측 색 법
(Colorimetrics)

安 玉 姬
(영남대학교 가정관리학과)

1. 머리말

색의 측정방법에는 크게 두가지가 있다. 하나는 육안비색법으로 사람의 눈을 측정도구로 사용하는 방법이고 또 하나는 기계를 사용하는 방법이다.

육안비색법은 표본시료없이 측정자의 색지각에 의하여 빨강색이다, 혹은 노랑색이다라고 판단하는 경우이거나 비교하고자 하는 색시료를 가지고 직접 표준 색표본과 비교 판단하는 경우로 나눌 수 있다.

전자의 경우는 특별한 장비없이 가능하며 누구라도 측정, 판단할 수 있는 간단한 방법이지만 측정자의 조건에 따라 그 판단기준이 달라질 가능성이 크므로 엄밀한 의미에서 색측정법이라고 보기에는 어렵다. 그러나 우리의 실생활에서는 가장 널리 사용하고 있는 방법이다. 그러므로 일반인이나 색채와 관련이 많은 상품을 다루는 종사인을 대상으로 객관적인 색판단을 할 수 있는 훈련을 시킬 필요성이 있다. 또한 후자의 경우는 간단한 색표만으로 어느 정도까지는 객관성을 지닌 측색을 할 수 있는 방법이다. 특히 최근 우리나라에서도 보급용 색표집이 발간됨으로써 저렴한 가격의 색표집을 구입할 수 있게 되었다. 이를 이용하면 공학적 혹은 학술적 측면에서의 측색이 아니라면 충분히 객관성 있는 측색결과를 얻을 수 있으므로 간단한 측색요령만을 익히면 유용하게 이용할 수 있다.

그러나 육안비색법은 엄밀한 의미로는 측색법이라 할 수 없으며 색채비교법에 지나지 않으므로 어디까지나 숙련된 측정자에 의한 간이 측정법으로 이용하거나 기계측정의 부수적인 방법으로 채택하는 것이 바람직하다.

기계로 색을 측정하는 방법도 일반적으로 두가지 종류가 있다. 하나는 분광측색방법이며 또 하나는 자극치 직독방법이다. 기계에 의한 측색의 경우에는 측정하고자 하는 색채의 특성에 따라 여러 종류의 측색기기를 사용하여야 하는데 요즘에는 광학기기나 전자기기 등의 발달에 의해 고성능이며 간단한 조작으로 측색가능한 장치가 시판되고 있다.

색지각은 지각하는 사람의 상태(생리, 심리측면)나 지각하는 곳의 환경(특히 빛환경) 등에 따라 상당히 달라진다. 그러므로 정확한 색지각을 하기 위해서는 색채의 성질을 측정한 자료가 있으면 도움이 된다. 이에 본고에서는 색채측정법으로 가장 많이 이용되는 육안비색법(표준색표를 이용하는 경우)과 분광측색법, 자극치 직독법에 대하여 간단히 살펴보기로 하자.

2. 시료와 표준색표를 비교하는 육안비색법

시료의 색을 육안으로 표준색과 비교하여 측정하는 경우 KS A0065(표준색의 비교방법)에 규정된 방법을 따르면 된다(그림 1).

먼저 시료면과 표준면은 가능한 한 서로 인접시켜 배치하고 마스크를 그 위에 놓고 관찰한다. 시료면과 표준면의 경계는 세로 방향이 되도록 좌우로 나열하고 그 경계선의 폭은 시각으로 1분 이하로 되게 하는 것이 좋다. 시료에 가까이 접근할 수 없을 경우에는 가능한 이간거리를 적게 하여 행한다. 시료와 표준색표의 위치는 좌우로 바꿔 놓음에 의해 색이 다소 다르게 보이는 경우가 있으므로 적어도 한번은 좌우로 바꿔 놓고 비교해 보아야 하며 이것을 수회 반복하는 것이 바람직하다.

