

# 각종 광원의 색온도 및 연색성 측정에 관한 연구

A study on the Color Temperature and the Color Rendering  
of Various Light Sources

김 혼

강원대학교 전기공학과

한 종 성 \*

강원대학교 전기공학과

## abstract

A computer program to calculate the color temperature ( Tc ) and color rendering index ( Ra ) of the light source was developed. Using this program and a measuring system with a monochromator and a integrating sphere, Tc and Ra of incandescent lamp and fluorescent lamp was calculated. As a result, it is known that Tc of the I/L and the F/L with a reactor ballast is changing about 40<sup>o</sup>K with varying source voltage of 5 V. Ra variations of these lamps have a trend but can be disregarded.

(Colorimetry)은 물리학, 화학, 생물학 등 기초 과학 분야에서의 유력한 측정, 분석수단일 뿐 아니라, 광학, 조명공학, 레이저공학 등 빛과 직접 관련되어있는 제 응용분야에서는 가장 중요한 측정방법이다. 또한 인쇄, 염색, 미술 등 색과 관련되어있는 모든 분야에서도 그 분야의 발전을 위해서는 정확한 측색이 필수 요건이다.

특히 인간생활에 직접 이용되는 인공광원 - 백열전구, 형광등, 고광도방전등 - 의 경우, 그 광원색의 측정은 xy色度圖( 1931 CIE Chromaticity Diagram )에서의 위치를 찾아내는 것 뿐 아니라, 그 광원색과 같은 색본포를 갖는 흑체의 온도, 즉 色溫度(Color Temperature ) Tc와, 이 광원으로 비추어진 물체의 색이 표준 광으로 비추어졌을 때의 색과 어느 정도의 유사성을 갖는지 물리적, 생리적 요인들을 고려하여 판단할 수 있게 해주는 然色評價數( Color Rendering Index ) Ra까지도 평가되어야 한다. 더구나 연색성은 인간의 눈이 각종의 광원하에서 물체를 볼 때 色順應( Color Adaptation )을 하므로 매우 판단하기 어려운 대상이 된다. 이

## 1. 서론

광원 및 물체에서 방사되거나 반사되는 빛을 측정, 분석하고 그 색을 판별하는 측색

에마라 국제조명위원회( CIE )에서는 색온도와 연색평가수의 측정방법을 규정하고 있으며 각국의 공업규격도 이를 따르고 있다.<sup>4,5)</sup>

그러나 이와같이 규정된 측정방법을 순수하게 광학적인 process만으로 수행하여 Tc와 Ra를 판단하는 것은 매우 복잡하고 오차도 크므로, 실제로는 측정대상 광원의 spectrum본포를 측정하고(분광측정), 이 데이터를 이용하여 광학적 process를 computer program으로 모의(simulation)함으로써 Tc, Ra 를 정확히 계산하게 된다.<sup>2,3)</sup> 그런데 국내에서는 생산하고 있는 광원의 광원색 평가에 대한 시도가 아직 없으며, 대부분 외국, 특히 일본의 자료를 수정없이 그대로 인용하고 있어 형광물질이나 내부 조성물질의 구성이 광원색에 심각한 영향을 미치는 형광등, 고압수은등, 매탈할라이드등의 경우에는 제품의 정확한 사양이 제공되고있지 못한 형편이다. 또한 최근에는 에너지 절약을 위한 전자안정기의 사용으로 방전등의 고주파 점등이 증가하여 이때의 광원색 변화도 밝혀져야 할 과제이며, TV Studio 등의 조명용으로 사용되는 할로젠 램프의 경우, 전원전압의 강하에 따른 색온도 변화가 문제로 되고있다.

따라서 본 연구에서는 광원색의 특성을 판단할 수 있는 지수인 x, y, Tc, Ra 를 계산할 수 있는 프로그램을 작성하고, 국내에서 생산되고 있는 각종 광원에 대하여 전원전압의 변동이 이들 지수에 미치는 영향을 밝혀보고자 한다.

## 2. 색온도와 연색성의 계산법

색온도는 광원과 같은 색도를 갖는 흑체의 온도로 규정되어 있으나, 시료광원의 색도가 흑체 궤적에서 벗어나는 경우가 많으므로 통상 상관 색온도 (correlated color temperature)를 사용하게 된다. 상관 색온도는 CIE 1960 USC색도도에 흑체궤적을 그리고, 시료광원의 색도좌표에서 흑체궤적에 직교하는 직선(등색온도선)을 그어, 이 직선과 궤적의 교점이 나타내는 흑체의 온도로 규정 된다. 이 과정을 컴퓨터 프로그램화 한다면 흑체궤적의 좌표를 기억하는 데이터량이 매우 많아질 뿐 아니라 궤적에의 직교 곡선을 구하는 과정도 매우 어렵고 정확성을 보장하기 어렵다. 1968년에 Robertson은 31개의 등색온도선의 기울기 및 흑체궤적과의 교점을 알고 있는 상태에서 보간법을 이용하여 상관 색온도를 계산하는 방법을 개발하였고, 이방법으로 3000°K이하에서 0.2°K, 8000°K이하에서 1.5°K 의 오차를 갖는 것을 확인 하였다<sup>1)</sup>. 본 연구에서는 Robertson 의 방법을 이용하여 색온도를 구하였다.

