

## ■分析の機器シリーズ7) 一色差計 (Colorimeter, Color difference meter)

### はじめに

色はその物体から出てくる光が人の目によって感知され、その信号が脳で処理されて色として認識されます。そのため、物体から出てくる光が反射されたものであれば、その反射光を色として捉えるので、レモンが黄色に見えるのは、黄色の波長以外の可視光域の光をレモンの表面の構成物質が吸収しているためです。ガスの炎が青色に見えるのは、燃焼ガスが青色の波長の光を発生しているためです。太陽からの光が注ぐ地球上で発生した生き物はそのエネルギーを活用して生存するための仕組みを作っています。太陽光の波長エネルギーと人の視覚の感度を図1に示します。太陽光の最大強度の波長域を人の視覚が利用しているように見えます。

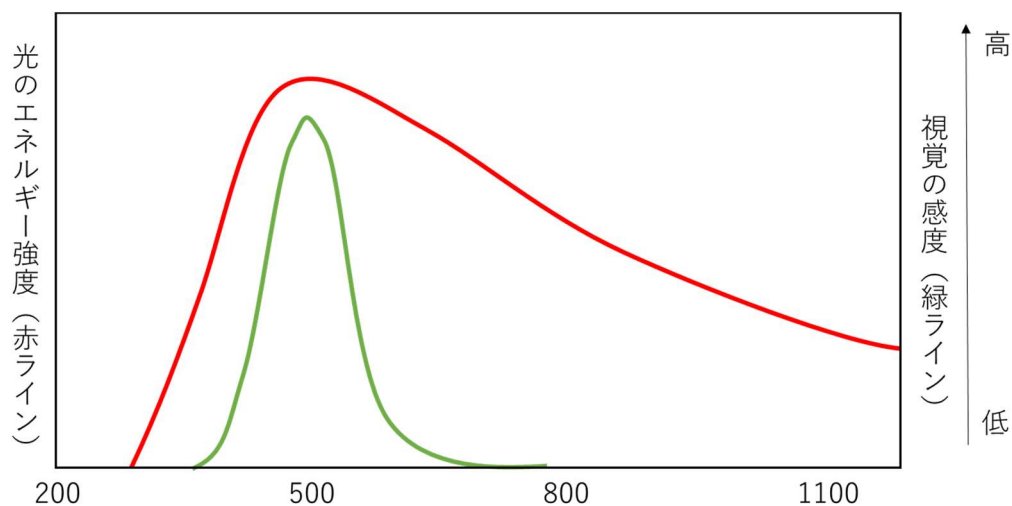


図1 太陽光の波長とエネルギー強度と視覚感度（地球の大気を通過する際に、大気中に含まれる成分により吸収される波長域もあります。）

### 視覚による色判別の仕組み

人の目の網膜にある視細胞には赤錐体（L錐体）、緑錐体（M錐体）、青錐体（S錐体）の三種類の錐体細胞があり、それぞれ長波長域、中波長域、短波長域の光によって各細胞中のタンパク質（オプシタンパク）が刺激を受けてシグナルを発生し、視神経を通して脳に送られ処理されて色として認識されます。また、錐体細胞に加えて桿体細胞が存在しており、光刺激の強弱を捉えます。オプシタンパクとしてよく知られているのはロドプシンで、光によってロドプシンに結合しているシス型レチナールがトランス型となることでロドプシンから外れます。それが引き金となり細胞内シグナル伝達を

経て最終的には視神経を経由する信号となり脳に到達します。人が認識・区別できる色（濃い、薄い、明るい、暗いなどを含む）の数は、人によって異なりますが、数十万から百万程度と言われています。色見本でも光の当たり方や表面の状態、単一の場合と他の色と混在している場合、目の疲労度、気分など、様々な状況で、同じ色でも異なる色として認識されることがあります。また黄色は色の濃さが分かりにくいと言われています。

