

## 청색광 차단렌즈에서 미광이 상의 질에 미치는 영향

육주성<sup>1</sup>, 양석준<sup>1</sup>, 김용권<sup>2</sup>, 최은정<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>건양대학교 안경광학과, <sup>2</sup>건양대학교 방사선학과

### Effects of Stray Light in Blue-light Blocking Lens on the Quality of Image

Ju Sung Yuk<sup>1</sup>, Seok-Jun Yang<sup>1</sup>, Yong Gwon Kim<sup>2</sup>, Eun Jung Choi<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Optometry, Konyang University

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Konyang University

**요약** 본 연구의 목적은 청색광 차단 렌즈에서 발생하는 미광이 상의 질에 미치는 영향에 대하여 알아보는 것이다. 이상적인 안경 렌즈, 내부 반사가 없는 무반사 안경 렌즈, 내부 반사가 있는 무반사 안경 렌즈, 그리고 내부 반사가 있는 청색광 차단 렌즈를 설계하고 광도 분포 및 미광 분포를 도출하였다. 설계된 안경 렌즈는 굴절능 0.00 D, 굴절률 1.56, 반지름 155.16 mm 인 매니스커스 렌즈이다. 청색광 차단 렌즈의 피크는 430~440 nm 영역 사이에 있으며, 반사율은 5%, 10%, 15%, 20%이 되도록 설계하였다. 분석 결과에 따르면 청색광 차단 렌즈의 반사율이 증가함에 따라 중심부의 광도의 세기는 감소하고 중심-주변부와 주변부의 미광의 세기는 증가하였다. 이러한 현상은 청색광 차단 렌즈의 반사율이 증가할수록 심화되는 것으로 나타났다. 청색광 차단 렌즈의 반사율 증가는 중심-주변부 및 주변부의 미광을 증가시켜 상의 질을 떨어뜨리므로 청색광 차단 렌즈에서의 반사율은 청색광 차단을 및 시감 투과율을 고려하여 시각적으로 불편함이 없는 수준에서 조절할 필요가 있다.

**Abstract** The aim of this study is to investigate the effects of stray light originating from the blue-light blocking lens on the quality of the image. After designing the ideal spectacle lens, anti-reflection spectacle lens without internal reflection, anti-reflection spectacle lens with internal reflection, and blue-light blocking lens with internal reflection, the light intensity distribution and stray light distribution were derived. The designed spectacle lenses are meniscus lenses with a refractive power of 0.00 D, refractive index of 1.56, and a radius of 155.15 mm. The peaks of reflectance of the 4 types of blue-light blocking lenses are in the range between 430 nm and 440 nm, and their reflectances are 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively. According to the analysis results, as the reflectance of the blue-light blocking lens increases, the light intensity in the center of the lens decreases and the intensity of the stray light in the center-periphery and periphery of the lens increases. This trend appeared to intensify with increasing reflectance of the blue-light blocking lenses. Because the increase in the reflectance of the blue-light blocking lens degrades the quality of the image by increasing the intensity of the stray light in the center-periphery and periphery of the lens, its reflectance needs to be adjusted by varying the blue-light blocking ratio and the luminous transmittance, in order to diminish the level of visual discomfort.

**Keywords** : Blue-light blocking lens, Internal reflection, Quality of image, Stray light

### 1. 서론

435~440 nm를 중심으로 한 일정 대역의 단파장 가

시광선은 푸른 빛을 띠기 때문에 청색광(blue light)이라 하는데[1], 광생물학적 노출한계를 넘어서면 망막에 광 화학적 손상을 일으켜 시력을 저하시키고 심하면 실명에

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10053045, 기후환경 변화 대응 운전자 시인성 향상을 위한 색온도 변환 스마트 LED 전조등 제품화/표준화 기술 개발]

\*Corresponding Author : Eun Jung Choi(Konyang Univ.)

Tel: +82-2-600-6331 email: ejchoi@konyang.ac.kr

Received March 24, 2016

Revised (1st April 4, 2016, 2nd April 11, 2016)

Accepted May 12, 2016

Published May 31, 2016

도 이르게 하며[2], 노인성 연령관련 황반변성을 가속시킬 수 있는 것으로도 알려져 있다[3,4].

