

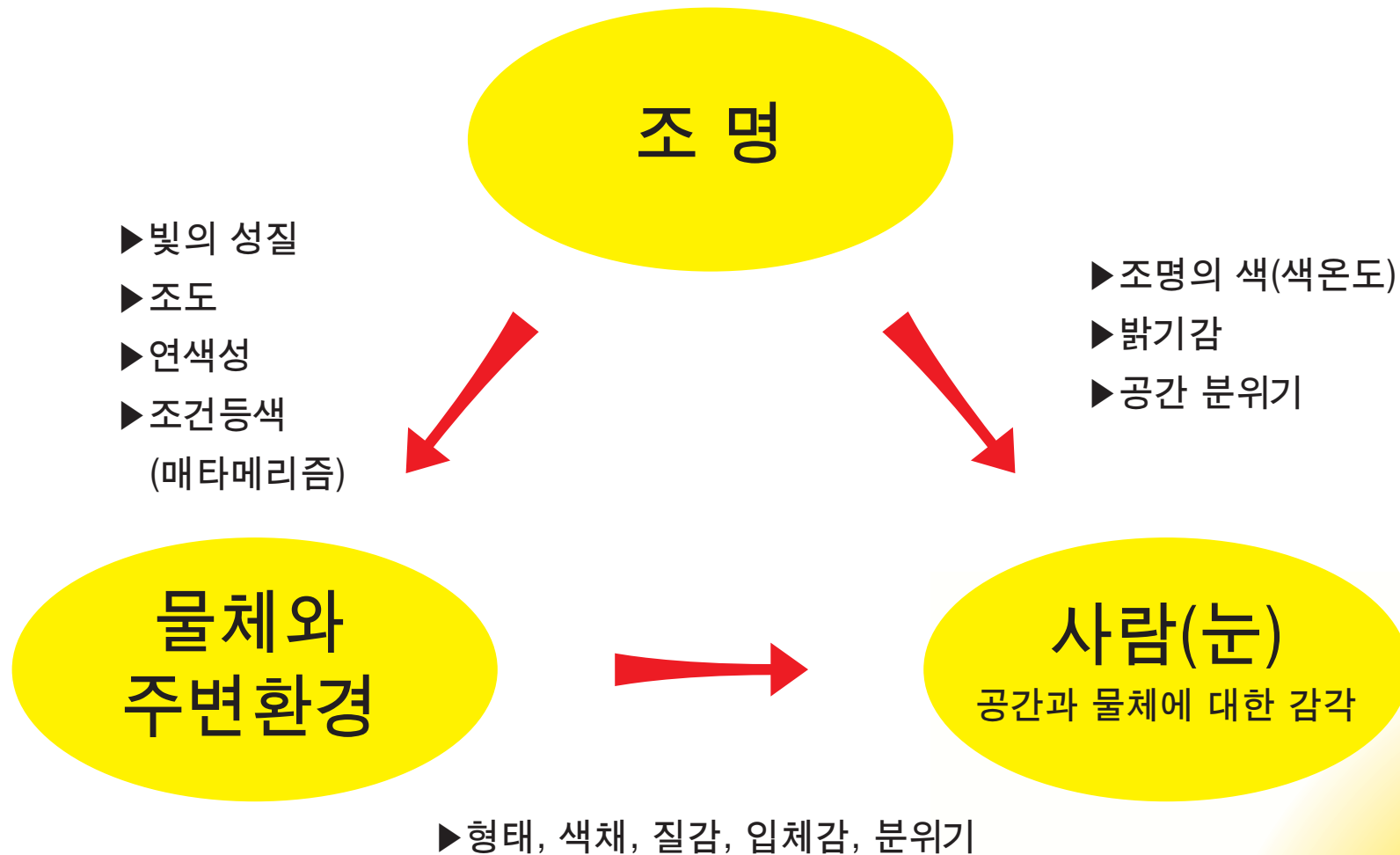
표준광원의 이해와 광원의 특성, 측색시 조명환경



목 차

1. 색채와 조명의 관계
2. 광원의 이해
3. 광원에 의한 색의 효과 - 색의 불변성
4. 광원에 의한 색의 효과 - 프루키네현상
5. 표준광원의 정의
6. 표준광원 램프의 종류와 기본 장착 램프
7. 색온도
8. 연색성
9. 조건등색
10. 분광분포
11. 모니터와 프린트물의 차이
12. 측색장비(분광계 측정 장비, Color Viewing Light, 현광등과 LED조명)
13. 작업장 환경

색채와 조명의 관계



광원의 이해

광원(光源)이란 ? - 빛이 나오는 물체 혹은 곳을 나타낸다.

광원에는 여러가지 종류가 있으며 대표적인 것은 온도에 의한 빛의 방출이다.

1) 자연광 : 대기를 통과하여 지구에 도달하는 자연 일광으로 측정 위도, 계절, 그 당시의 기상 상태, 시각에 따라 에너지 분포(spectral energy distribution)곡선, 즉 각 파장에서 방사되는 총 에너지의 비율이 달라진다.
- 자연 일광의 에너지 분포 곡선은 6565K에서의 흑체와 유사하다.

