

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제21권 제4호, 2016년 7월 (JBE Vol. 21, No. 4, July 2016)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2016.21.4.538>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

방송조명에서 LED광원의 색 재현성과 평탄도 연구

김 영 진^{a)}, 박 구 만^{b)†}

A Study on Color Reproduction and Flatness of the LED Light Source in Broadcasting Lighting

Young-Jin Kim^{a)} and Gooman Park^{b)†}

요 약

방송 제작현장에서는 영상 이미지 표현의 광원으로 Tungsten Halogen 광원이 주 광원으로 사용 되어 왔다. Tungsten Halogen 광원은 그동안 개발된 다른 광원보다 태양광원과 유사한 색 재현성으로 각광받아 왔지만 에너지 효율성의 문제점을 가지고 있었다. 최근 대체 광원으로 고효율의 에너지와 긴 수명의 LED광원이 방송 광원으로 주목받기 시작했다. LED광원은 독특한 발광원리 때문에 카메라를 통한 영상 이미지의 색 재현성과 광원에서 투사되는 빛의 질에 있어서 Tungsten Halogen광원과 다른 특성을 가지고 있다. 이런 특성은 LED광원이 방송 광원으로서 도입이 늦어지는 이유이다. 이에 본 연구에서는 LED 광원의 색 재현성과 빛의 질 특성인 평탄도를 측정하여 기준광원인 Tungsten Halogen과 비교하여 방송 광원으로써의 적합성에 대한 실험 데이터를 제시할 것이다. 또한 LED광원이 방송 광원으로서의 확산되기 위해서 필요한 점이 무엇인지 향후 과제와 기준을 제시하고자 한다.

Abstract

At the on-site of broadcasting production, the light source of tungsten halogen has been used as a primary light source for representing video images. Although tungsten halogen light has drawn attention in terms of the color reproducibility which is more similar to the sun light than that of other light sources, meanwhile it had problems in energy efficiency. Recently, the LED light source with high efficiency and long lifetime of the energy source has started getting attention as a substitute light source at the broadcast field. Because of the unique light emission principles, compared with tungsten halogen, LED light source has different characteristics in the quality of the light projected from the light source and color reproduction of the video image through a camera. These characteristics cause the delayed introduction of the LED as the broadcast light source. In this study we measured the quality characteristics of the flatness of the color reproduction and light of the LED light source and will present the experimental data whether it is suitable as the broadcasting light source compared to a reference light source of tungsten halogen. In addition, we suggested the future challenges and standards which are needed to expand usage of LED as a broadcast light source.

Keyword : LED Light Source, Light Source of Tungsten Halogen , Color reproducibility, Light Flatness

a) 한국방송공사(KBS)

b) 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(Dept. of Electronics IT Media Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

† Corresponding Author : 박구만(Gooman Park)

E-mail: gmpark@seoultech.ac.kr

Tel: +82-2-970-6430

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5854-3628>

※ This study was supported by the Research Program funded by the Seoul National University of Science and Technology

· Manuscript received January 18, 2016; Revised March 8, 2016; Accepted May 6, 2016.

I. 서론

방송 콘텐츠의 영상 이미지를 만드는 중요한 재료는 광원이다. 광원은 영상 이미지에 있어서 제일 중요한 구성 요소이자 시각 요소이다. 광원은 특성에 따라 피사체를 카메라에 인식하게 하는 것 외에 다른 시각적 요소에 영향을 미치거나 복합적으로 사용된다. 즉 피사체 자체를 있는 그대로 사실적으로 재현하거나 콘텐츠의 스토리에 따라 분위기를 조성하는데 사용한다.

인공광원은 램프의 발광원리에 따라, 물체를 가열하거나 온도를 높이면 빛이 발생하는 온도 방사와 고온이 되지 않아도 인위적인 어떤 자극에 의해 빛을 방출하는 루미네센스 발광으로 분류하고 루미네센스 발광은 다시 방전 발광과 전계 발광으로 나눈다.

방송제작현장에서 사용되는 온도방사의 대표 광원은 텅스텐 할로겐 램프(Tungsten Halogen Lamp)가 있고, 방전 발광에는 저압 방전등인 형광 램프(Fluorescence Lamp), 전계 발광에는 전류가 흐르면 빛이 나는 반도체인 LED Lamp (Light Emitting Diode Lamp)가 있다. 이러한 광원은 램프의 종류와 발광원리에 따라 빛의 스펙트럼이 다르게 분포되고 피사체의 영상 재현 특성에 영향을 미치게 된다.

1879년 전기에너지로 점등하는 백열램프가 에디슨에 의해 실용화되고 백열램프의 단점을 보완한 텅스텐 할로겐 램프는 따뜻한 백색 빛의 스펙트럼을 가지고 있고 소형 경량의 조명장비로 만들 수 있으며, 수명이 길고, 수명이 다할 때까지 밝기와 색온도가 변하지 않고 연색성이 좋아 현재까지 방송용 광원의 기준 광원으로 사용되고 있다.

그러나 텅스텐 할로겐 램프는 온도방사로 빛을 방출하기 때문에 열 발산으로 인해 스튜디오 환경문제, 수명, 효율성, 전력 소비량 등의 문제점을 가지고 있었다.

이런 문제점을 개선하기 위해 열 발산이 적은 저압 방전등인 형광 램프를 텅스텐 할로겐 광원의 대체 광원으로 적극 검토되어 콘텐츠 제작 현장에 플러드라이트(Floodlight) 용으로 사용되어 왔다.

하지만 형광 광원 또한 방송 광원으로 사용하기에는 문제점을 가지고 있었다. 형광 광원은 비연속적인 스펙트럼과 강한 녹색 스펙트럼 특성을 가지고 있다. 그리고 무엇보다

다도 램프의 특성으로 인해 하드라이트인 스포트라이트(Spotlight) 조명 장비를 만들지 못해 제작현장에서는 플러드라이트용으로 형광 광원을, 스포트라이트용으로 텅스텐 할로겐 광원을 혼합 사용하게 되어 스펙트럼 분포에 영향을 미쳐 피사체의 영상 이미지 재현에 문제점을 초래하게 되었다. 형광 광원이 가진 장점에도 불구하고 텅스텐 광원을 선호하게 되었다.

1960년 초에 적색 LED, 1970년대에 황색 LED, 1980년대에 LED, 1990년대 청색 LED와 녹색LED가 개발되고 드디어 1996년에 백색 LED가 개발됨으로써 LED는 21세기의 새로운 빛의 시대를 열고 있으며 건축 조명이나 디자인 조명 적용되어 급속도로 확대 되어 인공 광원의 새로운 시대를 맞이하게 되었다.

II. 연구 목적

현재 LED광원이 방송 조명으로 개발되어 제작 현장에 일부 사용되고 있으나 색 재현의 중요 요소인 색온도와 연색성 그리고 빛의 질을 좌우하는 평탄도가 기준 광원인 텅스텐 할로겐 광원에 비교하여 영상 이미지 재현의 차이점으로 인해 방송 광원으로 확장되지 못하고 있다.

방송용 LED광원이 국내에 도입된 지 4~5년 미만으로 현장에서 검증하기에 시간이 짧아 제대로 된 연구가 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구는 현재 방송용으로 출시되고 있는 LED광원의 특성을 실험 측정하여 방송용 LED광원의 기준을 마련하고 향후 방송용LED 광원의 개발에 방향성을 제시하고자 한다.

본 연구는 기준광인 텅스텐 할로겐 광원과 LED광원과의 비교 실험하여 LED광원의 세 가지를 측면을 제안할 것이다.

첫째, 현재 출시되고 있는 방송용 LED 조명기구의 색온도 및 연색성을 측정하여 기준광인 텅스텐 할로겐 광원과 색온도 및 연색성을 비교하여 방송용 조명으로써 적합성 여부를 살펴 볼 것이다.