국외에서는 이미 오래 전부터 청색광에 대한 연구가 진행되어 왔고 이에 대한 주의와 경고로 산업 및 의료용 광원을 다루는 종사자, 조명기기 설치기사, 용접기사 등에게 그 위험성을 인지시켜 적절한 조치를 취할 수 있도록 하고 있다[5,6]. 2010년 프랑스 국립식품환경노동위생안전청(ANSES, French Agency for Food, Environment and Occupational Health & Safety)에서는 청색광 비중이 높은 LED 제품에 대한 안전성 기준을 마련할 것과 안전등급 및 안전수칙을 제품에 표기할 것을 권고하였으며[7], 2013년 국제비전리 방사선방호위원회(ICNRP, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)에서는 청색광을 포함한 광생물학적 위험성과 관련된 노출한계(exposure limit)를 발표하였다[8]. 한편, 국내에서는 청색광의 차단과 관련된 적절한 처방[1]이나 청색광 차단렌즈의 성능[9], 그리고 LED를 비롯한 청색광 방출광원에 대한 청색광 위험도 평가[6] 등에 관한 연구가 진행되어 왔다. 2014년에는 산업통상자원부 국가기술표준원에 의해 청색광을 비롯한 광생물학적 위험과 관련된 안전규격 KS C IEC 62471-2:2014가 제정되었다.

현재 시중에는 LED 광원에서 방출되는 청색광의 일부를 차단시켜주는 것으로 알려진 청색광 차단렌즈(blue-light blocking lens)라 불리는 안경렌즈가 유통되고 있다[1,10,12]. 그런데 이 렌즈에서는 난시[13]에서와는 다른 미광(stray light)[14]으로 인한 흐리고 번지는 반사상이 발생된다는 문제점이 있다. 미광은 정상광(normal light)의 경로에서 벗어나 결상면에 입사되는 불필요한 잡음광(noise light)으로서 정상적인 상의 결상을 방해하여 상의 질을 저하시킨다. 미광은 광학계의 정밀도와 선명도를 저하시키기 때문에 수차와 더불어 분석이 요구되는 양이다. 하지만 그 과정이 난해하고 소요시간이 길어 기피되어 왔는데 최근 분석프로그램의 발달로 이에 대한 분석이 활발하다[15,16].

본 연구의 목적은 최근 청색광의 위험으로부터 눈을 보호할 목적으로 개발된 청색광 차단렌즈에서 발생하는 미광을 분석하고, 이 미광이 상의 질에 어떠한 방식으로 영향을 미치는지를 알아보는데 있다. 이를 위하여 광학박막용 소프트웨어인 Essential Macleod(Thin Film Center, USA)와 조명광학계 설계분석용 소프트웨어인

LightTools(Synopsys, USA)를 이용하였다.

Essential Macleod는 안경렌즈에서 뿐만 아니라 광학산업 및 연구소에서도 널리 사용되는 박막설계용 소프트웨어이다. LightTools는 실내의 조명, 자동차 전조등을 비롯하여 거의 모든 광원의 설계는 물론, 3D 모델링을 기반으로 한 공간적 광분석[17]과 더불어 미광분석도 가능한 소프트웨어이다. 미광은 광학계의 수차와 더불어 상의 질 향상을 위해 고려해야 하는 중요한 양으로서 국내에서도 본격적으로 다루어지고 있다[14]. 하지만 안경광학 분야에서는 아직 적용된 사례가 없어 본 연구가 첫 시도라 하겠다.

## 2. 연구방법

### 2.1 코팅 설계

청색광 차단을 위한 반사코팅은 박막설계용 소프트웨어인 Essential Macleod로 설계하였다. 설계에 사용한 코팅물질은 SiO<sub>2</sub>와 TiO<sub>2</sub>이고 반사코팅의 피크는 청색광 위험도가 가장 높은 435~440 nm 사이에 있도록 하였다. 청색광 반사코팅의 반사율은 최대 피크를 나타내는 파장에서 약 5%, 10%, 15%, 20%가 되도록 하였다.