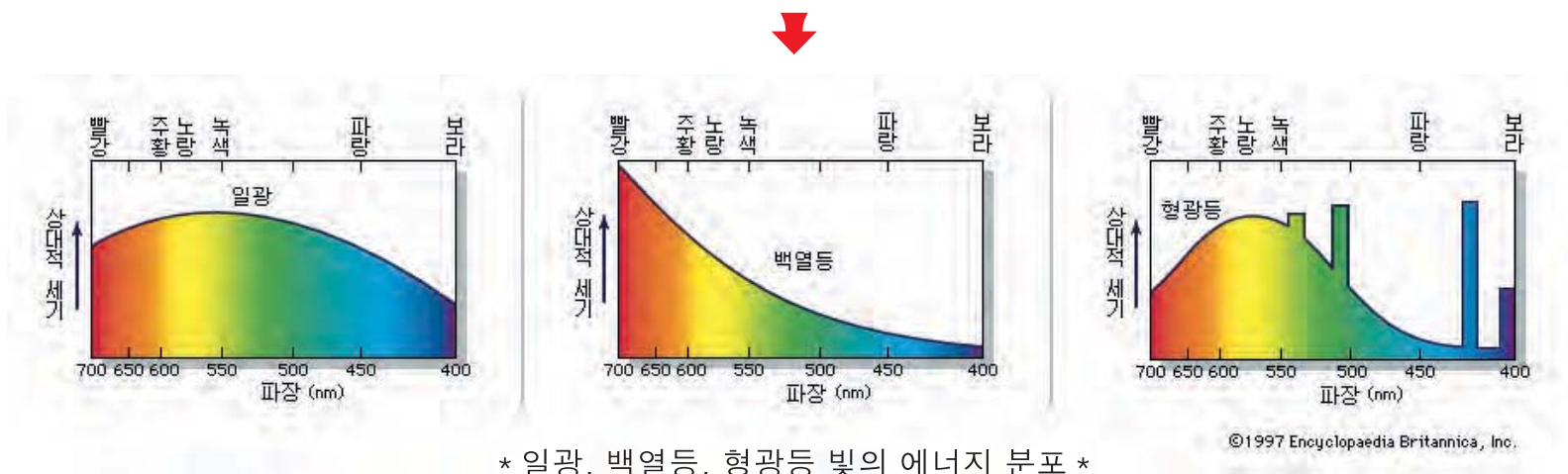
2) 인공광 : 인공적으로 빛을 발생시키는 광원으로

생성 방법에 따라 **백열 (incandescence: 열에 의한 빛, 연속 스펙트럼을 생성)**과 **전자 방출 (electrical discharge: 선 스펙트럼 생성)**에 의한 광으로 나눌 수 있고, 광원의 색은 완전 흑체 (black-body radiator)를 가열하였을 때 반사되는 광의 색에 대응하는 온도인 색온도 (color temperature)로서 표현할 수 있다.

종류 : 텅스텐 필라멘트 램프 (2800~3400K), 텅스텐 할로겐 램프, 가스 방출 튜브 (선 스펙트럼), 제논 아크 램프 (일광과 매우 유사), 형광 (자외선을 흡수하여 가시 영역대로 방사) 등이 있다.

광원에 의한 색의 효과 - 색의 불변성

우리는 색을 지닌 물체를 볼 때
단지 **물체에서 반사된 빛에 대하여 눈과 뇌의 시각 과정이 동작**할 뿐이다.

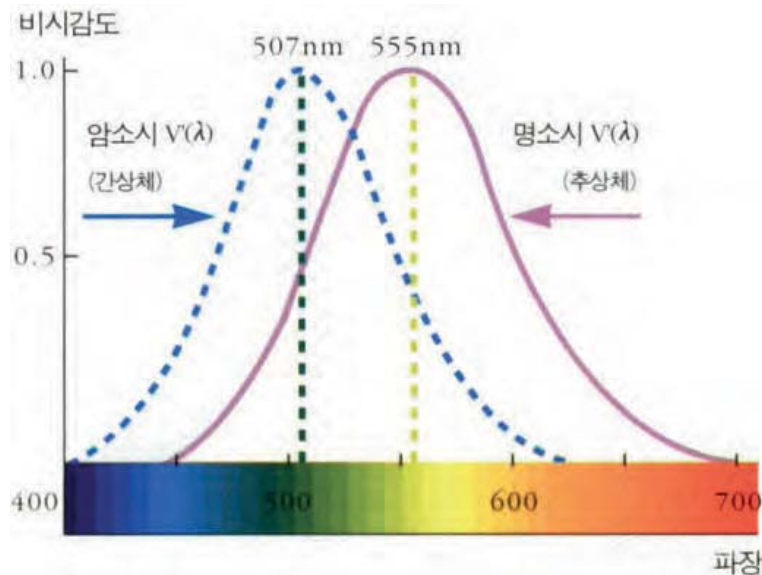


서로 다른 발광체는 각기 다른 에너지 스펙트럼 분포를 가지고 있기 때문에
물체는 이러한 조명에 따라 각각 **다른 분포의 에너지 스펙트럼을 반사**한다.