둘째, 또한 LED광원의 Camalign Chart의 Vector 값을 측정하여 기준광원인 텅스텐 할로겐과 얼마나 유사한지 판단할 것이다.

세째, 빛이 얼마나 균일하게 퍼지는 가를 평가하는 LED 광원의 평탄도를 알아볼 것이다

III. 선행 연구

텅스텐 할로겐 광원과 형광 광원을 대체할 LED광원은 광목할 만한 기술적 진보를 통해 LED소자 자체의 전기적, 광학적 특성이 크게 향상되어 조명용으로서 필요성이 크게 대두되었다.

이에 따라 LED광원에 대한 연구도 학계에서 활발히 진행되어 LED광원의 발전과 확산에 기여하고 있다.

방송용 광원으로서 LED의 연구가 처음으로 이국세의 1인(2010)에 의해 시도 되었다 “TV 조명용 백색 LED의 광원 특성 분석”은 텅스텐 할로겐 광원과 형광 광원 그리고 LED광원의 비교 실험을 통한 LED광원의 색온도와 연색성에 대해 연구이다. 이 연구에서 LED광원은 방송용 조명으로서 저비용 고효율, 친환경적이라는 많은 장점에도 불구하고 LED광원에 의한 TV조명이 아직은 방송 이미지 재현 조건에는 미치지 못하는 것으로 나타났고 대안으로 방송제작 현장에서 텅스텐 할로겐 광원과 LED광원을 혼합하여 사용하는 방법을 제시하고 있다. 하지만 이 실험은 방송용 광원으로서 LED 조명기구의 연구 개발초기에 실시되었고 방송환경 조건에서 연구가 진행되지 않았다는 한계가 있었다.

그리고 방송 광원으로서 LED에 대한 연구는 이정민(2011)의 “광원으로서 LED도입이 방송제작 시스템에 미치는 영향”이 있다. 이 연구는 방송용 LED조명의 필요성과 광원특성, 제작현장에 미치는 영향에 관한 논문이다. 이 연구가 시작될 때 방송 제작 현장에서는 방송용 LED조명장비 개발에 대한 대책 사업이 KBS에서 진행할 시기였다. 또한 일부 쇼프로그램에서 인물 조명이 아니라 효과 조명으로 LED조명 조명장비가 일부 도입된 시기였다. 하지만 이국세의 1인 연구의 결과처럼 방송용 조명으로서 LED광원의

적합성에 대한 논쟁이 뜨거웠던 시기였다. 이유는 LED광원의 색온도 및 연색성이 카메라를 통한 이미지 색 재현 조건에 미치지 못했기 때문이다.

이 연구의 시사점은 방송용 조명으로서 LED광원의 색온도 및 연색성의 조건에 관해 말하고 있고 방송용 조명으로서 사용할 조건으로, 최소한 텅스텐 할로겐 광원이 가지는 특성에 근접해야 한다고 주장하고 있다는 점이다.

위의 연구에서 살펴본 것처럼 방송용 LED광원의 조명기구의 개발이 많이 진행되었지만 제대로 된 연구가 이루어지지 않아 여전히 적합성에 대해 논의가 진행 중이다.

IV. 방송 광원의 특성

1. 색온도

인간의 눈은 모든 빛을 백색으로 인식하지만 카메라의 필름과 영상 모니터는 빛과 색의 광학 변환을 통해 재현하기 때문에 빛과 색의 표현 레인지가 눈과 다르다. 따라서 방송용 광원은 카메라를 통한 색온도, 연색성으로 영상 이미지 재현의 충실도를 평가하여 적합성 여부를 결정한다. 카메라를 통한 영상 이미지 재현은 카메라 필름과 광원에 따라 다르기 때문에 정확한 색을 위해서는 각각의 조건을 충족 시켜야 한다. 즉, 카메라는 어떤 기준에서 흰색을 하나의 기준으로 인식하기 때문이다. 텅스텐 할로겐 광원이 기준인 텅스텐 필름은 3200K의 색온도를 가진 광원을, 일광용 필름은 5600K의 색온도의 가진 광원을 사용해야만 피사체의 정확한 색 재현이 이루어진다.

인간의 눈은 50K의 차이를 구별해 낼 수 있다고 하지만 50K의 차이에서 카메라를 통해 재현된 영상 이미지는 허용의 범위에 있고 보정 가능한 수치이다. 하지만 텅스텐 할로겐 기준의 필름에 3200K의 범위를 크게 벗어나거나 부족한 광원을 사용하면 재현된 영상 이미지는 파란색이나 노란색 기미를 띠게 된다. 그래서 방송제작 현장에서는 광원의 색온도 변화에 민감하게 반응하여 관리를 철저히 하게 된다.

스튜디오에서 방송 제작에 사용하는 카메라는 텅스텐 할

로겐 광원을 기준으로 개발되고 텅스텐 할로겐 광원에 최적화 되어 있다. 그리고 카메라는 광원의 변화에 적용되는 CC필터(Color Conversion Filter)가 있다. CC필터는 색온도 보정용 필터로 카메라 렌즈로부터 입사되는 가시광선의 색온도를 선택하거나 변환하는데 사용된다.

2. 연색성

색온도와 같이 영상 이미지의 색 재현 영향을 주는 요소는 광원에 의해 물체색이 보이는 것을 결정하는 연색성이다. 영상 이미지 표현에는 물체색이 보이는 것보다 본래의 색에 가까운 색의 재현성을 문제로 하는 색 재현이 중요하다. 연색성이란 어떤 광원이 물체를 비추었을 때 물체의 색 재현 충실도를 나타내는 광원의 성질을 말하며 스펙트럼의 R, G, B에너지 분포의 균일 정도를 수치화 값이다. 연색성 지수는 기준 광원대비 백분율로 표시되며 단위는 Ra로 표시하며, 연색성 지수가 '100'에 가까울수록 기준 광원에 가깝고 물체의 색이 충실히 재현된다는 것을 의미한다. 즉 높은 연색성 수치를 갖고 있는 램프는 색이 풍부하고 깊은 반면에 낮은 연색성 지수를 갖고 있는 램프는 본래의 색을 제대로 재현해 내지 못하고 탈색된 것처럼 보이게 한다. 연색성은 색온도와 관련이 있다.

물체색은 광원의 분광분포에 따라 그 분광 반사율이 달라지므로 물체색의 특성을 말할 때 어떤 특정 광원을 미리 정해두어야 한다. 색을 비교하는 데 있어서 스펙트럼이 서로 다른 광원을 사용한다면 비교는 무의미하기 때문이다. 따라서 연색성을 말할 때에는 기준 광원이 필요하며, 기술적으로 연색성 지수는 서로 같은 색온도를 가진 광원들 사이에서만 가능하다.

TV 조명에 사용되는 광원은Ra 최소 85이상이어야 하며, 특히 동양여성의 대표적인 피부색 표현을 위해서는 Ra는 95이상이어야 한다.

TV 카메라에서는 색순응에 의한 색의 항상 현상은 전혀 일어나지 않으므로 피사체의 충실한 색 재현을 위해서는 먼저 색온도를 통일해야 하고, 그 다음 연색성에 주의를 해야 한다.

3. 광원의 평탄도

평탄도는 광원이 그림 1과 같이 정해진 면적에 빛을 얼마나 균일하게 비출 수 있는지를 의미하는 것으로서 중심점의 조도에 비해 측정된 지점의 조도가 어느 정도 인지를 비율로 표시한다. 즉, 가운데를 중심으로 좌, 우, 상, 하 일정하게 그라데이션으로 빛이 퍼져나가는지를 판단하는 지표이다. 일반 조명기구의 광원은 가운데가 제일 밝은 지점이고 밖으로 퍼져나갈수록 점점 밝기가 감소하게 되는 광원의 특성을 가지고 있다. 이때 빛이 균일하게 감소하는 것이 중요하다. 무대조명과 다르게 방송 조명은 인물 중심으로 쏠이 이루어지기 때문에 피사체가 여러 명일 경우 하나의 조명 기구로 인물을 비추었을 때 피사체의 밝기가 차이가 발생하면 문제가 될 수 있다. 그래서 평탄도는 색 재현성과 더불어 방송조명에서 조명기구의 광원을 선택하는 중요한 요소 중의 하나이다.