### 2.2 광학계 및 광분석

광도분석 및 미광분석을 위해 설계한 광학계는 실측을 바탕으로 한 굴절능 0.00 D, 굴절률 1.56, 전·후면 반지름 155.16 mm, 중심두께 2.0 mm인 메니스커스형 안경렌즈이다(Fig. 1).

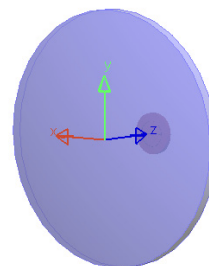


Fig. 1. Meniscus lens for the analysis of intensity and stray light

광분석의 위치는 각막 전면 정점으로 선택하였다. 안경렌즈 후면 정점은 각막 전면 정점으로부터 12 mm 전

방에 위치하므로 광분석 위치는 안경렌즈 후면 정점으로 부터 후방 12 mm인 곳에 놓인다. 실제로 광분석 위치를 망막 면으로 하는 것이 보다 정확하지만 망막 면은 곡면 이고 이 곡면의 각 위치에 광분석기를 설계하여 광분포 를 구하는 것은 난해하므로 이는 추후 다루기로 한다. 광 분석의 기준축은 안경렌즈 후면 정점과 각막 전면 정점 을 잇는 광축을 기준(0°)으로 하였다. 그리고 이 기준축 으로부터 벗어난 각도를  $\theta$  라 하고,  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$  범위 에 걸쳐 광분석을 하였고,  $\theta = 0^\circ$ ,  $\theta = 15^\circ$ ,  $\theta = 30^\circ$ 를 각각 중심부(center), 중심-주변부(center-periphery), 주변부 (periphery)라 명명하였다.

광도분석(intensity analysis) 시, 광도분포는 안경렌즈 로 입사 한 후, 각막 전면 정점에서 광축을 기준으로 한 각도에 따른 분포를 말한다. 분석된 광도에는 정상광과 함께 미광도 포함되어 있으므로 광도에서 정상광을 제거 하면 미광을 구할 수 있다.

### 2.3 미광분석 모델

미광분석을 위해서는 우선 미광분석을 위한 모델이 요구되는데 본 연구에서는 내부반사에 의한 산란을 중심으로 아래의 4가지 광학계에 대한 광도분포 및 미광분포 를 통해 광분석을 수행하였다.

- Case I 이상적인 안경렌즈
- Case II 내부반사 없는 무반사 안경렌즈
- Case III 내부반사 있는 무반사 안경렌즈
- Case IV 내부반사가 있는 청색광 차단 안경렌즈  
(반사율 5%, 10%, 15%, 20%)

Case I은 투과율이 100%인 미광이 없는 이상적인 안 경렌즈에 해당한다. 이상적인 안경렌즈의 광도분포와 내 부반사가 없는 무반사 안경렌즈와의 광도분포 비교를 위 하여 설정하였다.

Case II는 내부반사가 없는 즉, 미광이 없는 무반사 안경렌즈에 해당한다. 내부반사가 있는 무반사 안경렌즈 와의 광도분포 비교를 위해 설정하였다.

Case III는 내부반사가 있는 즉, 미광이 있는 무반사 안경렌즈에 해당한다.

Case IV는 청색광 반사코팅 안경렌즈로서 파장 43 5~440 nm에서 반사율 5%, 10%, 15%, 20%인 경우를 각각 Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case

IV\_20%로 표기하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 무반사 코팅 및 청색광 반사코팅

Fig. 2과 Fig. 3는 각각 SiO<sub>2</sub>와 TiO<sub>2</sub>를 이용하여 박막 설계용 소프트웨어인 Essential Macleod로 설계한 무반 사 코팅과 청색광 차단을 위해 설계한 청색광 반사코팅 안경렌즈의 파장에 따른 반사율을 나타내는 그림이다. 청색광 차단을 위한 청색광 반사코팅의 반사율은 청색광 위험도가 가장 큰 435~440 nm에서 피크를 나타내고 있다. 이는 청색광 반사코팅이 효율적으로 청색광 위험 을 차단할 수 있도록 하기 위한 결과이다. 청색광 차단을 위한 청색광 반사코팅의 반사율은 피크를 나타내는 파장 에서 약 5%, 10%, 15%, 20%이다.