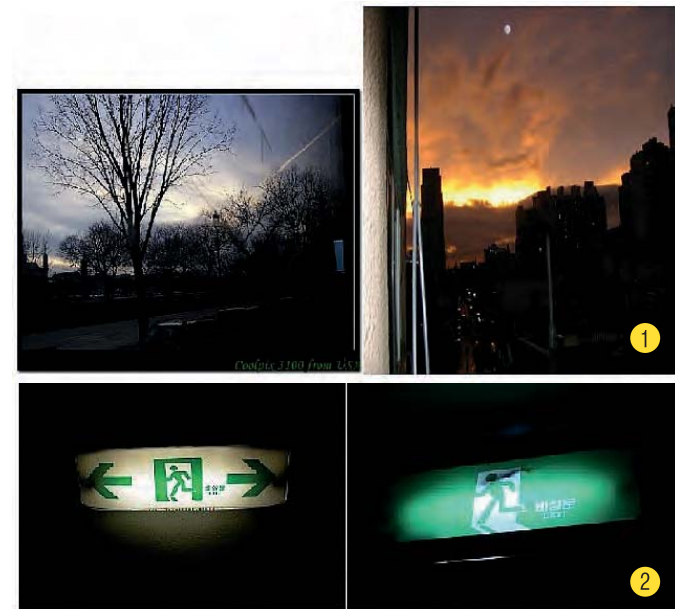
사람의 눈과 뇌는 그러한 차이를 보상할 수 있는 뛰어난 체계이므로 보통 나타나는 색으로 인식한다.
이러한 현상을 **색의 불변성**이라 한다.

광원에 의한 색의 효과 - 프루키네 현상

프루키네 현상이란 명소시에서 암소시 상태로 옮겨질 때 물체가 가진 색의 밝기가 변화되어 보이는데 이것은 인간의 시각도(視覺度)가 조도(照度)에 따라서 변화하는 현상을 말한다.



→ 명소시는 555nm 단색광에 대해 최대 효율을 나타내고
암소시는 507nm 단색광에 대해 최대 효율을 나타낸다.
이러한 차이로 시각이 명소시에서 암소시로 바뀌게 되면
장파장에 대한 빛에 대한 효율은 떨어지고
단파장 빛에 대한 효율은 올라간다.

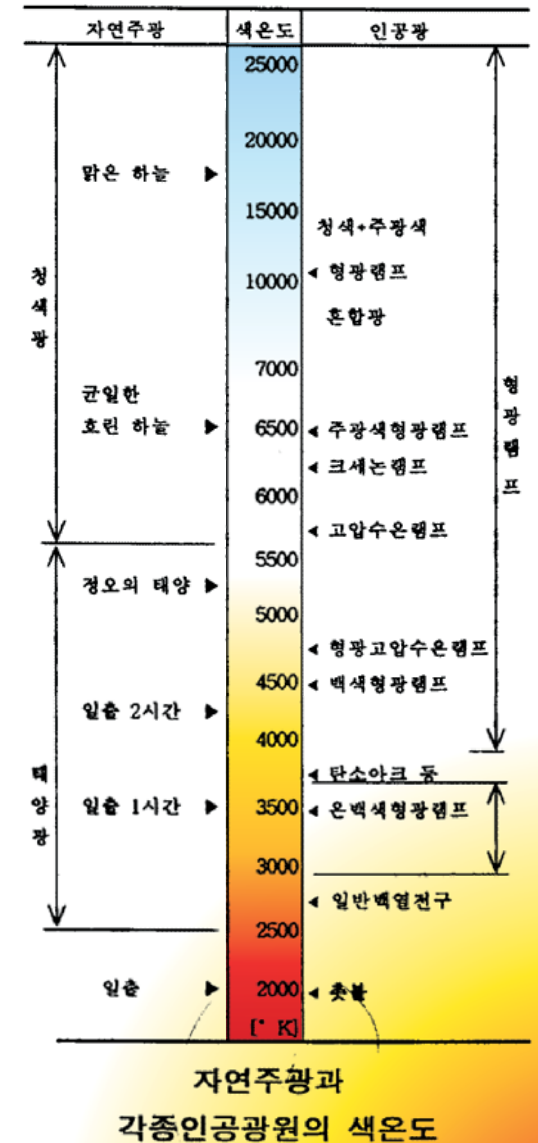


1. 날이 어두워지기 시작할 때, 즉 땅거미가 질 때
야외에서 주변을 보면 상이 흐릿하게 보이는 것
→ 물체색의 밝기가 빨간계통은 실제보다 어둡게 보이고,
파란계통은 밝게 보인다는 것
2. 비상구의 표시를 눈에 잘 띄는 붉은계열색으로 하지 않고
어두운 곳에서도 쉽게 식별할 수 있도록 밝은 녹색계열로 표시

표준광원의 정의

- 빛 · 복사 · 색 측정에서 어떤 양의 일정값을 유지하여 측정기준으로 사용되는 광원.
- 일반적으로 그 색온도값도 주어져 있어 색온도 표준으로도 사용된다.
- 측색(測色)에는 무형인 채로 무방하지만 물체의 색을 관찰하는 경우 구체적인 광원이 필요하므로 국제조명위원회(CIE)가 규정한 표준광원을 이용한다.