### 色差計の原理と数値

色差計は、反射色の測定、透過色の測定に使用され、固体、粉体、基板、溶液さらに光沢の計測や、植物の葉、皮膚の分析など特定の試料に特化した計測機器もあります。基本的には光を照射し、検体からの反射光あるいは透過反射光を測定しスペクトル解析して数値化します。使用する主な目的は標品とのずれを数値として示すことです。人の視覚でとらえられた色の数値化を行うことを目的とする場合、錐体細胞の赤、緑、青の色認識を数値化することになります。従って、装置には視覚に対応したフィルターやセンサーが組み込まれます。その装置を使って計測し値を決めることで、色を一つのデータとして示すことができます。色差計では各種データ分析が行われ数値化されますが、ここでは  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  の数値についてご紹介します。

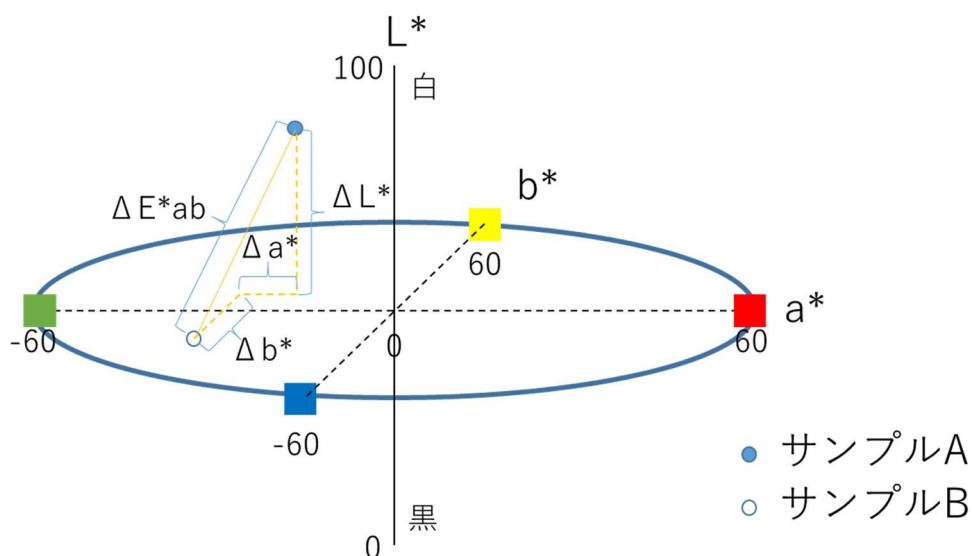


図2  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  の関連図

図2において、 $L^*$ は明るさの指標で、 $a^*$ は赤方向と緑方向の指標、 $b^*$ は黄方向と青方向の指標になります。 $a^*$ がプラスだと赤色傾向でマイナスだと緑色傾向であることを示し、 $b^*$ がプラスだと黄色傾向、マイナスだと青色傾向であることを示します。そのため、 $a^*$ 、 $b^*$ ともに0で $L^*$ が100であれば白色となります。 $a^* \leftrightarrow b^*$ の変化は色味の違い、 $a^*$ 、 $b^*$ の数値の変化は鮮やかさの違い、 $L^*$ の変化は明る

さの違いになります。サンプル A と B の相違は  $\Delta E^*ab$  で数値化されます。これは、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ で示された各サンプルの空間距離となります。空間距離  $\Delta E^*ab$  は以下の計算式で求められます。

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

空間距離  $\Delta E^*ab$  が 0~0.2 だと人の視覚での識別は不可能で、0.6 では同じ色であるとの認識にずれを生じ、1.2 ではほとんどの人で色が異なることを認識できると言われています。

### おわりに

製品の色味の違いはクレームに繋がります。特に、粉体化学薬品では目視での色味が以前の製品と微妙に異なると純度が疑われ、入荷時の検品の際に問題となる場合があります。また、飲料水等でも品質に対する懸念を生じることがありますので、検査員による色味判断に加えて色を数値化し継続的に管理することは重要です。