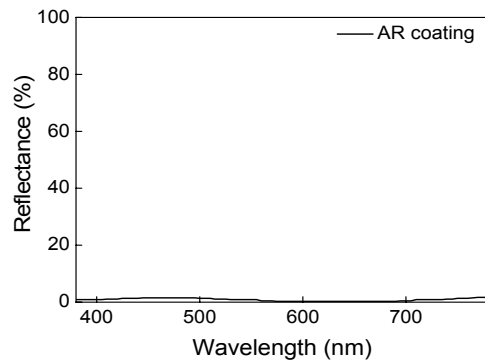


Fig. 2. Reflectance for AR coating lens

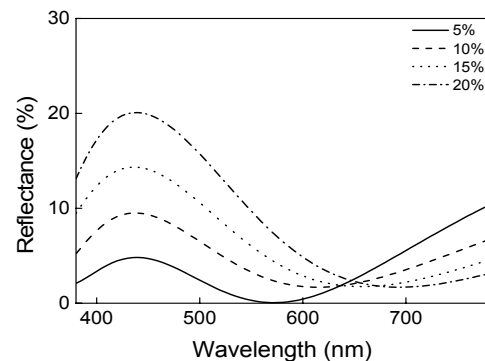


Fig. 3. Reflectance for blue-light reflective coatings

### 3.2 광도분석 결과

미광분석 모델에서 제시한 4가지 Case에 대한 광도분석 결과를 Fig. 4(a)~(c)에 나타내었다.

Fig. 4(a)은 투과율 100%인 이상적인 안경렌즈 Case I과 내부반사가 없는 무반사 렌즈 Case II의 정규화된 광도분포이다. 두 경우 모두 미광은 존재하지 않는다. Case I의 광도분포는 각막 전면 정점에서 중심부(0°) 방향 즉, 광축 방향에서 가장 강하고 이 방향에서 벗어날수록 약해진다. Case II의 광도분포는 내부반사가 없는 무반사 렌즈의 광도분포이다. 중심부 광도는 0.985이므로 중심부에서의 투과율은 98.5%이다.

Fig. 4(b)는 내부반사가 없는 Case II와 내부반사가 있는 Case III의 광도분포를 나타낸 것이다. Case II에는 내부반사가 없으므로 광도분포에 미광이 없지만 Case III에는 내부반사가 있으므로 이 광도분포에는 미광이 포함되어 있다.

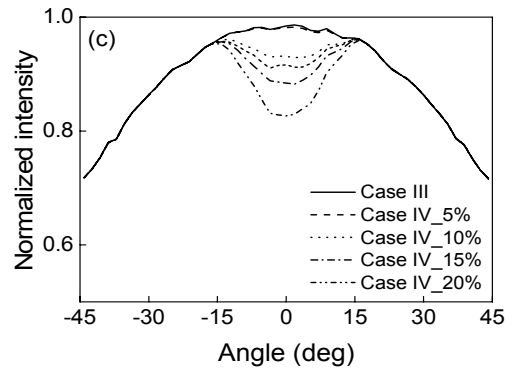
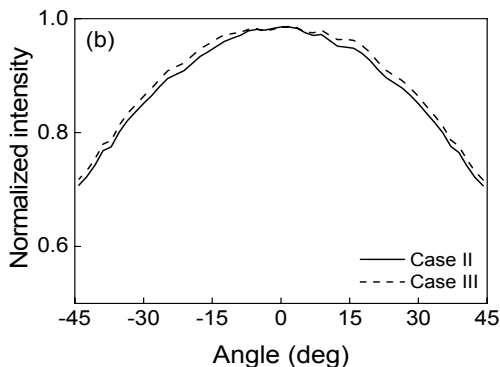
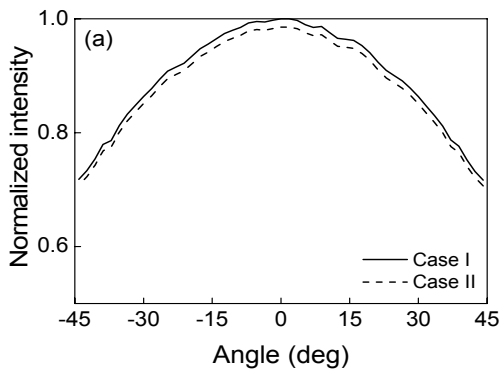