- ① 표준광 A - 1968년 국제 온도 눈금에 의한 온도로, 약 2856[K]($\approx 2848K \times 1.4388/1.4350$)의 완전복사체가 발산하는 빛으로, 대표적인 백열전구로 조명된 물체색을 표시하는 경우에 이용한다. 분포온도 약 2856[K]에서 점등한 가스봉입 텅스텐코일 백열전구를 표준광원 A라고 한다.
- ② 표준광 B - 표준광 A에 B종의 데이비스-킵스필터를 첨부하여 만든 것으로 태양의 평균 직사광을 대표하는 것으로서 색온도는 4870[K]이다.
- ③ 표준광 C - 표준광 A에 화학적 조성으로 규정된 용액필터(데이비스-킵스필터)를 첨부하여 만든 것으로 그 상대분광분포의 대표치를 표준광원 C라고 정의하며, 맑은 하늘의 평균 낮광선, 즉 가시파장역의 평균적인 주광을 대표하는 것이다.
 - 상관색온도가 약 6744[K]에 근사하는 주광으로 조명된 물체색을 표시 할 경우에 이용한다.
 - 자연의 주광과 비교하여 형광재료의 측색에 중요한 역할을 하는 보라색 바깥부분에서의 상대분광분포 값이 작기 때문에 표준광 D65로 바꾸는 방향에 있다.
- ④ 표준광 D65 - 보라색 바깥쪽 영역을 포함하는 평균적인 주광을 대표한다.
 - 상관색온도가 약 6504[K]($\approx 6500[K] \times 1.4388/1.4380$)의 CIE주광이고, 평균적인 주광으로 조명된 물체색을 표시할 경우에 이용한다.



표준광원 램프의 종류와 기본 장착 램프

◆ 램프의 종류 ◆

1. Daylight : D65[6500K] - 북쪽하늘의 평균 태양광선을 대표하는 국제 표준광원
D75[7500K] - 북쪽하늘의 태양광선을 대표하는 국제 표준광원[옵션선택]
D50[5000K] - 정오의 태양광선을 대표하는 국제 표준광원[옵션선택]
2. Cool White Fluorescent : 색온도는 4150K이며 형광광원을 대표하는 국제표준광원
3. Incandescent "A" : 색온도는 2856K이며 백열광원을 대표하는 국제표준광원
4. TL84 : 색온도가 4100K이며 유럽지역의 백화점등에서 사용함
5. U30 : 색온도가 3000K로서 미주지역의 백화점등에서 사용함
6. UV[BLB] : 형광물질이나 자외선 영역을 볼 수 있는 표준광원

◆ 기본 장착 램프 ◆

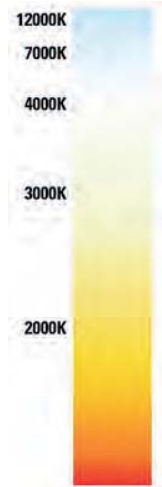
1. Daylight[6500K] / D65
2. Cool White Fluorescent[4150K] / CWF
3. Incandescent "A" [2856K] / Home Lighting
4. TL84[4100k] / Store Lighting
5. U30[3000K] / Ultralume 3000
6. UV[BLB] / Ultraviolet

색온도

켈빈(k) 단위로 측정되는 색온도(CCT)

색온도(측정단위 켈빈)는 광원의 '따스함' 또는 '시원함'의 정도를 나타내는 과학적 측정단위로써, 백열램프의 색을 기준으로 합니다. 강철 조각은 가열되면서 그 색이 빨간색에서 오렌지색, 노란색, 하얀색, 그리고 마지막에는 파란 계통의 하얀색으로 변하게 됩니다. 백열램프의 색은 온도에 좌우됩니다. 우리는 이 측정단위를 사용하여 광원의 색상을 '색온도'로 설명할 수 있습니다.

램프의 색온도가 3000 켈빈(k)은 3000 켈빈(k)까지 가열된 강철에서 발하는 빛을 의미합니다. 만일 강철이 4100 켈빈(k)으로 가열되었을 경우에는 보다 하얀 빛을 방출할 것입니다. 태양의 직사광선은 약 5300 켈빈(k)이며, 하늘의 파란색이 섞인 일광은 보통 6000 켈빈(k) 또는 그 이상입니다. 일반 백열램프의 필라멘트는 약 2700 켈빈(k)이기 때문에 색온도 정의에 의하여 2700 켈빈(k)의 색온도를 가졌다고 말할 수 있습니다.



▶ Canon EOS 5D + EF70-200mm f/2.8L IS USM

매뉴얼 모드 / 셔터속도 : 1/15 sec

조리개값 : f 2.8 / ISO : 320 / 지속광 : 형광등(무보정)

WB:백열등(3200K)



WB:백색형광등(4000K)



WB:3000K



WB:4000K



WB:5000K



WB:6000K



WB:7000K



연색성

어떤 광원으로 물체색을 조명했을 때 어떤 색으로 보일 것인가 하는 것은 광원에 따라서 달라집니다.

이와 같이 **물체색의 보이는 방법을 결정하는 광원의 성질을 연색성**(color rendering properties)이라고 하며, 조명에 의한 물체색의 보이는 법을 연색(color rendering)이라고 합니다.

- 연색성은 광원의 중요한 성질의 하나로서 그 광원의 분광분포에 따라서 결정됩니다.
- 국제조명위원회(CIE)에서는 1965년에 연색성을 수치로 표현하는 연색 평가방법을 정했으며, 국내에서도 이를 KS에서 규정하고 있습니다.

연색의 변화

물체색의 변화로서 광원의 분광분포가 변하면 그 광원으로 조명된 물체에서 반사 또는 투과된 빛의 보임이 달라진다.