동일 명도의 무채색의 마스크를 시료 및 표준색의 위에 놓고 주변에 다른 요소들이 없도록 정리함으로써 색의 비교가 용이하고 정확해 진다. 마스크의 명도는 시료면의 명도와 비슷하되 시료면보다 낮은 명도의 것을 사용하는 것이 좋다. 마스크는 표면의 광택이 적은 것을 사용하고 2개의 마스크를 사용할 경우에는 명도 및 구멍의 크기가 같은 것을 사용하여야 한다. 색이 인접하여 배치되었을 경우에는 마스크의 구멍으로 2개의 색이 동시에 보이도록 한다.

표준색표를 보기 위한 광원은 KS A 0065에 규정되어 있는 표준광원 C(가스 봉입 텅스텐 전구에 여러 용액 필터-데비스 깁슨 필터-를 부착하여 색온도를 약 6,774K로 한 표준광이다. 최근 표준광원 C는 자연주광에 비해 형광재료의 색평가에 중요한 역할을 하는 자외부의 상대분광분포치가 작기 때문에 표준광 D_{65}로 바뀌어야 한다는 의견이 대두되고 있다)를 사용하는 것이 원칙이나 표준광원이 없을 경우에는 실용적으로 백열전구와 색온도 변환필터와의 조합 등에 의해 얻어지는 표준광 C에 가까운 광원 또는 일출 3시간 이후부터 일몰 3시간 이전까지의 직사광선을 피한 자연광을 사용할 수 있다. 광원의 조도는 비교하는 면의 조도 얼룩이 없이 균일한 조명이 필요한데 이때 최저 500[lx]~1,000[lx]이상이 필요하다. 관찰조건은 시료면과 표준면을 45도방향에서 조명하되 수직방향에서 관찰하거나 또는 수직방향에서 조명하여 45도 방향에서 관찰한다.

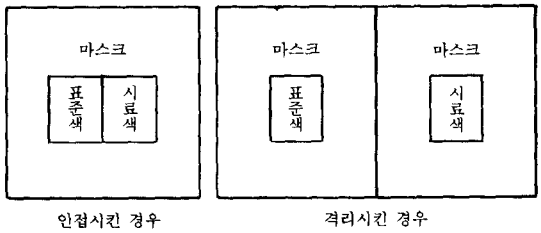


그림 1. 비교색 배열과 마스크 사용법

3. 먼셀 기호값을 구하기 위한 육안비색법

색채의 물리적인 값을 나타내기 위해서는 3자극치 X, Y, Z값을 표시하는 것이 가장 정확한 방법이나 일반인이나 디자인 계열에 종사하는 사람들은 먼셀기호값으로 많이 나타내며 먼셀기호값으로 나타내면 쉽게 그 색채를 떠올릴 수 있다. 따라서 표준색표를 이용하여 시료색의 먼셀기호값을 구하는 방법을 살펴보자.

이 방법은 표준색표를 사용하는 방법으로 시료의 명도에 가까운 두개의 색표를 골라 시료의 명도와 두개의 색표의 명도를 시감으로 비교하는 것이다. 예를 들어 시료의 명도와 N5와 N5.5의 사이에 있을 때 N5보다 밝다고 생각되는 차와 N5.5보다 어둡다고 생각되는 차의 비를 구한다. 만약 2 : 3이라면 이 시료의 명도는 5.2로 하고 시료가 무채색이면 N5.2로 정한다.

한국 색표집을 이용하여 먼셀값을 알아내는 방법은 다음과 같다.

시료색에 가장 가까운 색상의 챠트를 찾아내어 그 챠트의 색편들 중에 시료색과 가장 비슷한 색편의 먼셀기호를 그 시료의 HV/C, 즉 먼셀기호값으로 정한다. 각 챠트의 색상기호는 차트의 오른쪽 윗부분에 적혀 있고 명도는 종축에, 채도는 횡축에 있는 수치이다. 시료색이 두개이상의 색편의 중간에 위치하는 색의 경우는 다음 순서에 따라 육안으로 구분한다.