평탄도 특성은 LED광원을 사용하는 조명기구를 품질을 결정하는 중요한 요소이다. 광원은 렌즈를 통해 빛이 나오게 되는데 방송용 LED광원은 하나의 소자로 빛을 내는 것이 아니라 수십 개 또는 수백 개의 소자를 가지고 하나의 광원을 만들게 된다. LED광원은 비교적 직진성이 강하기 때문에 지향성이 강한 특성이 있다. 이러한 직진성이 강한 많은 소자를 가지고 평탄도가 좋은 광원을 만드는 것이 중요하다.

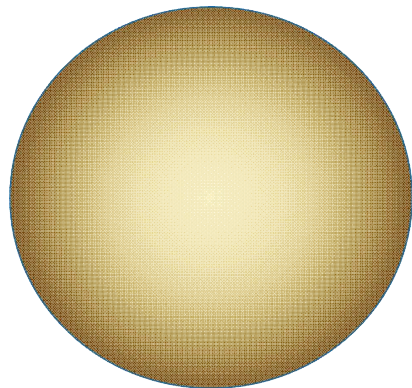


그림 1. 이상적인 광원의 평탄도

Fig. 1. The desirable flatness of the light source

V. 광원의 색 재현과 평탄도 측정 실험

1. 측정(실험) 대상 및 측정 조건

본 연구의 실험 측정은 방송용 LED광원으로 개발되어 생산된 조명 장비를 대상으로 이루어 졌다. 색 재현 특성을 위해서 플러드라이트와 스포트라이트 각각 3개의 제품을, 평탄도 측정을 위해서는 2개의 제품을, 방송 현장에서 주로 사용하고 있는 텅스텐 할로겐 광원의 조명 장비와 비교하였다. LED 조명기구의 색온도의 기준은 텅스텐 할로겐 광원과 같은 3200K로 하였다. 비교 대상인 텅스텐 할로겐 광원의 측정으로는 플러드라이트와 스포트라이트 각 1대씩 선정하였고 LED 조명기구의 출력은 각 회사의 조명 장비의 기준이 다르므로 텅스텐 할로겐 광원의 스포트라이트와 플러드라이트의 각각1kW 급에 해당하는 제품이며 LED 스포트라이트는 프레즈넬 렌즈로 구성된 조명기구로 측정 대상으로 선정

하였다. 텅스텐 할로겐 측정 조명기구로는 스포트라이트 LPS-10PA, 플러드라이트 LQB-1.5kW를 사용하였다.

2. 측정시스템

광원에 대한 분석은 KONIKA MINOLTA CS-2000 분광측색기를 사용하였고 카메라는 Ikegami사의 HDK-790EX III를 사용하였다. Waveform 모니터는 WFM7120 (Tektronix)과 CamAlign chart (JW-CDM28R-v8.5), CPU chart (Ikegami) 등을 사용하여 측정 하였다.

3. 측정(실험) 방법

3.1 색 재현 특성 실험

텅스텐 할로겐 광원과 LED광원 특성 분석과 비교를 위하여 그림 2에서 보는 바와 같이 동일한 조건과 환경을 구성하였다.

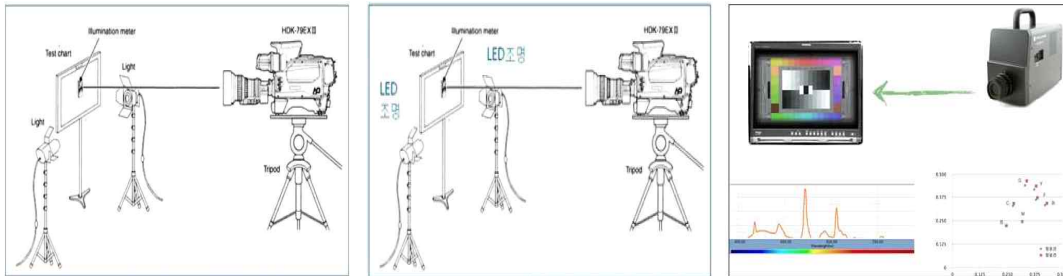


그림 2. 측정 시스템 개요도
Fig. 2. The overview of the measurement system

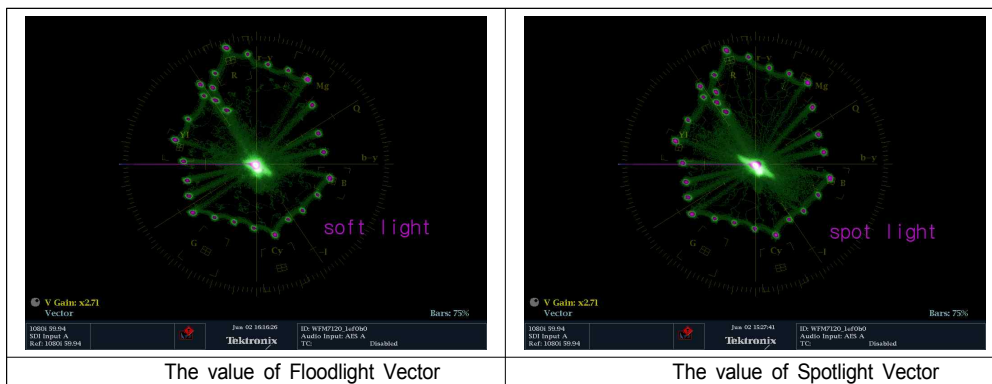


그림 3. 텅스텐 할로겐 플러드라이트와 스포트라이트 기준 값 추출
Fig. 3. The reference value of Tungsten Halogen Floodlight and Spotlight

(Young-Jin Kim et al.: A Study on Color Reproduction and Flatness of the LED Light Source in Broadcasting Lighting)