순응후의 변화로서 조명광원자체의 색도, 또는 이것으로 조명된 전체 시야내의 물체들의 평균색도에 눈이 익숙하여져서 눈의 감도가 변하는 것

조건등색-1

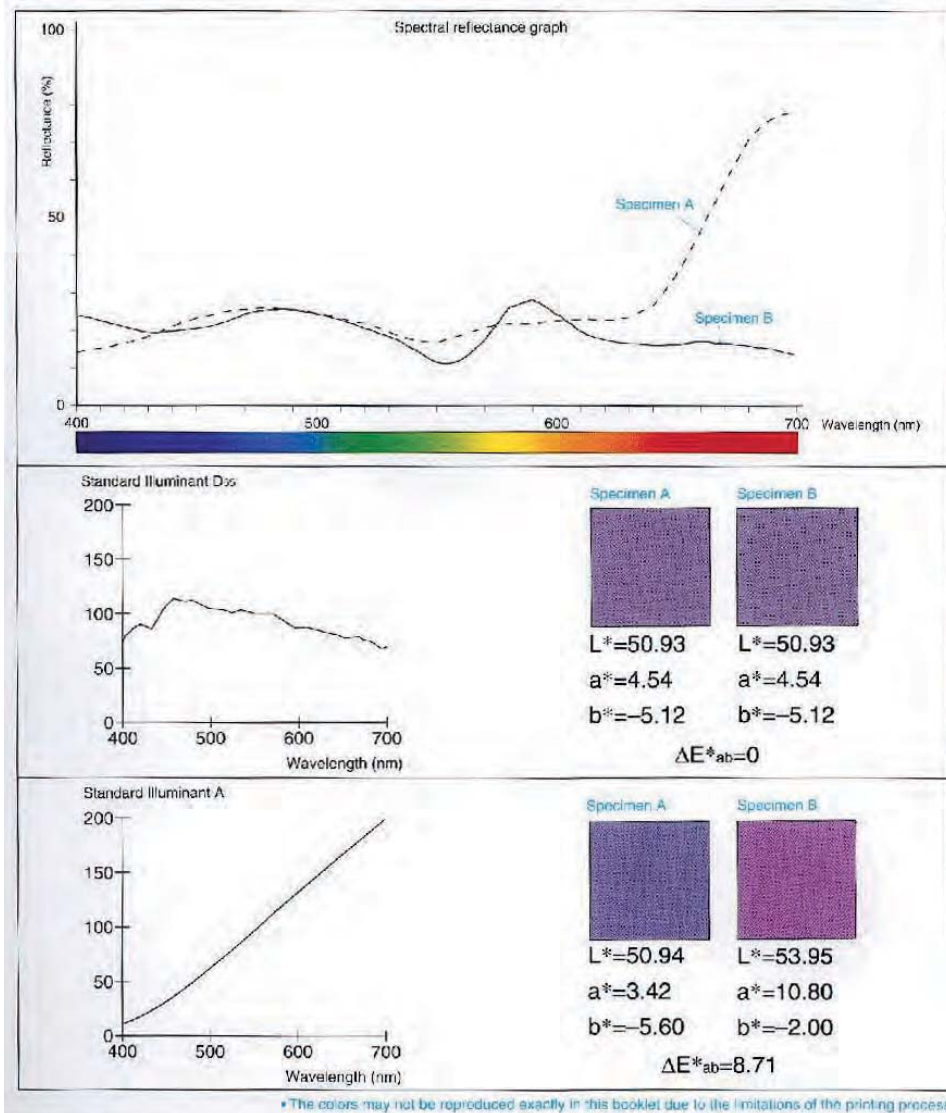
조건등색이란 특정 광원하에서는 두 색이 같아 지나 광원이 바뀌면 두 색이 달라진다.



상당히 복잡한 『조건등색』 (Metamerism)의 문제도 분광측색계로 해결할 수 있습니다.

물체의 색은 조명 광원의 차이에 의해서 여러 가지로 변화해서 보입니다.
예를 들면 『태양 아래에서 같은 색으로 보이고 있던 두개의 시료가 실내에 들어와서 보면 다른 색으로 보인다.』 라는 경우가 있습니다.

조건등색-2



1. 시료A와 시료B를 분광측색계로 측정하면
분광 반사율 그래프에서 알 수 있듯이 분광 반사율이 각각 다르다.
2. 또한 표준 광 D65로 측정한 값(L^* , a^* , b^*)은 같지만
표준 광A로 측정한 값(L^* , a^* , b^*)은 다르다.

이처럼 **분광반사율이 다른 두개의 색이 특정 광원하에서 같은 색으로 보이는 것을 조건등색(메타메리즘, Metamerism)**이라 한다. 조건등색은 착색재(안료, 염료)종류가 다르면 쉽게 일어나게 됩니다.

그럼 이 『조건등색』의 문제를 해결하기 위해서는 어떻게 하면 좋을까?
조건등색의 평가는 표준광 D65와 표준광 A처럼 발광 특성이 크게 다른 두 종류 이상의 광원으로 측정할 필요가 있습니다.

X. 자극치직독 방식의 색채계에는 한 종류 광원 밖에 내장되어 있지 않습니다.
따라서 조건등색을 측정할 수 없습니다.

O. 분광측색계에서는 많은 조건 광원의 데이터가 내장되어 있기 때문에 조건등색을 측정할 수 있습니다. 분광측색계의 큰 특징이기도 한 분광그래프 표시 기능에 의해서 두가지 색의 차이(파장의 차이)를 그래프에 의해서 확실하게 나타내 준 것입니다.