연색성은 평균연색 평가수  $R_a$  와 특수연색 평가수  $R_9 \sim R_{15}$ 로 표시되며 평균 연색 평가수는 8종류의 시험색을 시료광원으로 조명하였을 때와 시료광원과 같은 색온도의 표준광원으로 조명하였을 때의 색도 변화를 평균하여 구하게된다. 또한 특수 연색 평가수는 일상 생활에서 많이 나타나는 7가지의 색에 대하여 시료 광원과 표준광원 조명시의 색도 차이를 계산한 것이다.

따라서 연색평가수는 시험색들의 본광 반사율과 시료광원의 색온도와 표준광원의 본광분포를 알면 계산할 수 있고, 이들 사항은 한국 공업 규격에 명시되어있다.(8.7.11)

이들 사항을 기본으로 하여 시료광원의 본광분포를 입력하면 x y 색도좌표, u v 색도좌표, 상관 색온도, 평균연색평가수, 특수연색평가수를 계산해 주는 프로그램을 작성하였으며, 그 흐름도는 그림 1과 같다.(6.7)

### 3. 측정과 계산

형광등과 같이 길이가 긴 광원 뿐 아니라 백열전구도 위치에 따라 본광 분포가 달라지므로 시료광원을 적분구(Integrating Sphere)에 넣고 관측창을 통해 나오는 빛을 Monochromator (Jobin Ivon, H-20V)로 분광하고 광전자증배관(Photo Multiplier Tube)으로 측정하였다. 광전자증배관의 감도는 파장에 따라 다르므로 이를 고려하여 측정치에 보정을 가하였다.

백열전구, 스튜디오용 할로겐전구, 주광색 형광등, 백색형광등에 대하여 전원 전압을 변동시켜가면서 본광분포를 측정하였다. 형광등의 경우는 종래의 리액터식안정기와 전자식안정기에 대하여 2회씩 측정하였다.

그림 2는 정격전압으로 점등시 주광색 형광등과 백색형광등의 본광 분포를 그린것이다.

그림 3은 110V 100W 백열전구에의 인가전압 변동시 색온도 변화를 나타낸것이며 그림 4는 120V 50W 할로겐 전구의 색온도 변화를 보인것이다. 두전구가 모두 전원전압 5V 변화에 50°K

정도의 색온도 변화를 나타내고 있다.

그림 5는 주광색 형광등의 색온도 변화들, 그림 6은 백색 형광등의 색온도 변화를 나타낸 것이다. 리액터식 안정기에 점등하였을 경우 전원전압 90 -100V 사이에서 색온도의 최저치가 나타나고 전압이 낮아지거나 높아지면 색온도가 상승하는 것을 알 수 있다.

전자식 안정기의 경우는 전원전압 변동에 따른 색온도의 변화에서 뚜렷한 경향을 찾아내기 어려웠다. 이는 전원전압의 변동의 영향이 형광등에 직접 영향을 주는 리액터식 안정기와는 달리 전자식 안정기에서는 회로의 각부분이 어느 정도의 완충작용을 해 주기 때문으로 생각된다.

그림 7은 주광색 형광등의 평균연색 평가수를, 그림 8은 백색 형광등의 평균 연색 평가수를 보였다. 전원전압의 변동에 따라 일정한 경향들을 보이고 있으나, 실제 값의 변동은  $\pm 5$  이내로서 연색평가수의 우열을 판단하기에는 의미가 없는 정도임을 알 수 있다.

### 4. 결론

광원의 본광분포를 측정하고 이를 입력하여 광원색의 색도좌표, 상관 색온도 및 연색평가수를 계산하는 프로그램을 개발하였다. 이를 이용하여 백열전구, 할로겐전구, 형광등의 전원전압을 변동시키며 색온도와 연색평가수를 계산한 결과, 색온도는 전원전압 변동에 따라 뚜렷이 변화하는 경향을 보였다. 연색 평가수도 어느 정도의 일정한 경향을 보이고 있으나 연색성의 우열을 판단할 수 있을 정도의 큰 변화를 보이지

는 않는 것을 알 수 있었다.