Fig. 4. (a) Intensity distribution for (a) Case I and Case II, (b) Case II and Case III, and (c) Case III and Case IV

### 3.3 미광분석 결과

Case I은 이상적인 렌즈, Case II는 내부반사가 없는 무반사 렌즈라고 가정했기 때문에 Case I 및 Case II의 광도분포 Fig. 4(a)에는 미광이 포함되어 있지 않다. 하지만 Case III와 Case IV에는 미광이 존재한다. 광도에는 정상광과 미광이 모두 포함되어 있으므로 광도에서 정상광을 빼주면 미광을 구할 수 있다. 이렇게 구한 각도에 따른 Case III와 Case IV의 미광분포를 Fig. 5에 나타내었다. 결과에 따르면 청색광 반사코팅의 반사율이 증가할수록 중심부(0°) 근처에서는 미광이 감소하는 것으로 나타난 반면, 중심-주변부(15°) 및 주변부(30°)에서는 미광이 증가한다. 특히, 미광의 세기는 중심-주변부(15°)에서 최대를 이루고 있는 것으로 나타났다.

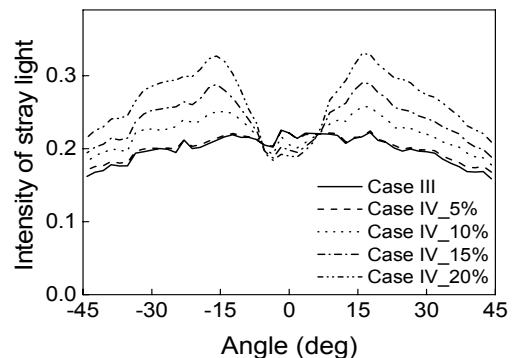


Fig. 5. Intensity distribution of stray light for Case III and Case IV

## 4. 고 찰

광학계 설계과정에서 미광을 분석하면 상의 질을 예측할 수 있어 제작 단계 이전에 설계를 보완하여 문제점을 해결할 수 있고, 설계 오류 등으로 인한 추가적인 광학계 제작 비용을 줄일 수 있어 효과적이다[14]. 진 등[18]은 기상위성 천리안이 식 기간 동안 발생하는 영상의 왜곡 문제를 미광분석을 통하여 단파적외채널을 대체하는 방법이 유효함을 확인하였다. 이 등[19]은 미광해석 기술을 과학기술위성 3호 부탑제체인 소형영상분광기 설계에 적용시켜 부분반사 및 산란에 의한 SNR 저하를 방지하기 위한 렌즈면 및 거울면 코팅과 내부 미광차단물 설치를 하여 미광에 의한 영향이 없는 광학계 설계가 가능하도록 하였다. 박 등[14]은 2매의 비구면 렌즈로 된 카메라 폰에 대한 미광을 분석하여 대부분의 미광은 렌즈 리브의 내부반사에 의해 발생되고 경통과 스페이서에 의한 산란에 대한 기여는 상대적으로 낮다는 것을 밝혀내고 내부반사를 줄일 수 있는 흡광판을 삽입하여 상의 질을 향상시킬 수 있었다.

이처럼 미광분석은 수차분석과 더불어 상의 질을 결정하는 중요한 요소로서 최근 분석 프로그램의 발달과 더불어 고성능 광학계 및 항공우주 광학계, 정밀 광학계 등에 적용되어 광학적 성능 향상에 널리 활용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 미광분석 기술을 미광으로 인한 잡음광이 많이 발생하는 것으로 알려진 청색광 차단렌즈에 적용하여 미광이 상의 질에 어떠한 방식으로 영향을 미치는지 알아보고 이를 바탕으로 청색광 차단렌즈 개발에 도움이 될 수 있는 방안을 모색하였다.