* 이 지면에서는 인쇄처리에 의한 차이를 이미지로서 설명하고 있기 때문에 실제 조건등색의 보이는 방법과는 다르므로 양지해 주십시오.

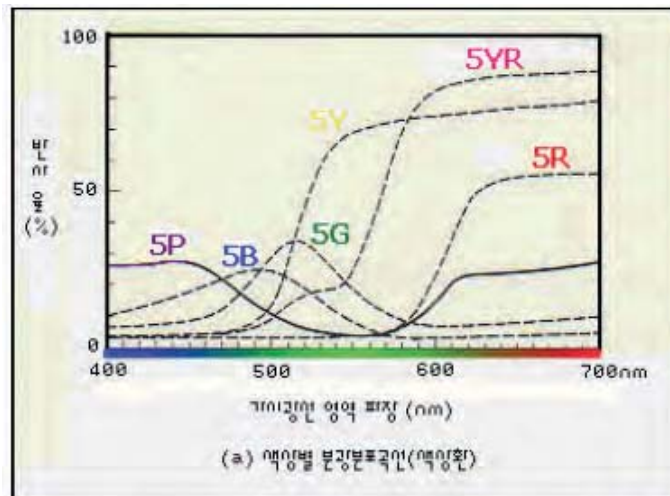
분광분포 -1

분광분포란 빛이 프리즘을 통과하며 파장별로 분리된 색의 양을 그래프로 표시한 것을 말하며 파장이 길어짐에 따라 남색 > 파랑 > 초록 > 노랑 > 주황 > 빨강으로 색상이 변하여, 파장에 따라 다른 분광 분포를 형성한다.

1. 백열램프와 자연광은 부드러운 연속 스펙트럼을 생성합니다.
2. 고압방전램프(HID)는 빛을 불연속적인 선 또는 줄 형태로 발산합니다.
(스펙트럼 분석에서 빛을 발산하는 재료를 찾아내거나 추적하는데 사용됩니다.)
3. 형광램프는 통합된 스펙트럼을 발산합니다.-형광체로부터의 연속 스펙트럼 또는 광역 스펙트럼, 그리고 수은으로부터의 라인 스펙트럼 일반적으로 연속 스펙트럼 혹은 풀라인 스펙트럼은 몇몇 불연속 라인에 비해 색상 왜곡 수치가 낮습니다.

분광분포곡선의_평가방법

일반적으로, 분광식 측색측정기기로 임의의 측정 Sample을 측정하게 되면, 그에 대한 분광분포도가 나타나게 됩니다.
모든 분광식색차계는 이러한 분광반사율(%)을 기본으로 하여 측정 Data를 Display에 표시하게 되는 구조로 되어있습니다.
(단, 3지극치 측색기기의 경우는 제외)



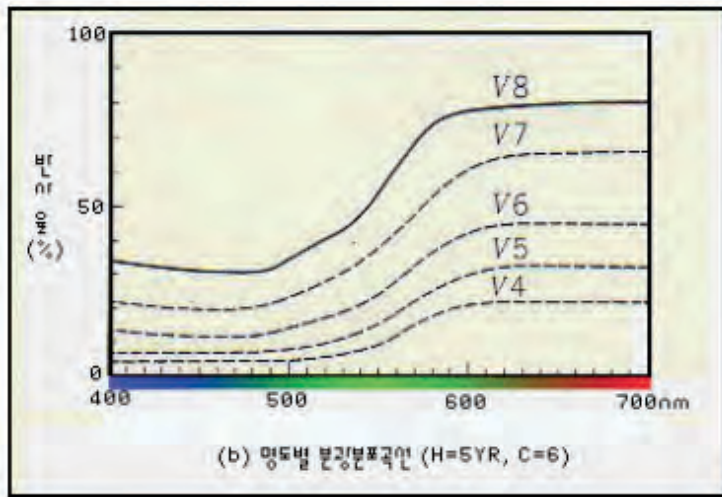
* 임의의 측정 Sample(5P, 5B, 5G, 5Y, 5YR, 5R),
즉, 색상이 다른 Sample 을 측정한 결과가 그림(a)입니다.

여기서 5P: 보라색, 5B:파랑색, 5G:녹색, 5Y:노랑색, 5YR:주황색, 5R:빨강색을 표시합니다.
그림(a)에서는 색상에 따라 분광반사율의 형태는 모두 다르게 나타나고 있습니다.

구분한다면, 5P, 5B, 5G의 Sample의 경우는 단파장에서의 분포도를 나타내고 있으며,
5Y, 5YR, 5R등의 Sample의 경우는 장파장에서 분포도를 나타내고 있습니다.

즉, 색상에 따른 반사율분포도는 그 형태가 전혀 다르다는 것을 알 수 있습니다.