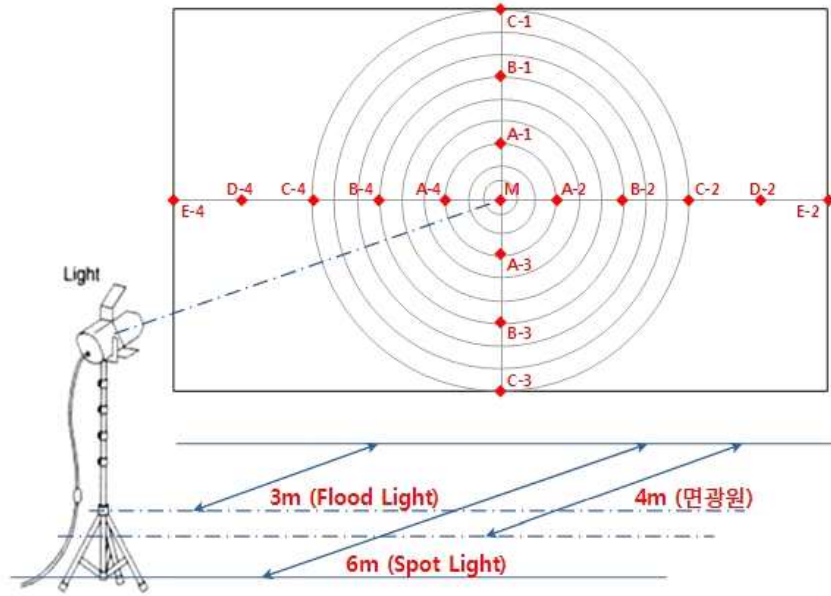


그림 4. 평탄도 측정 개요도
Fig. 4. The overview of flatness measurement

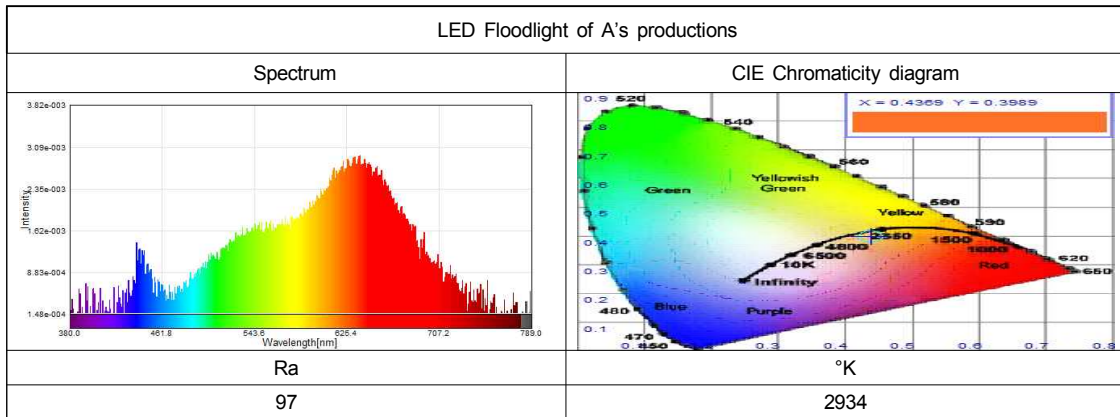
데이터를 측정하기 위해 텅스텐 할로겐 조명에서 카메라 특성을 조정 후 영상특성을 기록하여 그림 3에서처럼 기준 값을 추출한 후 비교대상인 LED조명에서 CPU차트를 이용하여 카메라 White Balance 조정 후 CamAlign 차트를 이용하여 대표 색 영상의 크로마 성분을 조사하였다.

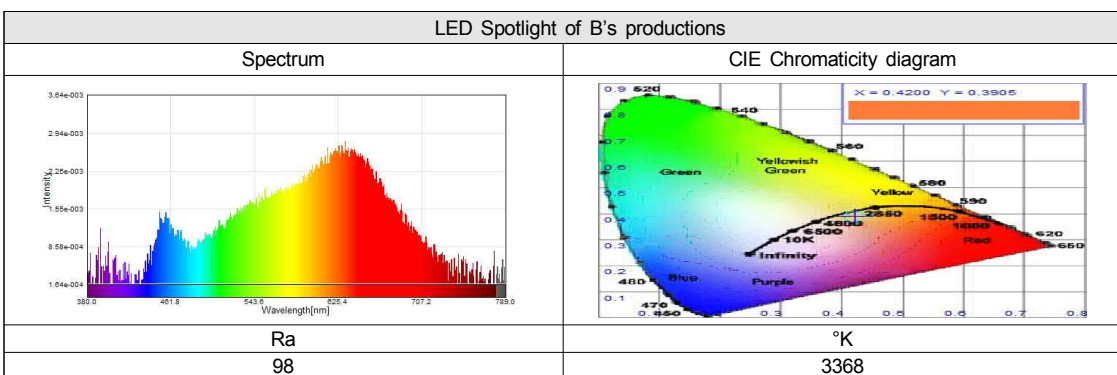
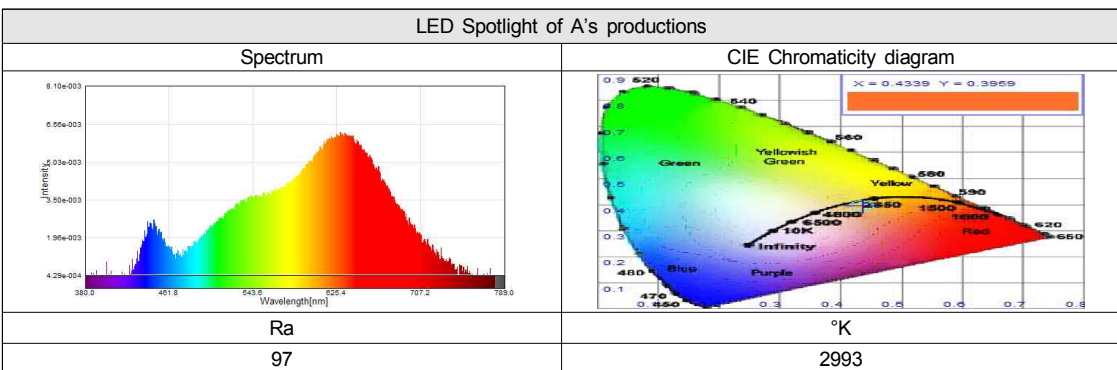
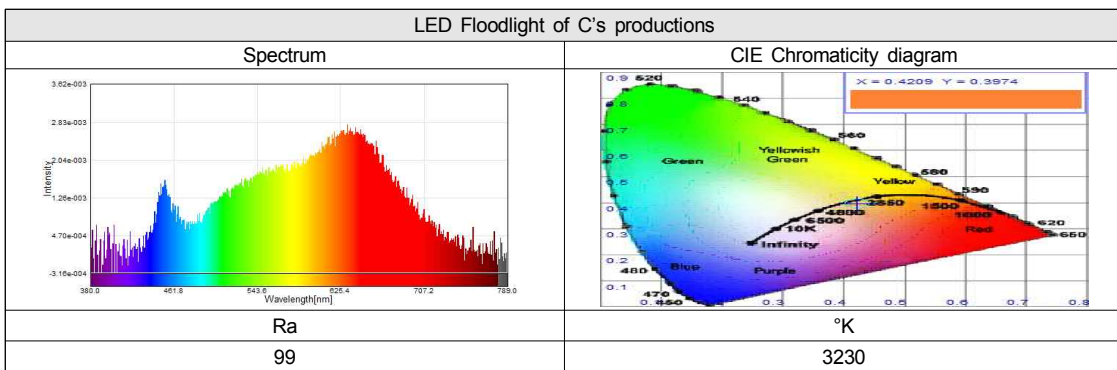
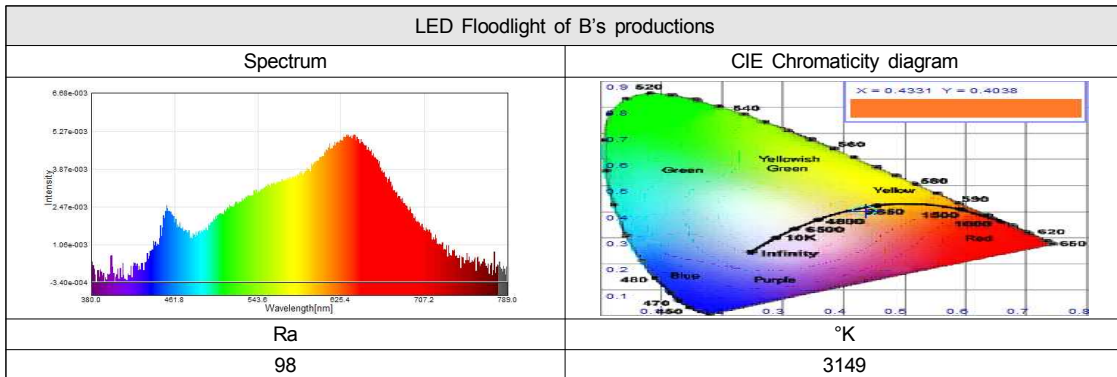
연색성의 측정 방법으로는 단일측정을 기본으로 시차파장(380nm)과 종료파장(789nm)그리고 노출시간은 1234

msec로 하였으며 Spot은 6m, Flood는 3m 거리에서 측정하였다.