미광분석의 기본은 미광이 발생하는 실제 광학계와 이에 대응하는 미광이 발생하지 않는 이상적인 광학계를 설계하고 광분석을 실시한 후, 이로부터 미광을 추출하여 미광 발생의 원인이나 그 분포를 조사하는 것이다. 이를 위해서는 실제 광학계와 이에 대응하는 이상적인 광학계의 모델 설정이 요구된다.

본 연구에서는 청색광 차단렌즈에서 발생하는 미광에 대한 분석을 위하여 실제 청색광 차단렌즈를 대표하는 렌즈로서 내부반사가 있는, 그리고 다양한 반사율의 구현을 위한 4종의 반사율을 갖는 청색광 반사코팅 안경렌즈를 설계하였다(Case IV). 그리고 대응하는 비교 광학계로서 이상적인 안경렌즈(Case I), 내부반사가 없는 무반사 안경렌즈(Case II), 내부반사가 있는 무반사 안경렌

즈(Case III)를 설계하였다. 이에 대한 광분석 결과를 Fig. 4(a)~4(c)와 Fig. 5에 제시하였다.

Fig. 4(a)는 이상적인 광학계와 미광이 없는 무반사 안경렌즈에 대한 광도분석의 결과이다. Case II가 Case I보다 낮은 것은 Case II가 무반사로 설계되기는 했지만 Fig. 2에서와 같이 미미한 반사율이 잔존하여 나타나는 반사로 인한 광손실이 있기 때문이다. 사실상 이상적인 광학계는 존재하지 않는다는 점을 고려할 때, 실제 무반사 안경렌즈가 보여줄 수 있는 광도는 Case II의 광도분포와 같을 것이다.

Case II와 내부반사가 있는 무반사 안경렌즈와 비교하면 내부반사에 의해 발생하는 미광의 효과를 알아낼 수 있다. 이에 내부반사가 있는 무반사 안경렌즈 모델을 Case III로 설정하여 분석한 결과를 Case II의 결과와 함께 Fig. 4(b)에 나타내었다. Fig. 4(b)에 따르면 Case II와 Case III에서의 중심부 광도는 거의 비슷하지만, 주변부에서의 광도는 내부반사가 있는 무반사 렌즈인 Case III가 내부반사가 없는 무반사 렌즈인 Case II보다 약간 높은 것으로 나타났다. 이는 Case III의 내부반사가 렌즈의 주변부에 미광을 발생시키고 있다는 뜻이다. 상의 질적인 측면을 고려할 때, 이러한 미광은 주변부의 광도를 높이기 때문에 중심부 상의 질 저하를 유발한다. 따라서 내부반사가 있는 무반사 안경렌즈가 내부반사가 없는 무반사 안경렌즈보다 상의 질이 떨어지는 것은 내부반사로 인한 미광이 주변부의 광도를 증가시키기 때문이라 결론지을 수 있다.

Fig. 4(c)에서 청색광 반사코팅렌즈의 반사율이 증가함에 따라 중심부에서의 광도는 감소하고 있다. Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20% 렌즈의 중심부 광도는 각각 0.982, 0.931, 0.884, 0.827이다. 이를 내부반사가 있는 무반사 렌즈 Case III와 비교하면 중심부 투과율은 각각 약 -0.3%, -5.5%, -10.3%, -16.0% 정도 감소한 것이다. 결과적으로 청색광 반사코팅의 청색광 반사율 증가는 중심부 투과율 감소를 유발시키고 있음을 확인할 수 있다.

내부반사가 없는 무반사 렌즈 Case II와 4종의 청색광 차단렌즈 Case IV의 광도분포를 비교하면 청색광 차단렌즈 Case IV의 광도분포는 중심부에서 감소하고 주변부에서 광도가 증가한다. 중심부에서의 광도 감소는 청색광 반사코팅에 의한 빛의 반사로 인한 손실에 기인한 것이고, 주변부에서의 광도의 증가는 미광에 의한 것

임을 알 수 있다. 결국, 청색광 차단렌즈에서의 상의 질 저하는 청색광 반사코팅에 의한 중심에서의 광도 감소와 내부반사에 의한 주변부에서의 광도 증가에 기인하는 방식으로 유발된다고 결론지을 수 있다.