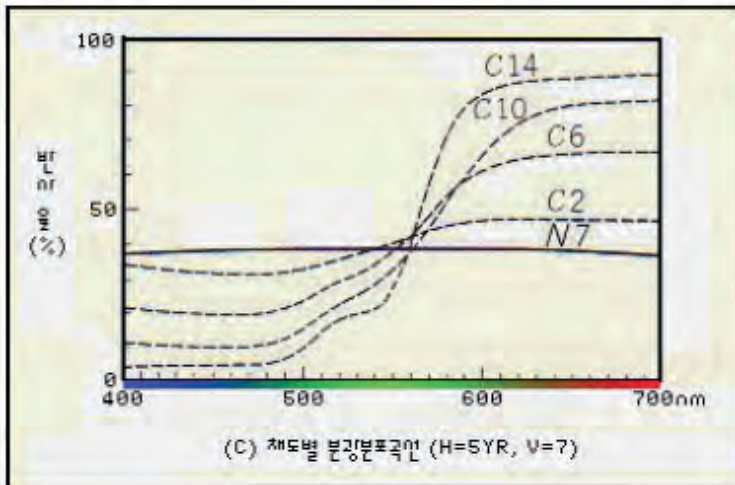
분광분포 -2



명도(V)의 경우는 그림(b)와 같은 형태를 나타내고 있습니다.

단, 그림(b)의 경우는 색상(H=5YR과 채도(C=6)를 동일한 조건의 Sample의 경우를 나타내고 있습니다.

그림(b)를 보면, 그 형태는 같은 조건에서 측정한 Sample 중 명도값이 가장 낮은 것은 V4곡선입니다. 반대로, 명도가 가장 높은 것은 V8입니다. 한눈에도 나타나듯이 명도가 높은 Sample일수록 분광반사율 값은 전체적으로 높은 값을 나타냅니다.



분광반사율곡선 상에서 가장 해석하기가 어려운 부분이 채도입니다.

그림(c)의 경우의 측정조건은 색상(H=5YR), 명도(V=7)입니다. 색상과 명도가 동일하고 **채도만 다른 경우의 Sample을 측정한 경우**입니다.

언뜻 보기에는 형태로만으로는 채도의 구분이 어렵습니다. 따라서, 해석할 경우는 색상과 명도의 차이점을 검토한 후 제일 나중에 색상과 명도가 거의 비슷할 경우, 최종적으로 채도의 차이로 평가하는 방법도 있습니다. 여기서 N7의 곡선은 무채색을 의미합니다.

*상기의 평가방법에 대한 보다 자세한 사항은 측정Data의 분광반사율 Data에서 보다 자세한 사항을 분석/해석할 수 있습니다. (분광반사율측정Data 곡선을 보고 간단히 해석하는 방법에 대한 설명)

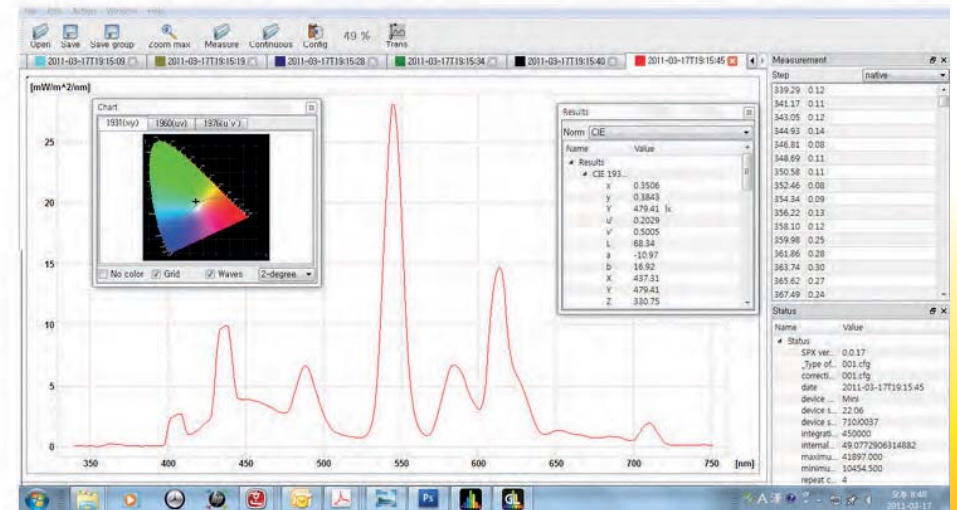
측색장비-1

Mini-spectrometer(미니 스펙트로미터) - 독일 GL Optic

- LED, 형광등, LCD 디스플레이와 같이 다양한 광원에 따라 각기 다른 광학 탐색침(optical probe)을 옵션으로 연결하여 측정 가능한 분광계 측정 장비입니다.



- 스펙트럼 범위 : 340-750nm
- 탐지기 : CMOS 이미지 센서
- 화소수 : 256픽셀
- 물리적 해상도 : ~1.7nm
- 파장 재연 : $\pm 0.5\text{nm}$
- 통합시간 : 5ms~100s
- A/D 변환 : 16 bits
- 신호의 노이즈율 : 1000:1
- 유광 : 2×10^{-3}
- 광학 FWHM : 12nm
- 스펙트럼 방사측정 정확도 : $\pm 4\%$
- 색상좌표오차(x,y) : ± 0.0015
- 광섬유 커넥터 : SMA905D
- PC 인터페이스 : USB2.0 표준
- 전력소비 : USB 현재 소비량 < 100mA
- 주변온도 : 5-35 $^{\circ}\text{C}$
- 크기 : 62x115x19/30mm
- 무게 : 90g



측색장비-2

ColorMaster는 포토그래퍼, 광고 대행사, 프리프레스 회사에 이상적인 제품으로 크기에 따라 3가지 제품이 있습니다. 각각 A3, 타블로이드, 62x64 크기의 사진 또는 인쇄물과 교정용으로 이상적입니다. 옵션으로 양쪽 벽면과 Dimmer(밝기조절장치)가 있습니다. colorMaster는 설치하기 쉽고 접을 수 있어 출장용으로도 적합합니다.