① 시료의 색상에 가장 가깝게 여겨지는 챠트 2장을 찾아낸다.(예 : 2.5R, 5R)

② 2장의 챠트중 보다 시료색에 가가운 챠트를 선택한다.(예 : 2.5R)

③ 선택한 챠트에서 시료색과 가장 가까운 색편을 찾는다.(예 : 5/6)

④ 찾는 색편의 아래 위에 수록된 색편과 시료

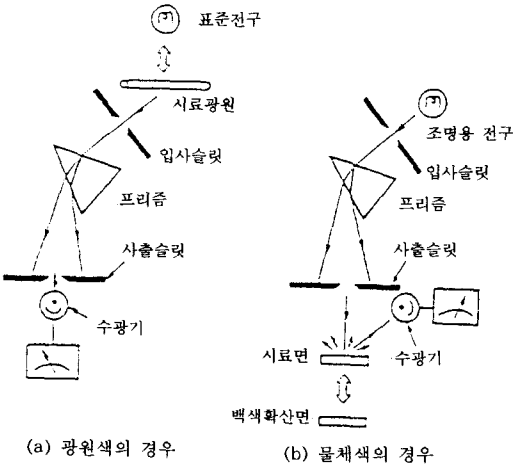
색의 명도를 고려하여 가까운 색편을 선택하여 명도차를 시감으로 구한다.(예 : 5/6와 6/6을 선택하여 시료색이 5/6보다 밝다고 생각되는 차와 6/6보다 어둡다고 생각되는 차의 비를 구한다. 가령 2 : 8이라면 이 시료의 명도는 5.2가 된다)

⑤ ③에서 찾는 색시편의 좌우색편과 시료색의 채도를 비교하여 가까운 색편을 선택하여 채도에 관한 차를 시감에 의해 구한다.(예 : 5/6와 5/8를 선택하여 시료색이 5/6보다 진하다고 느껴지는 차와 5/8보다 연하다고 느껴지는 차와의 비를 구한다. 가령 4 : 6이라면 이 시료의 채도는 6.8이 된다.)

⑥ ③에서 찾은 색편과 동일 기호값의 색을 ①에서 찾는 다른 한장의 챠트속에서 찾아내어 두가지 색편과 시료색과 색상에 관한 차를 시감에 의해 보간한다.(예 : 시료색이 2.5R의 색편보다 노랑색 기미가 더 있다고 느껴지는 차와 5R의 색편보다 보라색 기미가 더 있다고 느껴지는 차와의 비를 구한다. 가령 4 : 6이라면 이 시료의 색상은 3.5R이 된다)

⑦ 이상과 같이 하여 구한 색상, 명도 및 채도의 값으로 시료색의 HV/C를 정할 수 있다.(예 : 3.5R 5.2/6.8)

⑧ 더욱 정밀한 색좌표를 구할 경우는 부록에 수록되어 있는 표준색의 기준좌표를 참조하면 된다.



(a) 광원색의 경우 (b) 물체색의 경우

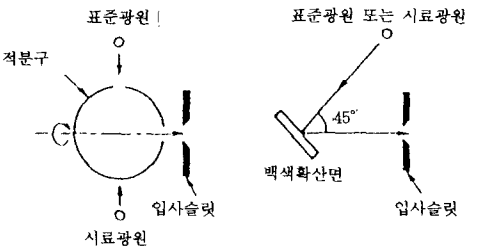
그림 2. 광원색과 물체색의 분광측색

4. 분광측색법

색을 측정할 때는 광원의 분광분포 또는 물체의 분광반사율(또는 분광투과율)을 알 필요가 있다. 이런 분광특성을 프리즘, 회절격자 등의 빛을 스펙트럼으로 분해한 소자(분산소자)를 가진 분광측광기를 사용하여 측정하면 계산식에 의해 3자극치 및 색도좌표를 계산할 수 있다. 이런 측색법을 분광측색법이라고 한다(그림 2).

광원의 분광분포는 시료광원(상대)과 분광분포의 값이 정해진 표준전구의 방사파워를 파장마다 비교하여 구한다(그림 2-a). 이때 사용하는 기계를 분광방사계라 한다. 또 물체의 분광반사율(또는 분광투과율)은 동일조건으로 조명한 때의 시료면과 완전 확산반사면(또는 완전 확산투과면)으로의 반사광(또는 투과광)의 파워를 파장마다 비교하여 구한다(그림 2-b). 이러한 기계를 분광광도계라 한다. 이와같이 분광측색은 측정하고자 하는 대상에 따라 크게 3가지로 구분된다. 즉, 광원색이냐, 물체색이냐, 형광성 물체이냐에 따라 구분된다.