실제로 형광등의 경우 연색성의 변화는 주 위온도의 변화와 인가전압의 주파수변화가 미치는 영향이 더욱 심각할 것으로 판단되며 앞으로의 연구과제이다. 아울러 HID램프의 색온도와 연색성평가, 측정시스템의 자동화등이 과제이며 가능한한 저가의 시스템을 개발하여야 할 것이다.

### 5. 참고문헌

1. Robertson, A.R., Computation of correlated color temperature and distribution temperature, J. Opt. Soc. Am., 58(11), 1968(1528)
2. 武林, 外, 色覺情報計測へのコンピュータ利用, 照學誌, 68(5), 1984(194)
3. 本郷, 外, 放電ランプ光の動的測定へのコンピュータの利用, 照學誌, 68(5), 1984(200)
4. Kaufman, J.E., ed., IES LIGHTING HANDBOOK, Reference Volume, IES of North America, 1984, New York
5. 日本照明學會 編, LIGHTING HANDBOOK, オーム社, 1987, 東京
6. KS A 0061, XYZ색 표시계 및  $X_{10}$   $Y_{10}$   $Z_{10}$  색 표시계에 따른 색의 표시방법
7. KS A 0068 광원색의 측정방법
8. KS A 0075 광원의 연색성 평가방법
9. KS A 3325 형광램프의 광원색 및 연색성에 의한 구분

10. KS A 0076 광원의 본포온도 및 색온도 측정방법

11. KS A 0074 측색용 표준광 및 표준광원

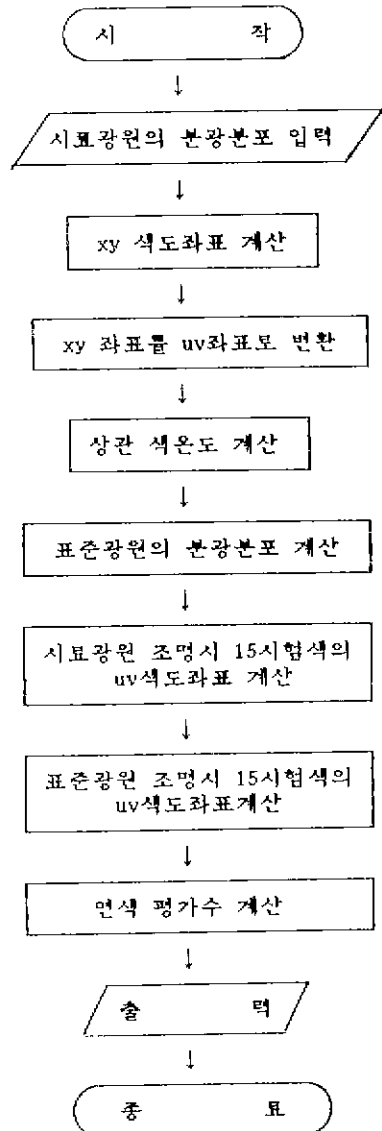


그림 1. 프로그램의 흐름도

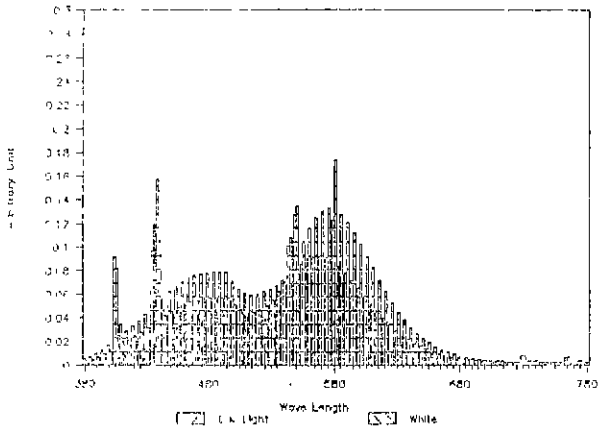


그림 2. 형광등의 분광 분포.

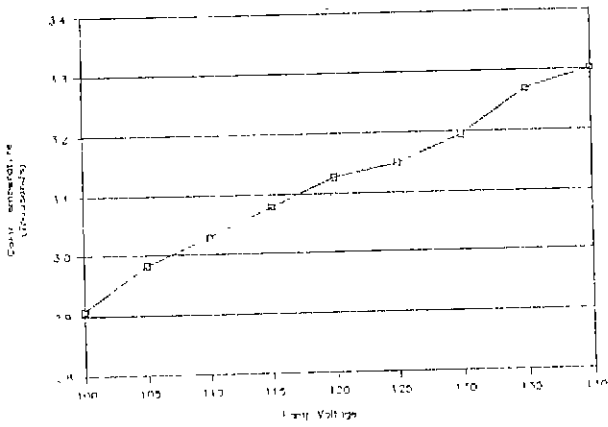


그림 4. 할로겐전구의 색온도 변화.