이제 Case III와 Case IV의 미광분포 분석으로 청색광 반사코팅의 미광으로 인한 상의 질 변화를 고찰하도록 한다. Case III와 Case IV의 중심, 중심-주변부, 주변부의 미광의 세기를 표 1에 나타내었다.

중심부(0°)만을 고려하면 Case III, Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%의 미광의 세기는 각각 0.221, 0.221, 0.205, 0.198, 0.190이다. 이를 Case III를 기준으로 비교하면 Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%에서의 미광의 세기는 Case IV\_5%를 제외하고 각각 -7.2%, -10.4%, -14.0%만큼 감소하였다.

**Table 1.** Intensity of stray light in center, center-periphery, and periphery for Case III, Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, and Case IV\_20%

Case	Center	Center-periphery	Periphery
Case III	0.221	0.214	0.196
Case IV_5%	0.221	0.216	0.198
Case IV_10%	0.205	0.251	0.220
Case IV_15%	0.198	0.279	0.241
Case IV_20%	0.190	0.314	0.274

피크를 이루는 중심-주변부(15°)만을 고려하면 Case III, Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%의 미광의 세기는 각각 0.214, 0.216, 0.251, 0.279, 0.314이다. 이를 Case III를 기준으로 비교하면 Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%에서의 미광의 세기는 각각 0.9%, 17.3%, 30.4%, 46.7%만큼 증가하였다.

주변부(30°)만을 고려하면 Case III, Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%의 미광의 세기는 각각 0.196, 0.198, 0.220, 0.241, 0.274이다. 이를 Case III를 기준으로 비교하면 Case IV\_5%, Case IV\_10%, Case IV\_15%, Case IV\_20%에서의 미광의 세기는 각각 1.0%, 12.2%, 23.0%, 39.8%만큼 증가하였다.

이러한 미광분석 결과에 따르면 미광은 중심부에서의 미광은 다소 감소하고 중심-주변부와 주변부에서의 미광은 크게 증가하는 방식으로 상의 질 저하를 유발하고 있음을 알 수 있다. 그리고 이러한 현상은 청색광 반사코팅

의 반사율이 증가할수록 더 심해진다.

결국, 청색광 차단렌즈에서 상의 질은 청색광 반사코팅으로 인한 중심부에서의 광도 감소와 주변부에서의 미광 증가에서 비롯되며 이러한 현상은 청색광 반사코팅의 반사율이 증가할수록 심화된다고 결론지을 수 있다.

따라서 청색광 차단렌즈에서의 청색광 반사코팅의 반사율 설계 시에는 청색광 반사코팅의 반사율이 증가할수록 상의 질이 저하되므로 청색광 차단렌즈의 성능을 좌우하는 성능지표인 청색광 차단율, 시감투과율, 청색광 위험 등을 종합적으로 고려하여 시각적으로 불편이 없는 수준에서 적절히 조절할 필요가 있다고 사료된다.