광원색의 경우, 분광기의 입사슬릿에 빛을 넣을 때는 광학계를 이용하는 것이 좋다(그림 3.). 그 방법은 두가지가 있는데 광원으로부터의 빛을 적분구에 입사시켜 확산광을 분광기에 넣는 방식(그림 3-a)과 광원으로부터의 빛을 $BaSO_4$ 등의 확산반사면에 수직으로 쪼여 그 반사법선으로부터 45도방향의 확산반사광을 분광기에 넣는 방법(그림 3-b)이 있다. 광학계가 필요한 이유는 일반적으로 분광기가 강한 편광성을 가지고 있기 때문이다. 이 때문에 편광한 빛 예를 들어 액정



(a) (b)

그림 3. 입사 광학계의 예

을 투과한 빛이나 광택이 있는 물체로 반사한 빛 등을 측정할 때, 분광기의 입사슬릿에 대한 편광면의 기울기에 따라서 결과는 전혀 다르다. 그러나 광학계를 이용하면 입사광의 편광성을 없앨 수 있다. 또 전구와 같이 점에 가까운 광원이나 칼라 텔리비젼의 발광면과 같은 면광원과 같이 광원의 형상이 달라도 휘도가 일정한 확산광을 분광기에 넣을 수 있기 때문이다.

분광분포의 형상을 분석할 경우는 슬릿파장폭, 파장간격을 작게 할 필요가 있는데 색을 측정할 때는 측정파장 범위 380~780[nm], 슬릿 파장폭 5[nm], 파장간격 5[nm]로 실시하면 된다.

또 물체색의 분광측색에 있어서는 눈에 들어오는 반사광 자체의 분광분포를 측정하는 것이 아니고 분광반사율(분광방사휘도율, 분광입체각 반사율을 포함)만을 측정하여 임의의 조명광에 대한 반사광의 분광분포는 계산에 의해 구한다. 계산용의 조명광으로는 원칙적으로 표준광을 사용한다. 이와 같은 물체색의 측정중 실제로 측정을 하는 부분은 빛자체를 측정하는 분광방사측정의 일부분이 아니라 빛에 관한 물체의 분광적 특성을 측정한다고 하는 다른 영역에 속하는 것으로 반사한 빛의 평가는 계산상의 문제가 될 뿐이다.

물체표면의 반사특성의 측정은 주지하는 바와 같이 분광특성을 가진 표준반사면과의 비교에 의해 이루어진다. 예를 들면, 분광방사휘도에 대한 시료면의 휘도비로서 구한다. 실제로는 특정재질 및 제작조건을 기본으로 값이 정해진 $BaSO_4$ 압착면 등을 표준으로 하여 그 값을 안정된 반사면으로 바꾸어 상용표준으로 한다.

일반적으로 물체표면의 반사특성은 조명빛이 입사하는 방향 및 반사광을 관측하는 방향에 의해 달라지며 파장에 의해 그 경향이 또다시 달라진다. 물체색의 경우는 편의상 측정기의 조명-관측조건에 관한 준비를 어느 한정 범위내로 한정하여 결정하여 데이타의 호환성을 확보하고 있다.

즉, 분광측색방법은 분광광도계를 사용하여 측정한 시료의 분광곡선(반사율 또는 투과율)으로부터 계산식에 의해 3자극치 X, Y, Z를 구하는 방법이다. 분광측정과 분광계산을 각 파장에 있어서 수동으로 하는 방법과 모두 자동으로 하는 방법이 있는데 이 둘다 각 파장마다 표준백색면에 반사한 때의 빛의 강도를 100%로 하고 비반사율을 구하는 것이다.

