중 black 무늬에 가시광선 영역에서의 지정 색상을 결정하는 back data로 활용할 수 있으나, 폭넓은 반사율로 인해 색상을 지정하는데 있어 1도로 흑색부분의 위장무늬를 결정하기가 매우 어려울 것으로 판단된다. 또한 나뭇잎이나, 나무 표피등과 달리 계절의 영향을 받지 않는 무기물질이므로 봄/여름/가을/겨울철 모두 비슷한 경향을 보일 것으로 여겨진다. 위장무늬 군복의 경우 산악지형용, 시가전용을 명확히 구분해야 할 것으로 판단되며 특히 시가전용 군복의 경우 black 위장무늬의 색상 선정이 매우 중요하다고 여겨진다.

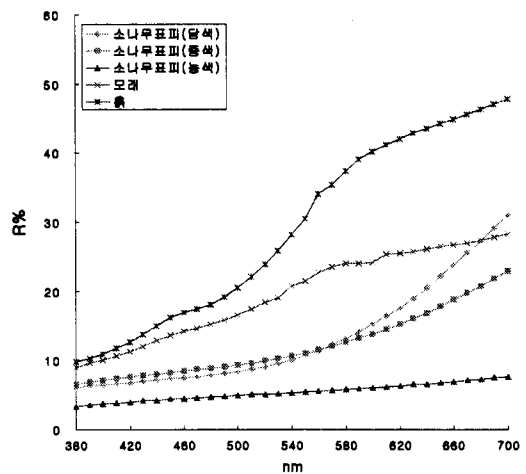
Fig. 2는 green/khaki 계열의 자연환경 시료의 근적외선 반사율 데이터를 나타낸 것이다. 750nm 이후 전 파장영역에서 50~80%의 반사율을 보이며, 평균치로 환산하면 자연환경에 있는 green/khaki 색상 계열의 물질들은 근적외선 영역에서 60% 수준의 반사율을 보여준다. 아카시아 나뭇잎이 70~80%로 가장 높은 반사율 값을 나타내며, 3종의 위장무늬 군복의 적외선 반사율 평균값과 비교할 때 860nm 이상에서 아카시아 나뭇잎만이 주변 자연환경 시료와 유사한 반사율을 나타냈다. 기존 3종의 군복은 3세대 이상급 근적외선 카메라로 투시할 때(900nm 이상 투시), 높은 반사율로 인하여 산악지형의 나뭇잎 보다 밝게 표현되어질 것으로 사료되어진다.

Fig. 3은 brown/khaki 계열의 자연환경 시료의 근적외선 반사율 데이터를 나타낸 것이다. 750nm 이후 전 파장영역에서 25~70%의 반사율을 보이며, 평균치로 환산하며 자연환경에 있는 brown/khaki 색상 계열의 물질들은 근적외선 영역에서 45% 수준의 반사율을 보여준다. 나무 표피는 10~70%로 폭 넓게 반사율이 분포하고 있으며, 파장이 높아질수록 반사율이 조금씩 높아지는 경향을 보인다. 무기물인 암석, 모래, 흙 등은 전 파장 영역에서 균일한 근적외선 반사율 분포를 나타냈다. 3종의 위장무늬 군복의 적외선 반사율 평균값과 비교할 때 800nm 이상에서 주변 자연환경의 근적외선 반사율보다 상당히 높은 반사율 값을 나타냈고, 이로 인해 기존 3종의 군복은 3세대 이상급 근적외선 카메라로 투시할 때(900nm 이상 투시), 높은 반사율로 인하여 주변 환경보다 밝게 표현되어질 것으로 사료되어진다.

