

## 科学の散歩道④

### 〔火星の夕焼けは、なぜ青いのか？〕

～本当に「わかる」とは②～

火星と言えば「赤い星」という認識は、古今東西で共通したものです。文字通り、火のように赤い星で、西洋ではその色から「戦いの星」とされています。一方、地球は「青い星」です。宇宙飛行士ガガーリンが、人類で初めて宇宙から地球を見て、「地球は青かった」とつぶやいたのは、あまりにも有名です。

さて、前回の「科学の散歩道」を思い出すと、地球が青く見えるということは、波長の短い青い光を散乱させていて、波長の長い赤い光は透過しているということです。

一方、地球の夕焼けでは、空気の層が厚くなって、散乱がより強くなって赤い光が目が届いて「赤い夕焼け」が見えるということでした。



〔火星の青い夕焼け〕

NASAの火星無人探査車「キュリオシティ」画像から

#### 1. 火星の夕焼けが青い「理屈」

火星の夕焼けはどうでしょう？この理屈でいくと、赤い火星は昼間、赤い光を多く散乱させて（地球と同じように火星の地上からも宇宙からも）赤く見え、青い光はあまり散乱せずに通しているということになります。すると、夕方の火星上では、赤い光は散乱されすぎて見にくくなり、これまであまり散乱しなかった青い光が程よく散乱するので青く見える、つまり「火星の夕焼けは青い」ということになりそうです。でも、そうなら、なぜ火星では昼間、赤い光が多く散乱するのでしょうか？

#### 2. 物が見えるということ～反射と散乱～

物が見えるということは、その物に当たった光が反射して、その光が目に入ることです。リンゴを見た時には、赤い光が反射して、他の色の光は吸収されてしまうので、反射された赤の光だけが目に入って「リンゴは赤く」見えるということです。

この反射は、光の波長よりも大きな物に当たった時に起こります。光の波長よりも小さな物に当たった時は、反射ではなく「散乱」が起きます。

空が青く見えたり、夕焼けが赤く見えるのは、レイリー散乱のせいです。これは波長が短いほど散乱しやすいので、太陽が高い昼間は、波長の短い青い光の散乱光が一番多く含まれて空が青く見え、大気層が厚い夕方は、赤い光も散乱して赤く見えるのです（詳しくは前回は参照）。

#### 3. なぜ昼間に赤が多く散乱するのか？

では、なぜ火星では昼間に赤色がより多く散乱するのでしょうか？それには、地球と違う火星の大気について調べてみる必要があります。

「火星の夕焼けはなぜ青い（佐藤文隆、岩波書店）」を参考にすると、「火星は気圧が地球の百分の一以下で、二酸化炭素が主成分です。地球に比べれば大気は大変薄く、水がないので気温の差の調整が効かず、大気の上下方向の温度差が原因で、絶えず土壌の微粒子が吹き上げられ、砂嵐の状態になっているそうです。この微粒子は、ちょうど赤の波長ぐらいのサイズのものが多くあるので、火星の空は赤いのだと思われれます。」とあります。

このように、散乱を起こす粒子の大きさが、太陽から入射する光線の波長と同程度かもっと大きい場合は、波長と無関係に散乱する「ミー散乱」が起きます。

それに対して、これまで見てきた地球上の青空や赤い夕焼けは、小さな空気分子などを対象にしたレイリー散乱でした。

火星は大気が薄いので、大気で起こるレイリー散乱は重要ではなく、ミー散乱が大きく影響します。ちょうど赤の波長ぐらいのサイズの微粒子が多くあって、赤が散乱しやすいということになります。夕方になると、この赤色の散乱が多くなって見えにくくなり、青色が見やすくなるので「青い夕焼け」になるというわけです。

#### 4. わかった後、それから

ここまで、2回に分けてクドクドと書いてきましたが、自分としては今回やっと「夕焼けの色」の仕組みがすっかりした気がしました。そして、ここまで考え、調べてきて分かったことも沢山ありました。それらの中からいくつかを、羅列的に紹介します。

##### ①地球でのミー散乱

地球でもミー散乱が目立つことがあります。霧粒や雲粒の大きさは光の波長とほぼ同じ程度の大きさなので、ミー散乱の範囲に入ります。この場合は、視光の全ての波長の光を等しく散乱させるので、その結果、全ての色を合わせた色である「白」に見えます。これが雲が白く見える理由です。牛乳が白く見えるのも同じ理由です。

##### ②遠景の色

天気の良い日、遠くの山並みなどを見ると、遠くなるほど青みがかって見えます（右写真）。これはレイリー散乱により、遠くからやってくる青い光はより散乱されることで青みがかって見えるからです。

レオナルドダビンチが見つけたと言われる「空気遠近法」を思い出しました。青色が広がり、空の色と近づいて遠くの山並みの輪郭がぼやけて見えるのも、そのせいです。芸術の世界にも影響を与えていたのですね。



〔レイリー散乱と空気遠近法〕

##### ③日没後の空の色

日没後も空は、しばらく藍色になっています。沈んだ太陽からの光が青い色だけではないのにどうしてでしょう。これは、地面から10～50km上空の層に集まっているオゾンのせいです。オゾンがフィルターのような働きをして、黄色と橙色はつかまえて離しません、青色だけはほとんどそのまま通過させてしまうからです。

また、オゾンは日光の赤と黄色の他に、特殊な光も吸収します。それは、目に見えない紫外線で、生き物にとって危険な紫外線を吸収してくれることで、地球上の生き物は人間も含めて生きていられるのです。この大切なオゾン層が、各地で薄くなってきています。南極の上空が特にひどく、大きな穴があいていて、オゾンホールと呼ばれています。ところで、このオゾン層を作ってきたのは、生き物自身です。バクテリアや藻などの植物は、光合成を行っています。その光合成によって、大気の中に酸素がたくさんでき、酸素の仲間であるオゾンも同時にできたのです。（マリオ・モリナ「ノーベル賞受賞者にきく 子どものなぜ？なに？」、主婦の友社より）。

このように見てくると「空はなぜ青いのか」という単純に聞こえる疑問から、様々なことに気付くことができました。（H27年6月26日 金沢子ども科学財団）