구체적으로는 측정하고 싶은 색의 시료를 자기분광광도계의 시료창에 끼우고 스위치를 넣으면 드럼에 끼워져 있던 방안지에 자동적으로 그래프가 그려져 수분안에 가시광선 파장내(380nm~780nm)의 분광반사율곡선을 구할 수 있다. 일반적으로 슬릿파장폭 10[nm], 파장간격 10[nm]로 실시하는 일이 많다. 분광반사율곡선으로부터 3자극치 X, Y, Z를 구하기 위해서는 계산식을 사용하여야 하나 최근의 자기분광광도계는 전자계산기가 부속되어 있어 X, Y, Z값이나 x, y값 등을 그대로 구할 수 있다.

마지막으로 형광성 물체의 분광측색에 대하여 살펴보자. 형광성 물체의 측색은 일반적인 방법을 적용시킬 수 없다. 반사광에 대해서는 물체표면의 분광반사율 측정에 문제가 있고 형광에 있어서는 발광의 분광분포 측정에 문제가 있으며 관측광은 이 두 문제를 다 포함하고 있다. 또한 형광성분의 다소는 조명광의 자외역을 포함한 분광분포에 의존하는 등의 복잡한 문제가 있기 때문이다.

형광은 반사율 측정의 문제로 환원할 수 없으나 반사률은 반사광의 분광분포 측정으로 환원할 수 있으므로 형광성 물체의 분광측색은 기본적으로는 물체표면에서 발산하는 빛의 분광분포 측정으로 취급한다. 즉, 파워가 일정한 단색광을 시료면에 조사하여 발산광의 분광분포를 측정한다. 이것을 자외역에서 가시역 전역의 단색광에 행하여 일련의 분광분포를 얻는다. 임의의 조명광, 예를 들어 표준광 D_{65}(상대 색온도가 약 6,504K의 자외역을 포함한 평균적인 주광의 대표로 사용되나 D_{65}의 표준광원은 아직 개발되지 않았으며 실용적으로 사용되는 유사한 인공광원은 형광램프이다)에 대한 색을 구하고 싶을 때에는 상기의 단색광에 관한 측정결과를 D_{65}의 분광분포의 값으로 더해 나가면 된다. 이 측정에는 조사측과 측정측에 두개의 모노크로메타가 필요한데 이것

을 이분광기법이라고 한다.

예를 들어 분광분포가 D_{65}에 일치하는 광원이 있으면 그것을 조명한 발산광의 분광분포를 측정하면 된다. D_{65}에 일치하는 광원은 실제로는 존재하지 않으나 어느 정도 근사한 광원(형광램프)이 있으면 발산광의 분광분포도 근사한 것을 얻을 수 있으며 차가 조금밖에 나지 않는다면 보정을 하여 정확한 값에 가까운 값을 얻을 수 있다. 보정방법은 여러가지 있으나 어느 것이나 단순화를 위하여 가정을 세우고 보조적인 분광측정을 필요로 한다. 분광분포 측정에 사용한 모노크로메타를 보조측정에도 전용가능한 경우에는 일분광기법이라고 한다. 한편 보조측정을 위한 다른 모노크로메타가 필요한 경우를 간이이분광기법이라고 한다.

형광성 물체색의 측정방법은 아직 규격화되지 않았으나 광원색이나 일반물체색의 측정방법과 구분하여 측정하는 것이 좋다.

5. 자극치 직독법

색은 분광기를 사용하지 않고 측정할 수도 있다. 분광감도가 각각 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$에 일치하는 3개의 수광기가 있으면 3자극치 X, Y, Z에 대응하는 3개의 광전출력을 얻을 수 있기 때문이다. 이러한 수광기를 가지고 그 출력으로부터 3자극치 또는 색도좌표를 표시하는 기계를 광전색채계라 한다(그림 4). 여러 타입이 시판되고 있으며 널리 실용되고 있는데 이 기계를 가지고 색을 측정하는 방법을 자극치 직독법이라고 한다.