3.2 평탄도 특성 실험

평탄도는 30cm, 60cm, 90cm 동심원 사이의 각 4포인트(A, B, C지점)를 측정하고 수평은 150cm, 200cm 포인트를 측정(D, E지점)하고 중심점 조도와와의 비율로 표시하고 기준값(중심)대비 3, 4M 지점의 평균값을 추출하였다.





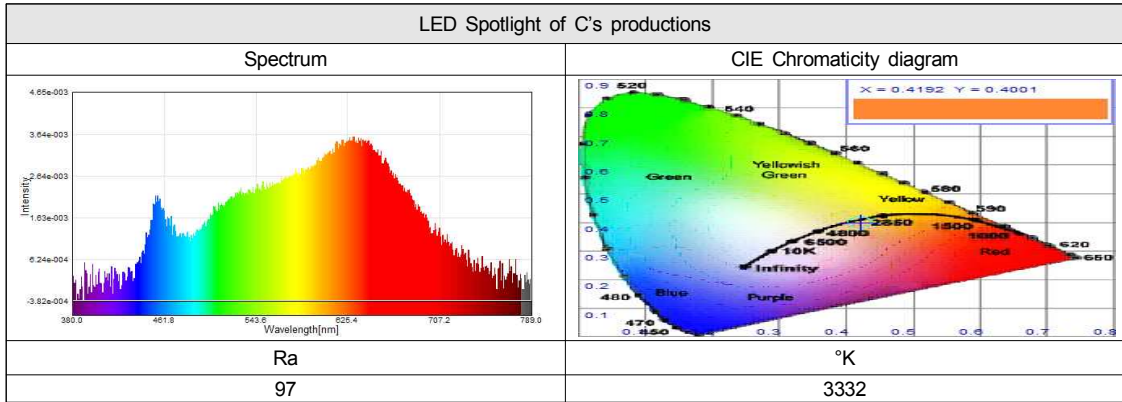


그림 5. 색온도 및 연색성 측정 결과

Fig. 5. The result of measurements of Color rendering and color temperature

VI. 광원의 측정 결과 및 분석

1. 색 재현 특성 측정 결과

1.1 색온도 및 연색성 측정 결과 및 분석

LED 백색 광원은 형광 소재의 특성과 R, G, B 혼합기술에 따라 광원의 연색성과 색온도에 차이가 발생한다. 이러한 기술의 발달로 방송용 LED광원의 연색성과 색온도의 지표가 텅스텐 할로겐 광원에 근접하게 향상되고 있다. 현재 스튜디오에서 광원으로 사용하고 있는 텅스텐 할로겐 광원의 연색성과 색온도는 표 1과 같다.

이번에 측정된 데이터를 살펴보기 전에 2013년에 똑 같은 환경에 측정된 LED광원의 연색성과 색온도를 살펴보면 기준광원보다 연색성이 떨어지고 색온도는 높게 나타나고 있다. 이러한 원인은 측정된 LED광원의 스펙트럼에서 플러드라이트와 스포트라이트 모두 블루 성분의 에너지가 기준 광원보다 많고 상대적으로 황색과 적색 성분의 에너지가 적은데 그 원인이 있다. 이러한 특성은 방송용 조명으로

서 LED 광원의 도입을 주저한 이유 중의 하나였다.

하지만 이번에 측정된 LED광원의 특성은 2013년도 측정된 LED조명기구의 광원보다 향상되어 측정 제품 모두 연색성과 색온도 모두 텅스텐 할로겐 광원과 근접하게 접근한 데이터를 보여주고 있다.

플러드라이트를 살펴보면 2013년의 Ra가 93이었지만 A사 97, B사 98, C사 99로 나타나 Ra가 기준 광원과 유사한 수치에 근접하고 있다. A사의 경우 스펙트럼 분포도에서 보는 것처럼 G, Y, R 성분의 에너지가 적게 분포되어 있기 때문에 다른 회사의 제품보다 Ra가 적게 나타나고 있다. 색온도의 경우 2013년에는 3240K이었지만 A사 2934K, B사 3149K, C사 3230K로 A사의 색온도가 기준광원에 유사하게 근접되어 있고 B사, C사의 경우 조금 높게 나타나고 있다. 특히 C사의 경우 CRI는 높지만 또한 상대적으로 색온도가 높게 나타나고 있다. 이러한 수치는 기준 광원과 비교했을 때 색 재현에 미묘한 차이가 발생할 수도 있음을 의미한다.

표 1. 2014년도 텅스텐 할로겐 조명기구 특성

Table 1. The characteristics of Tungsten halogen lighting fixtures in 2014

Division	Productions	Ra	°K	Flatness
Floodlight	A's 1.5kW	99	2882	1.00
Spotlight	A's 1kW	99	3126	1.00

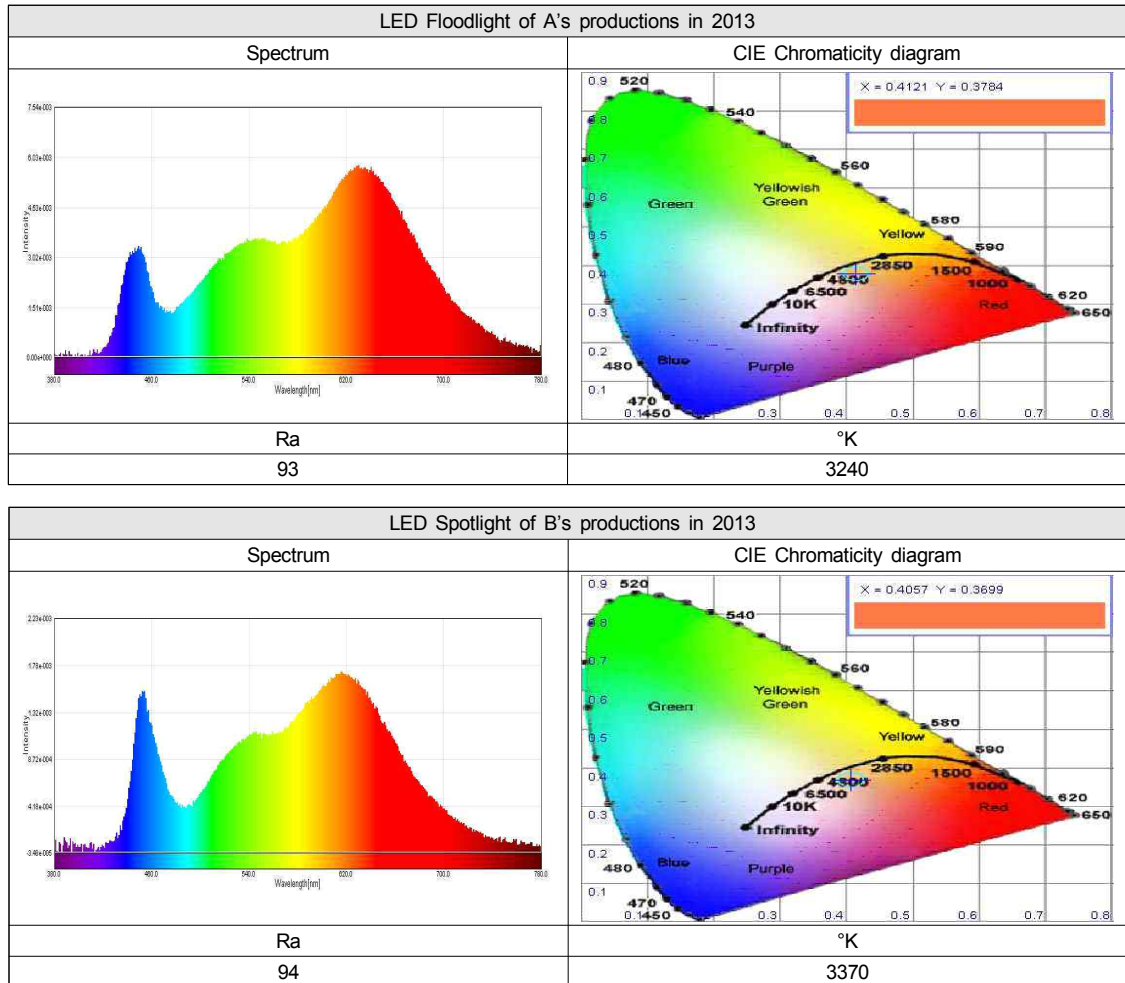


그림 6. 2013년도 색온도 및 연색성 측정 결과
 Fig. 6. The result of measurements of Color rendering and color temperature in 2013