또한 폭넓은 반사율 값을 나타낸다는 것은 자연환경 시료들이 야시장비로 관측될 때, 25~80%의 근적외선 반사율 수치를 보이며 다양한 명암 효과로 관찰된다고 생각할 수 있다. 따라서 위장효과를 보기 위해서는 위장복에 사용한 4가지 색상의 무늬들의 반사율 값이 자연환경 시료들과 마찬가지로 폭넓게 분포되어야 하는데, 기존의 위장복은 70%이상의 지나치게 높은 반사율 값을 갖거나(Green, Khaki, Brown), 20% 이하의 낮은 수치의 반사율 값을(Black) 가짐으로 3세대 이상 급의 근적외선 관측 장비에 노출됨을 알 수 있다.



(a) Green group



(b) Brown group

Figure 1. Visible spectra of circumstance samples

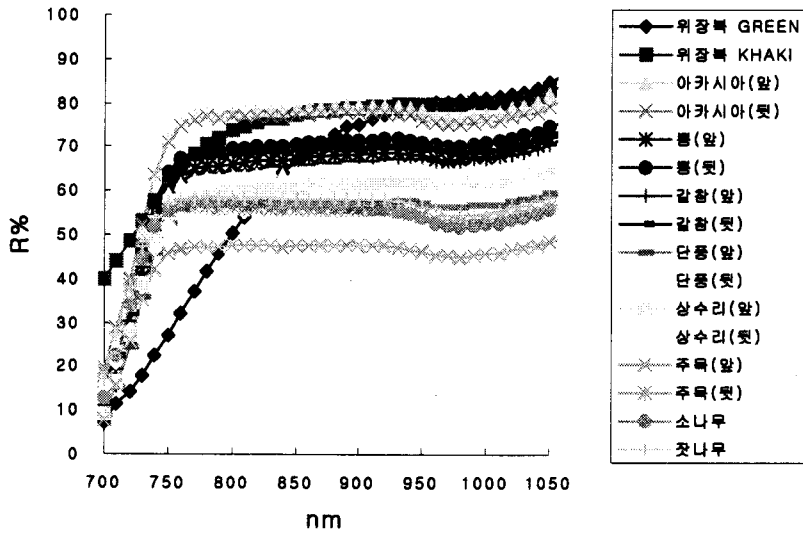


Figure 2. NIR spectra of circumstance samples (green/khaki color group)

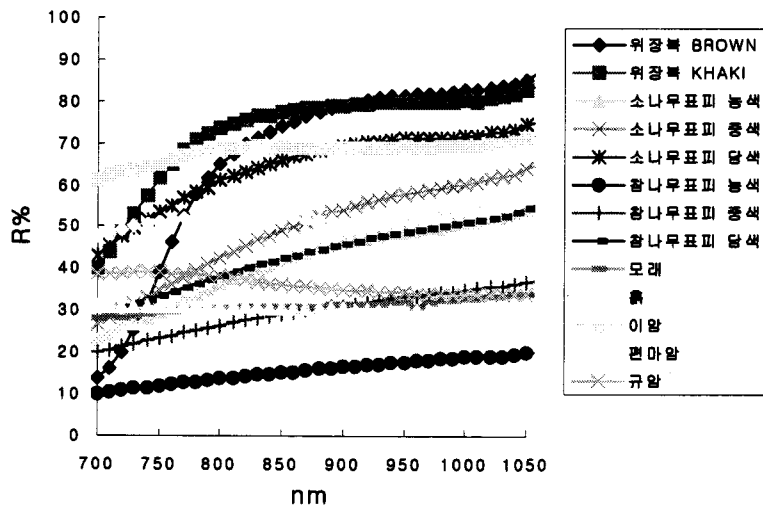


Figure 3. NIR spectra of circumstance samples (brown/khaki color group)

#### 4. 참고 문헌

1. George A. Goulty, *Landscape and Urban Planning*, 14, p 345-354 (1987)
2. Terry Huntsberger, *Neural Networks*, 8, P 1215-1226(1995)
3. Walter Schneibel, *Air Medical Journal*, 19, P 151(2000)
4. 권혁재, *자연지리학*, 법문사 (2006)