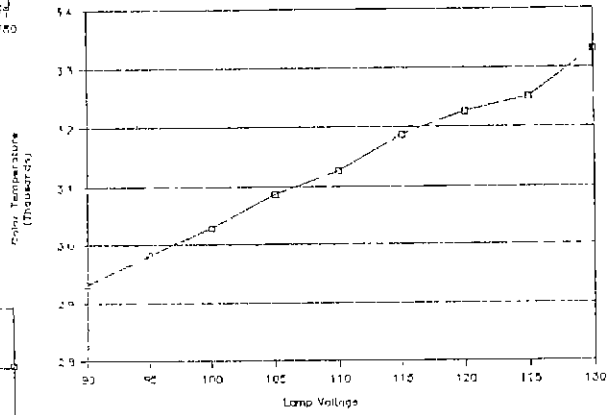


그림 3. 백열전구의 색온도 변화.

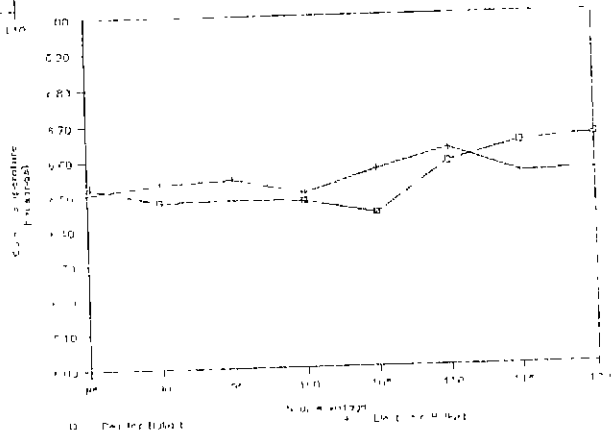


그림 5. 주광색 형광등의 색온도 변화.

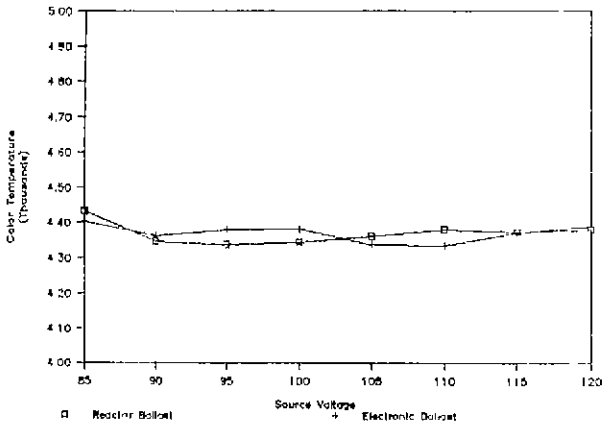


그림 6. 백색형광등의 색온도 변화.

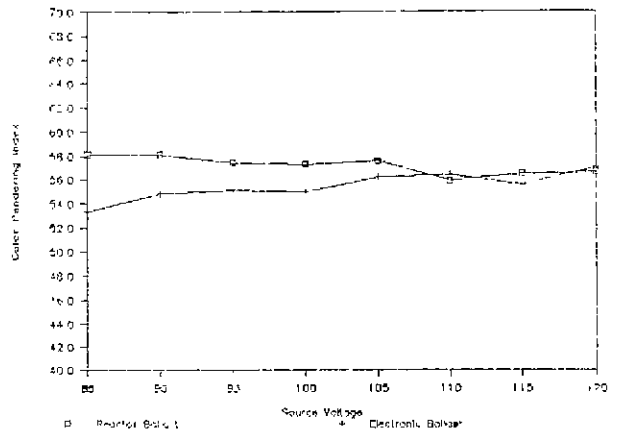


그림 7. 주광색 형광등의 평균 연색 평가수.

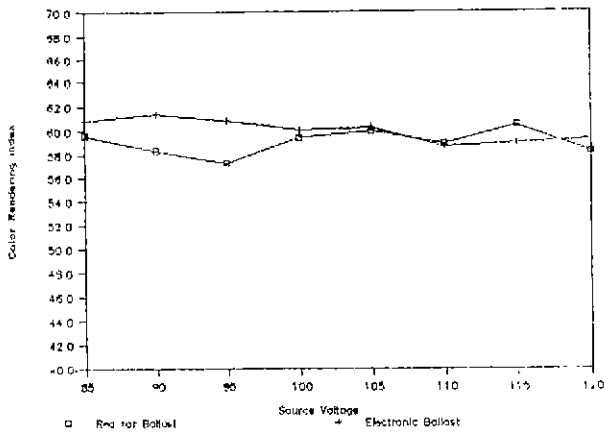


그림 8. 백색 형광등의 평균 연색 평가수.