이 방법의 정밀도는 분광측색법에 비해 떨어지는데 광전색채계의 오차는 수광기의 분광감도가 등색함수에 완전하게 일치하지 않기 때문에 생기거나, 전기적, 계시적인 출력의 변동에 의해 생긴다. 그러므로 시료색을 측정하기 전에 3자극치가 정해져 있는 광원색 또는 물체색으로 눈금조절을 하는 것이 좋다. 이 경우 눈금조절용 광원이나 물체면은 시료를 측정할 때와 동일한 수광조건, 조명조건으로 측정한다. 이것을 실시하면 광원의 3자극치 T_i는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$Ti=(Ti/Fi)Fi$ 이때 Ti는 시료의 3자극치이며 Fi, Fi는 눈금조정용 표준의 3자극치 및 3차극치이다. 이와 같은 계산을 자동적으로 하는 색채계이면 표시된 값을 그대로 사용하면 되나 그렇지 않은 것이라면 계산에 의해 그 값을 보정하지 않으면 안된다.

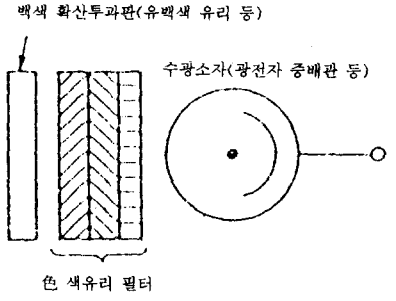


그림 4. 광전색채계의 수광기 구성

측색의 원리를 반사측정의 예로 설명하면, 측정하고자 하는 시료를 표준광원으로 조명하고 시료로부터 반사한 확산광을 색필터와 광전관을 조합한 3개의 수광기로 수광한다. 이 광전관은 수광한 빛에너지에 비례하여 전기에너지가 생기는 것으로 시료색에 따라 3개의 색필터를 각각 통과한 빛은 3개의 광전관에 각각 전기에너지를 출력한다.

시료색의 X, Y, Z값을 직접 읽기 위해서는 색필터와 광전관을 조합한 3개의 수광기로 부터의 전기출력이 시료의 X, Y, X값에 대응한 크기로 비례하여 얻을 수 있도록 조명하는 광원의 분광에너지분포, 3개의 색필터의 분광투과율 및 광전관의 분광감도를 종합한 특성이 X, Y, Z값을 구하기 위하여 규정된 특성과 일치하도록 조합되어 있다.

최근의 광전색차계는 부속되어 있는 백색교정판(X, Y, Z값이 정확하게 들어가 있다)을 기준으로 하여 3개의 수광기로 부터의 각각의 지시를 백색교정판의 X, Y, Z값에 맞추고 표준교정을 한 후에 X, Y, Z수광기에 시료의 색에 따른 전기에너지를 출력하여 디지탈 표시부의 지시로 측정결과가 표시되며 여러 색차계로의 변환, 표시, 인쇄 등을 쉽게 할 수 있다.

6. 맺는말

이상과 같이 최근에는 성능이 좋은 측색기가 비교적 저렴한 가격으로 시판되고 있으며 그 조작 또한 간단하다. 그러므로 측색원리를 모른다 하더라도 간단한 조작 훈련을 통하여 측색이 가능하다. 따라서 종전에 일반인들이 흔히 사용하던 육안비색법에만 의존할 것이 아니라 정확한 색측정 방법을 익힐 교육기회를 가지도록 하여야 하며 특히 디자인계열에 종사하는 사람들에게는 반드시 측색법을 숙지시켜 우리의 생활환경을 보다 다양하게 계획할 수 있도록 하여야 겠다.

참고문헌

1) 日本照明學會, 光をはかる, 日本理工出版會, 1987.
2) 加藤雪枝 외 5명, 生活色彩學, 朝倉書店, 1990.
3) 日本照明學會, Lighting handbook, オーム社, 1987.
4) KBS 한국색채연구소, 한국표준색표집, KBS 문화사업단, 1991.
5) 안옥희 색지각, 한국조명전기설비학회지, vol. 7, No. 3, pp. 3~6, 1993.

◇ 著者紹介 ◇

안 옥 희(安玉姬)

1961年 11月 28日生. 1984年 嶺南大 家政管理學科 卒. 1987년 日本奈良女子大學 住居學科(碩士). 1990年 日本奈良女子大學 人間文化研究科(學術博士). 現在 嶺南大 家政管理學科 助教授.