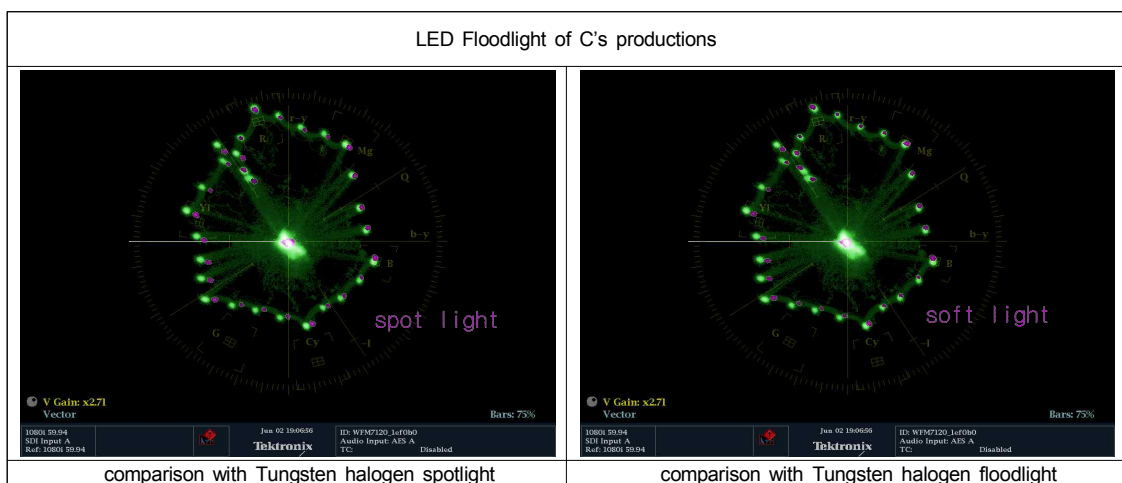
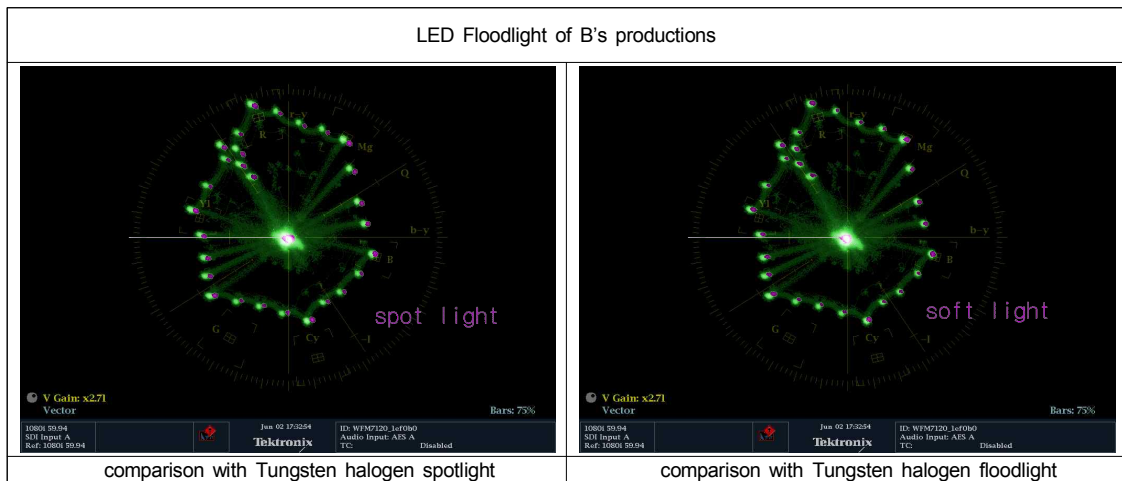
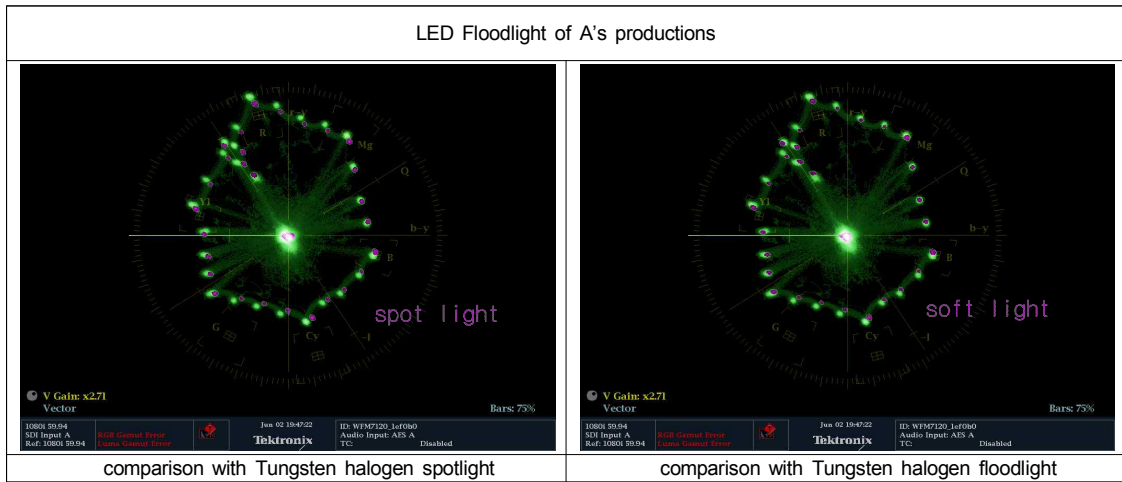
스포트라이트의 Ra는 A사의 97, B사의 98, C사의 97로 플러드라이트와 달리 연색성과 색온도 모두 기준 광원보다 광원특성이 조금 부족하게 나타나고 있다. 하지만 그림 6에서 보는 것처럼 2013년도에 측정된 Ra 94 수치보다 향상된 결과이다. 색온도는 A사 2993K로 기준 광원과 유사한 수치를 보였지만 B사와 C사의 경우 높게 나타나고 있다.

측정 결과에서 본 바와 같이 연색성과 색온도에 있어서 LED 스포트라이트 보다 LED 플러드라이트가 좀 더 기준 광원인 텅스텐 할로겐에 근접하게 나타나 향후 LED 스포트라이트 특성 향상 개발의 필요성이 대두되고 있다.

1.2 DSC Camaligh Chart(저채도 차트)를 통한 측정 결과 및 분석

Camaligh Chart를 통한 할로겐 & LED Vector 파형 합성으로 본 색상 비교에서는 2013년도 실험 결과에 비해 전체적으로 텅스텐 할로겐 광원과 많이 유사해졌음을 알 수 있다.

