

青空の秘密

空はなぜ青いのか？

アメシストの紫色の成因は何か？

物質の電子状態が光と相互作用するとどうなるか？

色という、光と物質と色覚のどれが欠けても成り立たない
境界現象をさぐります。

空の青さの成因

地球と宇宙との境界である大気圏は、地球をリಂಗコにたとえれば、皮ほどの厚みしかありません。では、無色透明の空気が、地上から青空として見えるのはなぜでしょう。これは昔から多くの学者を悩ませた難問でした。

「空が青いのは本当の色なのか、はたまた遠く果てしないからそう見えるだけなのだろうか」と問題提起している『莊子』は、かながポイントを突いています。また、「天高く飛び伝説の龍が下界を見れば、やはり青々と見えているにちがいない」と、宇宙的視点からの考察も加えています。これは当時としては卓見です。

空の青さの本当の原因が判明したのは、19世紀末になってからのことです。それまでは、大気中のチリや水蒸気などの粒子が、太陽光のうち波長の短い青色の光を散乱するためと信じられていました。これは一見もっともらしい説明ですが正しくありません。たとえばヒマラヤなどの高山では、空の色は黒みを帯びた青色となります。空気が澄んでいるほど、空の青が深まるのはなぜでしょう。チリや水蒸気を含まない液体空気も、青みがかって見えます。

この問題を理論的に解明し、かつ巧みな実験によって証明したのは、物理学者レイリーです。彼は散乱を起こす粒子が、光の波長よりも十分に小さく、かつ漂う粒子が不規則にゆらいでいる場合、波長の4乗に反比例する散乱が起きることを明らかにしました。これをレイリー散乱といいます。

青色の波長は約400nm、赤色の波長は約700nmです。散乱の強さは波長の4乗に反比例するので、青色の散乱は赤色の約10倍にもなります。このため太陽の方角に関係なく、青色の散乱光が地上に届き、空は一樣に青く見えることになるのです。無色透明の水もある程度の深さがあれば青みがかって見えます。これも水分子の不規則なゆらぎを原因とするレイリー散乱によるものです。

空色、水色という言葉があっても、空や水に青色の色素があるわけではありません。では、青色の物体は、青色の色素のようなものをもつていましょう。

物体のさまざまな色は、太陽光(白色光)からの引き算の結果として現れます。たとえば青色の波長が吸収された場合は、その補色である黄色に見え、逆に黄色が吸収されると青色に見えます。白色光のもとで物体が固有の色をもつのかのように見えるのは、物体が特定の波長の光を選択吸収し、人間はその補色を目にしているからです。つまり物体が吸収する光と、目に見える色(色光)とは、カラー写真でいえばネガとポジの関係にあるのです。

色の成立という境界現象

空や水に似た透明感も、宝石やガラスにも特徴的なものです。たとえば水晶は酸化ケイ酸(SiO₂)が整然たる三次元構造を組んだ結晶です。この結晶には可視光の範囲で光の吸収原因となる物質がないために、光は素通りして無色透明に見えるのです。



ところで、無色透明な水晶に放射線を照射すると黒っぽく色づき、天然産の煙水晶のようになることが知られています。

これは放射線の照射によって、結晶格子を構成するイオンに局所的な電子の移動が起き、格子欠陥が生じるからと説明されています。結晶秩序を破るこの格子欠陥によって、光を吸収させる機構が生まれ、その結果、透明な結晶が色づくのです。この発色原因となる格子欠陥を、色中心(カラーセンター)といいます。

結晶に微量に含まれる金属イオンが、色中心をつくることもあります。宝石のアメシスト(紫水晶)の紫色は、長らく謎とされてきました。しかし、1970年代にアメシストの人工合成が可能になったことにより、紫色の成因が解明されました。微量の鉄分を加えて人工水晶をつくり、これに放射線を照射すると鮮やかな紫色が発色することが分かったのです。

銅玉、コラダムは酸化アルミニウム(Al₂O₃)の結晶で、青色のものはサファイヤ、赤色のものはルビーと呼ばれます。これらの宝石の色も、鉄、チタン、クロムなど、含まれる微量の金属イオンがつくる色中心が関係しています。しかし、発色の主役になっているのは、金属イオンではなく実は電子です。結晶中の微量の金属イオンがもた