## References

- [1] Yu YG, Choi EJ. A study on blue light blocking performance and prescription for blue light blocking lens. J of Korean Ophthalmic Opt Soc. 18(3):297-304, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.3.297>
- [2] Youssef PN, Sheibani N, Albert DM. Retinal light toxicity. Eye. 25(1):1-14, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/eye.2010.149>
- [3] Tanito M, Okuno T, Ishiba Y, Ohira A. Transmission spectrums and retinal blue-light irradiance values of untinted and yellow-tinted intraocular lenses. J of Cataract & Refractive Surgery. 36(2):299-307, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.08.036>
- [4] Yu DS, Moon BY. The presenting visual acuity and satisfaction of cislual acuity tests on health checkups in Korean adults. J of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 11(2):741-749, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.2.741>
- [5] Park SN, Kim KY. Effects of photodynamics therapy on the acne skin. without light sensitive material. J of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 16(5):3131-3138, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.5.3131>
- [6] Jung MH, Yang SJ, Yuk JS, Oh SY, Kim CJ, Lyu JM, Choi EJ. Evaluation of Blue Light Hazards in LED Lightings. J of Korean Ophthalmic Opt Soc. 20(3):293-300, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.293>
- [7] Ko JK, Cho MR, Lee MJ, Kim JH. Analysis on IEC 62471 for the introduction of photobiological safety of LED lamp. 2012 Autumn Conference. Korea Safety Management & Science. 435-443, 2012.
- [8] ICNIRP. ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. Health Physics. 105(1):74-96, 2013.
- [9] Kim CJ, Choi SW, Yang SJ, Oh SY, Choi EJ. Evaluation of Blue-light Blocking Ratio and Luminous Transmittance of Blue-light Blocking Lens based on International Standard. J of Korean Ophthalmic Opt Soc. 19(2):135-143, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.135>

- [10] Eo IS. LED Fiber-Optic Lighting Devices Developed for Medical Assistance for the Local Treatment Retractor. J of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 17(2):666-671, 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.2.666>
- [11] Kang DS, Kim KB, Ha SJ, Cho MW, Lee WJ. Development of dispenser system with electrohydrodynamic and voice coil moter for white and light emitting diode. J of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 16(10): 6925-6931, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.10.6925>
- [12] Lee WB. Study on the development of large capacity LED streetlight luminaire with adjustable light distribution characteristic. J of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 16(12):8901-8907, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8901>
- [13] Choi JG, Lee EH, Kim BY. Effect of Visual acuity for Change of Astigmatism axis in Myopic astigmatism. Journal of Digital Convergence. 13(12):285-290, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.12.285>
- [14] Park GW, Lee JW, A study for stray light distribution of mobile phone camera consisting of two aspheric lenses. Hankook Kwanghak Hoeji, 20(1):6-15, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3807/HKH.2009.20.1.006>
- [15] Lee JA, Lee JH. Stray Lights Analysis of a Compact Imaging Spectrometer for a Microsatellite TSAT-3. Korean Journal of Optics and Photonics. 23(4):167-171, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3807/KJOP.2012.23.4.167>
- [16] Park YJ. The Lens Aberration Correction Method for Laser Precision Machining in Machine Vision stem. Journal of Digital Convergence. 10(10):301-306, 2012.
- [17] Park JO, Jang WK, Kim SH, Jang HS, Lee SH. Stray light analysis of high resolution camera for a low-earth orbit satellite. J of Korean Opt Soc. 15(1):52-55, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3807/JOSK.2011.15.1.052>
- [18] Jin KW, Park BK. Stray Light Impacts on the COMS MI Images during the Eclipse Period. Korea Aerospace Res. Tech. 11(2):12-18, 2012.
- [19] Lee JA, Lee JH. Stray Light Analysis of a Compact Imaging Spectrometer for a Microsatellite STSAT-3. Korean J of Opt. Photon. 23(4):167-171, 2012.

**육 주 성(Ju Sung Yuk)**

[준회원]



- 2015년 2월 : 건양대학교 안경광학과 (안경광학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 대학원 의과학과 (석사과정)

<관심분야>

안경광학, 시광학

**양 석 준(Seok-Jun Yang)**

[준회원]



- 2007년 2월 : 성화대학교 안경광학과 (안경광학사)
- 2011년 2월 : 건양대학교 보건복지대학원 안경광학과 (안경광학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 일반대학원 보건학과 (박사수료)

<관심분야>

안경광학, 시광학

**김 용 권(Young Gwan Kim)**

[정회원]



- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학 (공학사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 정보통신공학 (공학석사)
- 2008년 2월 : 고려대학교 의공학 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 방사선학과 교수

<관심분야>

Medical Imaging System, Medical device

**최 은 정(Eun Jung Choi)**

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 수학과 (이학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 물리학과 (이학석사)
- 1994년 6월 : 연세대학교 물리학과 (이학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 건양대학교 안경광학과 교수

<관심분야>

안경광학, 시광학