2013년도 비교 실험에서는 그림 8에서 보는 것처럼 LED 플러드라이트, LED 스포트라이트광원의 크로마 성분이 Yellow부분과 Red부분에서 기준 광원인 텅스텐 할로겐 보다 강하게 나타났었다(빨간색 파형이 Tungsten Halogen 광원,



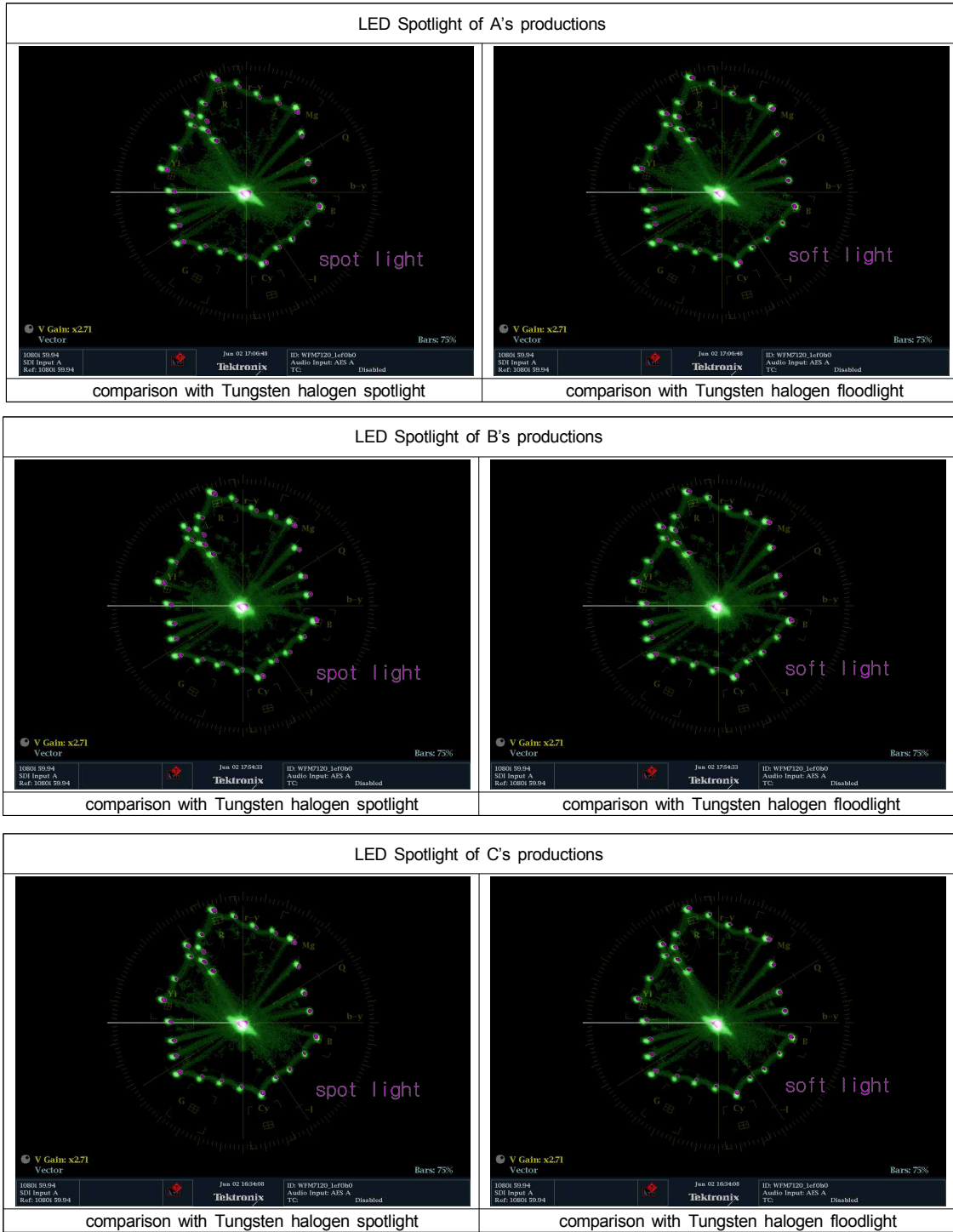


그림 7. 플러드라이트와 스포트라이트의 벡터 값
 Fig. 7. The vector value of Floodlight and Spotlight

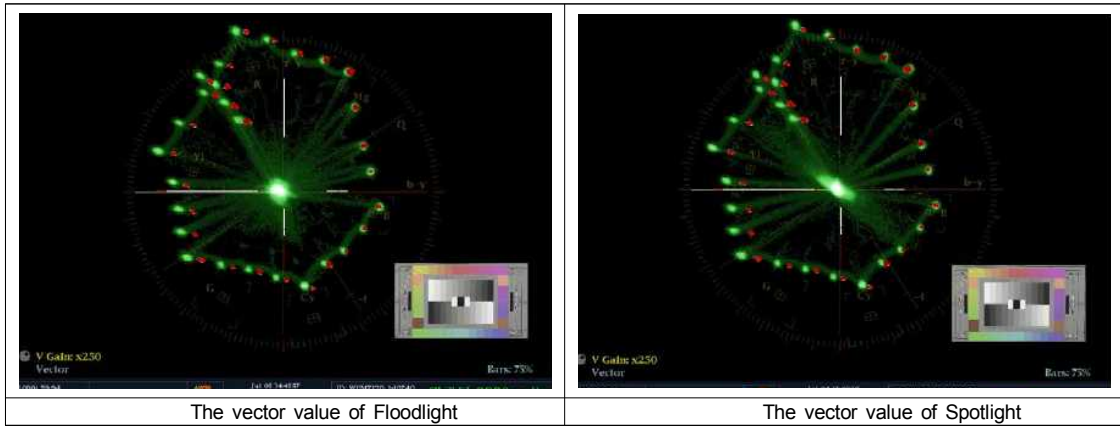


그림 8. 2013년도 플러드라이트와 스포트라이트의 벡터 값
 Fig. 8. The vector value of Floodlight and Spotlight in 2013

녹색 파형이 LED 광원). 특히 사람의 얼굴을 나타내는 성분의 기준이 되는 I축은 벡터상에서 텅스텐 할로겐 광원보다 Yellow쪽으로 3~4도 위상차이가 있었다.

하지만 이번 실험에서는 LED 플러드라이트의 경우 Vector상에서의 크로마 성분과 I축에서의 위상이 기준 광원인 텅스텐 할로겐과 유사한 특성 (자주색 파형이 텅스텐 할로겐 광원, 녹색 파형이 LED 광원)을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 다만 C사 제품의 크로마 성분이 기준 광원보다 약간 높게 나왔지만 이는 보정 가능한 범위이다.

LED 스포트라이트의 비교실험에서도 3개사 모두 기준 광원과 비교하여 크로마 성분과 I축 위상도 매우 유사한 데이터를 보이고 있다.

2. 평탄도 특성 측정 결과 및 분석

평탄도 측정결과 2013년도 보다 개선되어 스튜디오에서 사용하기에 양호한 수치를 보이고 있다. 평탄도 측정은 C1과 C3, D2와 D4의 지점의 균일성이 중요하다.

LED 플러드라이트의 평탄도는 조명기구와 광원의 집적 특성 때문에 D2와 D4 지점의 평탄도 측정이 유의미한 가치가 있다. 이번에 측정된 평탄도를 보면 A사의 D2와 D4의 평탄도는 각각 0.60과 0.68로 그 편차는 0.08이고 B사는 각각 0.67과 0.74로 편차는 0.07이다. 이는 2013년도 편차인 0.09(D4=0.68, D2=0.59)보다 조금 개선된 특성을 나타내고 있다.