らす特異な電子状態が、光と相互作用を起こして、さまざまな色を発色するのです。

物質の電子状態がなぜ光と相互作用するかといえば、光とは電磁波の一種であり、振動する電場であるからです。しかし、電子にはもとより色などありません。色といふのは、光と物質と色覚のどれが欠けても成り立たない境界現象なのです。鉱物を砕いた無機顔料が、古くから絵具として使われたのは、電子状態が比較的安定して、色の保存性にすぐれるからです。一方、二重結合やベンゼン環など、不安定な電子状態をもつ有機化合物は、多彩な合成染料が製造できる反面、退色や変色が起こりやすくなります。

代表的な草花色素であるアントシアニンも、酸性のときは赤色、アルカリ性のときは青色と、さまざまな色合いに変化します。しかし、pHばかりでなく、土壌や肥料に含まれる微量の金属イオンも、不安定な電子状態に影響を与えます。たとえば、アジサイの花色の七変化などもこの現象ですが、まだ詳しくは解明されていません。

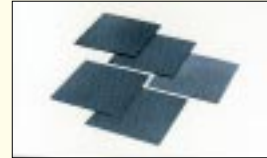
たかく色が移りやすいといふのは、自然界の構成物は化学変化をまめながれがたいからです。しかし、空の青は退色や変色と無縁です。これは選択吸収による物体の色ではなく、空気分子によ

る散乱光だからです。地球に太陽光と大気があるかぎり、空の青は永遠に変わらぬ青なのです。(文 / 吉岡安之)

技術の"境界領域"に挑む TDKのファイブ・エレクトロニクス

電波は可視光や赤外線よりも波長の長い電磁波です。入来する電波を熱エネルギーに変換する性質をもつ物質を電波吸収材といいます。電波吸収材としては、誘電体(黒煙やカーボンなどの抵抗体)磁性体(主にフェライト材料)もしくはこれらの複合材料があります。近年、大きな問題になっているのは、建造物などが電波を反射することによって引き起こす、さまざまな電波障害です。

このような対策としてTDKは、フェライト電波吸収材をPCパネルに埋め込んだ反射体として金属メッシュ埋設ないし構造鉄筋を利用し、軽量・薄型の電波吸収材を世界に先駆けて開発しました。入来する電波や内蔵の金属メッシュによって反射させた電波は、フェライト電波吸収材で吸収・減衰させて熱エネルギーに変換。さらに、金属メッシュで反射して逆戻りする電波は、表面で反射する電波を打ち消す位相となるように設計しているため、吸収材が吸収しきれなかった電波も表面で消滅させてしまいます。電波吸収材は、TVブーストや航空誘導レーダー、船舶レーダーの偽像防止、電子機器を不要電波から守るEMC対策、また電子機器を測定するための電波暗室など、電波障害を防ぐ最も有効な技術として、さまざまな領域で活躍しています。



ヒマラヤは東西約2400kmにもおよぶ高峰の連なりで、世界の8000m級のすべてがここに集まっています。天候は多岐にわたりますが、空気がどこまでも澄みわたる、写真のように、空の色は黒みを帯びた青色を呈してします。

好評発売中

楽しくたどる、磁石の歴史と文化をめぐる冒険!!
本シリーズを執筆している吉岡安之の書き下ろし単行本、全国の書店にて好評発売中!

マグネットワールド 磁石の歴史と文化

- 第1章 人類と磁石の出会い
- 第2章 磁石に魅了された科学者たち
- 第3章 磁性の謎解きと20世紀の磁石



わたしたちの身近にある磁石を、歴史的・文化的な背景をふまえて紹介した、美しい磁石のガイドブックです。知ってそうで意外と知らない磁石の表裏を分かりやすく解説。磁石の魅力や驚きも、存分に発見することです。

監修・編者 / TDK株式会社 佐藤 博
著者 / 吉岡安之
問合せ / 日刊工業新聞社
TEL. 03-3222-713(販売)
判型 / A5判・268頁
定価 / 2310円(税込み価格)