* ColorMaster 2와 ColorMaster 3은 색온도 5000켈빈과 6500켈빈 표준 형광등을 사용할 수 있으며, ColorMaster 1은 5000켈빈 표준형광등만 사용할 수 있습니다.

그 외 유사제품

5가지 광원을 갖춰 컬러결정에 이상적인 조건을 제공한다.
표준광원하에서만 제시한 조건등색의 효과를 인식할 수 있다.



Color Viewing Light

제품명	워크 서페이스	외관 크기	램프밝기(W)	램프갯수
colorMaster 1(A3 크기)	34 x 49	47 x 53	15	2
colorMaster 1 Dimmer	34 x 49	47 x 53	15	2
Side wall(한 쪽)				
colorMaster 2(타블로이드 크기)	43 x 64	56 x 69	18	2
colorMaster 2 Dimmer	43 x 64	56 x 69	18	2
Side wall(한 쪽)				
colorMaster 3	62 x 64	75 x 69	18	3
colorMaster 3 Dimmer	62 x 64	75 x 69	18	3
Side wall(한 쪽)				



측색장비-3

Color Control proGraphic 표준형광등

Daylight 5000/6500 proGraphic 표준형광등은 최신 4밴드 기술을 이용하여 독일 JUST사가 독점 설계한 제품으로, ISO 3664:2000 표준 규격에 완벽히 부합하는 현존하는 유일의 광원입니다.

램프 길이	전력	색온도(켈빈)
438mm	15W	5000K
590mm	18W	5000K/6500K
1200mm	36W	5000K/6500K
1500mm	58W	5000K/6500K

▶ 형광등의 밝기(와트)에 따른 램프길이는 우측 표를 참고



ModuLight

ISO 3664:2000 규격에 맞는 조명 / 채도 오차 허용치 0.005의 조도 품질
 색온도 5000 켈빈 / 색 표현값(CRI)>90. CRI=약97
 조명 표면의 조도 2000Lux(+/-250Lux)
 광택과 음영없는 조명 환경에서 빛을 분배

- 천정 높이에 따라 강철 케이블로 높이조절이 가능하다.
- LED 조명으로 구성된 TLSI 신호 기술로,
2500시간이 지나면 램프를 교체하도록 자동 경고음이 울린다.



모니터와 프린트물의 차이

프린트물은 Discounting the illuminant를 통한 Color constancy에 문제가 발생할 수 있으나, 모니터의 이미지는 이미지 자체가 광원이므로 Color constancy 문제가 없습니다. 따라서 동일한 색온도(예:5000K)로 모니터와 프린트물을 배치할 경우 색상 불일치를 느끼게 되는 것은 종이에 반사된 빛을 보는 것과 빛자체를 보는 것에 대한 차이입니다. 일반적으로 모니터에서 5000K보다 6500K를 권장하는 것은 6500K가 모니터의 Native whitepoint에 더 가깝기 때문입니다.



- 색온도보다 밝기를 맞추는데 신경써야하며
- 모니터와 뷰잉박스를 같은 곳에 놓고 보지 말아야하며. 가급적 뷰잉박스는 모니터 오른쪽에 위치시키는 것이 색상 인지능력에 가장 정확한 foveal vision을 사용 할 수 있고, 서로 다른 Whitepoint에 적응하기 쉽다는 연구 결과가 있습니다.

옵셋교정지와 완제품 인쇄물의 차이



위 5가지의 과정은 최소한으로 줄인 **그라비아 인쇄물의 측색이 가능한 과정**입니다.
(디자인작업과 분판작업은 모니터 화면에서 작업하는 것이므로 제외)

모든 인쇄 과정은 아니지만 5가지 공정만으로도 여러 요인에 의해 측색값이 변할 수 있습니다.
변화의 요인으로서는 1. 인쇄 원단의 변화, 2. 잉크의 종류와 별색 유·무의 차이, 3. 온도와 습도, 4. 조명 등으로 인하여 인쇄물의 측색값은 변화한다.

작업장 환경(Viewing Condition)

▶ 작업장을 위한 기본 관찰 조건과 평가조건의 국제 표준 규격

- 프린트 평가용으로 사용하는 조명(광원)의 색온도 : D50
- CRI (연색성) : CIR 90 ~ (이상)
- 작업장 주변을 비추는 조명 (광원)의 색온도 : D50
- 작업장 주변을 비추는 조명 (광원)의 밝기 : 32lux ~ 64lux
(U자형 2등 형광등을 천정에 사용하는 5평형 공간의 경우
형광등과 모니터의 직선 거리 2m 이내에서는 230lux 이상의 밝기를 보인다.)
- 프린팅 된 결과물들 끼리 비교할때의 조명 (광원)의 밝기 : 1500lux ~ 2500lux
- 모니터와 프린팅 결과물을 비교할때 조명 (광원)의 밝기 : 500lux
- 모니터의 색온도 : D65 (6500K)
- 모니터의 밝기 : 75cd/m² ~ 100cd/m²