스포트라이트의 평탄도는 광원의 형태가 점광원 형태를

표 2. LED 플러드라이트와 스포트라이트의 평탄도
 Table 2. The flatness of LED floodlight and spotlight

The flatness of LED floodlight																	
point	M	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D4	E2	E4
A's	1.00	1.01	0.97	0.97	1.00	0.99	0.90	0.89	0.95	0.98	0.81	0.80	0.87	0.60	0.68	0.46	0.50
B's	1.00	1.01	0.97	0.96	0.99	0.99	0.93	0.91	0.94	0.97	0.83	0.86	0.87	0.67	0.74	0.56	0.60
The flatness of LED spotlight																	
point	M	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D4	E2	E4
A's	1.00	1.02	0.00	0.88	1.03	1.03	1.01	1.04	0.93	0.92	0.89	0.91	0.90	0.87	0.96	0.84	0.90
B's	1.00	1.01	0.99	0.99	0.99	1.13	0.96	0.98	0.97	0.94	0.91	0.94	0.93	0.78	0.84	0.69	0.73

표 3. 2013년도 LED 플러드라이트와 스포트라이트의 평탄도
Table 3. The flatness of LED floodlight and spotlight in 2013

Point	M	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D4	E2	E4
Flood	1.00	1.02	0.96	0.94	1.05	1.01	0.89	0.82	0.97	1.00	0.79	0.75	0.88	0.59	0.68	0.05	0.55
Spot	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	0.94	0.93	0.99	0.97	0.89	0.87	1.05	0.96	0.54	0.71	0.30	0.39

가지고 있어 C1과 C3, D2와 D4의 빛의 평탄도를 살펴보는 것이 좋다.

특히 LED 스포트라이트의 경우 하나의 광원으로 빛을 내는 텅스텐 할로겐광원과 달리 LED소자를 집적하여 스포트라이트를 만들기 때문에 균일한 평탄도를 만드는 중요한 기술이다.

LED 스포트라이트의 평탄도는 A사는 C1과 C3의 편차 0.01(C1=0.92, C3=0.91), D2와 D4의 편차 0.09이고 B사는 각각 0.00, 0.06이다. LED 스포트라이트 A사 B사 모두 광원의 가로축보다 세로축의 평탄도의 차이가 나타나고 있다. 이는 투사된 빛의 위, 아래가 균일하지 않다는 것을 의미한다.

하지만 2013년도의 LED 스포트라이트의 C1과 C3의 편차 0.16(1.05-0.89=0.16), D2와 D4의 편차 0.17(0.71-0.54=0.17)보다 많이 향상된 수치를 보이고 있다.

Ⅶ. 결론 및 향후 과제

현재 스튜디오에서 방송조명용 광원으로 사용되고 있는 텅스텐 할로겐 광원은 온도 방사의 방법으로 빛을 내기 때문에 조명장비의 열 발산이 많고 수명이 짧아 에너지 효율 측면에서 비효율적이다. 이러한 이유 때문에 방송 제작 현장에서도 에너지 절약 향상과 높은 조명 특성을 가진 LED 광원에 높은 관심을 가지고 있다. 하지만 방송 제작 현장에서 LED광원은 색온도, 연색성의 피사체의 색 재현 특성, 빛의 질을 평가하는 평탄도와 같은 광 특성이 주 광원으로 사용하고 있는 텅스텐 할로겐광원에 비해 떨어진다는 점 때문에 폭넓게 활용되지 못하고 있다.

하지만 이번 연구결과 LED광원의 색 재현 특성과 평탄

도 특성은 측정 제품 간에 차이가 존재하지만, 2013년도 측정된 실험결과 보다 기준 광원인 텅스텐 할로겐과 근접한 특성을 보인 것으로 나타났다.

LED광원의 색온도는 특정 제품 따라 차이가 발생하고, 기준 광원인 텅스텐 할로겐 광원보다 조금 높게 나타나 향후 개선 및 보완이 필요한 부분이다. 이러한 이유 때문에 제작 현장에서 LED제품 간, LED광원과 텅스텐 할로겐 광원 간에 혼용 사용을 지양하는 것이 바람직하다.

연색성은 LED 플러드라이트는 기준광원인 텅스텐 할로겐과 근접한 수치를 보이지만 LED 스포트라이트는 기준광원인 텅스텐 할로겐보다 조금 낮은 수치를 보이고 있다.

DSC Camalign Chart를 통한 Vector Scope 색 재현성의 경우 LED 스포트라이트는 기준 광원과 유사한 색 재현성을 보였지만 LED 플러드라이트의 경우 측정 제품 간 미세한 색 재현성 차이를 보이고 있다. 하지만 기준 광원과 비교했을 때 나타나는 차이는 보정 가능한 수치이므로 텅스텐 할로겐 광원의 대체 광원으로 사용하기에 충분한 요건을 갖춘 것으로 보인다.

평탄도의 경우, 플러드라이트에 비해 스포트라이트가 평탄도 편차가 나타났다. 방송제작 현장에서 플러드라이트는 스포트라이트용으로 여러 대를 함께 사용하기 때문에 이번 실험 결과 수치는 서로 보완 가능한 빛의 질이다. 하지만 스포트라이트는 주로 인물 조명에 사용하는 하드라이트로 광원의 평탄도 차이는 인물 밝기에 영향을 미치므로 빛의 질을 좀 더 균일하게 개발할 필요성이 있다.

실험 결과 현재 출시된 방송용 LED 광원 특성이 기준광원과 근접하게 나타나 방송용 광원으로 사용하기에 가능하다. 실험 결과에 나타난 차이들은 제작 현장에서 보정 가능한 수치이기 때문이다. 하지만 LED광원이 방송용 광원으로 신뢰성을 확보하기 위해서는 색 재현에 영향을 미치는

색온도 및 연색성 향상, 그리고 빛의 질 평가인 평탄도 차이를 줄이는 기술 개발이 좀 더 필요하다. 무엇보다도 LED 플러드라이트는 기준 광원에 근접한 수준으로 개발되었지만 LED 스포트라이트의 경우 텅스텐 할로겐과 차이가 나타나 향후 기술 개발이 필요한 과제이다.

참 고 문 헌 (reference)

[1] H. J. Chang, Y. J. Kim, "Correlation Analysis of LED Characteristics and Color reproduction as Broadcasting Lighting", Broadcasting and Media Magazine, vol.20, no.4, pp44-45, October 2013.

[2] J. H. Chang, B. C. Park and A. S. Choi "Performance Evaluation of LEDs for the Substitution of Fluorescent Lighting Source", JIEIE, November 2007.

[3] J. S. Lee, W. D. Kim, B. S. Kim, W. T. Han, "Study on Analysis of Characteristics of Illuminance and Luminance Distribution of LED Luminaires", JIEIE, vol.22, no.9, September 2008.

[4] K. S. Lee, N. M. Moon, "Analysis of Characteristics of White LED Light Source for TV Lighting", JBE, vol.15, no.4, July 2010.

[5] J. M. Lee, "Study on the effects of the introduction of LED as a light source on broadcasting production system", Broadcasting & Visual Communication The Graduate School of Journalism & Mass Communication Yonsei University, February 2011.

[6] John Jackman, "Lighting for Digital Video & Television", CMC Media LLC, San Francisco, USA, pp28-29, 2004

[7] Ross Lowell, "Matters of Light and Depth", Lowell-Light Manufacturing, New York, USA, pp184-185, 1992

[8] Y. J. Kim, "Aesthetic Principles and Methods of Lighting", SEONG AN DANG Publishing CO. Mapo, Seoul, pp121-122, May 2014.

[9] Y. G. Kim, "Lighting Production", Communication Books, Inc. Mapo, Seoul, pp84-87, June 2012

저 자 소 개



김 영 진

- 서울과학기술대학교 매체공학과 공학사
- 세종대학교 문화예술콘텐츠대학원 커뮤니케이션학 석사
- 서울과학기술대학교 IT정책대학원 박사과정
- 한국방송(KBS)TV기술국 차장(조명감독)
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-7781-2264>
- 주관심분야 : 조명 이미지 표현 및 기호 특성, VR



박 구 만

- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 석사
- 1991년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 박사
- 1991년 3월 ~ 1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1999년 8월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수
- 2016년 1월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 원장
- 2006년 1월 ~ 2007년 8월 : Georgia Institute of Technology Dept.of ECE, 방문교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-5854-3628>
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어 통신, 디지털방송