

空という環境

武田 康男

(気象予報士、空の探検家)

雲が湧き、雨を降らせる空の高さは、地上から 11km くらいまでです。対流圏と呼ばれ、主な気象現象はここで起こっています。対流圏の上には成層圏があり、オゾン層が存在します。さらに上の中間圏では夜光雲ができ、その上の熱圏で流星やオーロラが輝きます。対流圏から熱圏までが、地球の大気といわれる部分で、地表面からおよそ数百 km 続いています。それよりも上は宇宙空間になります。

高さごとに、地球の大気について簡単に説明しましょう。

最も地上から離れた、一番高いところにある熱圏は、高度およそ 85km 以上で、電離層が存在します。太陽風の影響を受け、地球磁気の関係で北極や南極周辺に高速電子が多く流れ込みます。それが空気にとぶつくと発光し、オーロラとなって輝きます。高度 100km 以上では、酸素原子が多いために、この原子が放つ緑白色や濃赤色のオーロラが主に見られます。また、宇宙から数mm程度の物質が、秒速数十 km で飛んでくると、大気とぶつかり発光します。これが流星です。

高度およそ 50~85km の中間圏は、最上部が大気中で最も冷たく、夜光雲（極中間圏雲）ができることがあります。見られるのは高緯度地方がほとんどです。また、地表に落雷したとき、それをきっかけに発光現象が起こることがあります。ほんの一瞬の輝きで、スプライトと呼ばれる珍しい現象です。

高度およそ 11km~50km の成層圏には、オゾン層が広がります。太陽からの有害紫外線を遮り、地上の生物を守っています。一方で、南極では、極夜後の低温期に極成層圏雲（真珠母雲）ができ、フロンガスと反応することで、オゾンホールが毎年発生します。

地表から高度およそ 11km（緯度によって 7~18km）までの対流圏では、私たちや生物と関わりの深い気象現象がたえず起こっています。地表面が太陽光で暖められ、対流活動が発生します。空気とともに上昇した水蒸気は、上空で冷やされ、小さな水滴や氷の粒（氷晶）となって、雲を作ります。雲は大きく成長すると、やがて雨や雪を降らせます。雲は、できる高さや形によって 10 種類に分類されています（10 種雲形）。また、陸と海などの温度差によって風が生まれ、低緯度と高緯度の間の熱輸送も、（海洋とともに）大きな大気の流れによって行われています。

地球の大気で昼間の空が青く見えるのは、空気分子によって波長の短い光が多く散乱しているためです。ジェット機の高さ（高度 10km 付近）になると、空気の約 7 割が下にあり、上に見える空の青色は濃くなります。

また、地表面からは、目に見えない赤外線が絶えず放出されていますが、大気中の水蒸気や二酸化炭素などに多く吸収されています。大気中の二酸化炭素が増えているため、地球温暖化と言われています。

そして、大気には気圧というものがあり、上空の空気の重さが地表面などに働いています。高気圧や低気圧がやってくると天気に変化し、生物に影響します。



都市・山・森の空を化学する

(早稲田大学理工学術院創造理工学部 大河内 博)

空は一つでしょうか。空を頭上に広がる空間と考えると、空を見上げる高さや場所によって様々な空がありそうです。都会で見える空は、高層ビルに邪魔されて小さく感じられます。ビルがなくても霞んでよく見えないことがあります。雨上がりでは空が綺麗に見えます(写真上段)。都会の喧噪から離れた山頂では、遮るものがなく、空が広く見え、澄んでいて綺麗に感じます(写真中段)。森の中で空を見上げると、木の葉で遮られてしまい、あまりよく見みえませんが(写真下段)。何も遮るものがない場所でも、空が綺麗に見えたり、霞んで見えなかったりするのには、空が空気で満たされているからです。空を空気が存在する場所と考えると、空気の化学的性質を調べれば空を化学の目でみることができます。化学は物質の性質や反応に着目して、原子・分子レベルで自然を眺める分野です。

一般に、惑星を取り巻く気体のことを大気(atmosphere)といい、大気が存在する空間を大気圏と呼んでいます。私たちが日常的に呼吸している身近な地球大気を空気(air)といいます。地球の大気圏はとても薄く、地球を40 cmのビーチボールと考えると、大気圏は紙の厚さ(0.03 cm)しかありません。私たちは大気圏の最下層にあたる、対流圏というごく狭い大気の底で暮らしています。

空気中の物質の三態：気体、固体、液体

空気の主成分は窒素と酸素ですが、様々な微量気体を含んでいます。上空にいくと空気はだんだんと薄くなります。日本の最高峰である富士山頂では、地上の2/3しか空気はありません(写真中段)。空気中には、気体のほかにエアロゾルと呼ばれる小さい固体または液体の粒子、雲(液体または固体の水)が存在しています。自然由来のエアロゾルには、海面で気泡が破裂するとき生成する海塩粒子、砂塵として強風により巻き上げられる鉱物粒子、植物から放出される花粉や胞子などがあります。一方、空気中で化学反応により気体から生成する粒子もあります。火山から放出される二酸化硫黄は、空気中で反応により硫酸粒子を生成します。さらに、空気中のアンモニアと反応して硫酸アンモニウム粒子を生成します。エアロゾルは雲粒や氷晶を作る核になりますが、雲を作りやすい粒子と作らない粒子があります。雲は純粋な水ではなく、水分を吸収しやすいエアロゾルや水に溶解しやすい気体が溶け込んだ水溶液です。

エアロゾルは光を散乱したり、吸収したりする性質があるため、地表に光が届かないようにする働きがあります。都会で空が見えにくいのは、人為的に排出されるエアロゾル、エアロゾルを生成する気体がたくさん排出されているからです。山では人為的な排出がないので、空が綺麗に見えます。森林では独特な木の香り(フィトンチッド)がします。このような気体は癒やし効果があり、森林浴として知られています。また、森林は空気中の有害なガスや粒子を捕捉して空気を綺麗にしてくれる働きもあります。ここでは、私たちの生活に密接に関わる空気中の化学物質に焦点をあてて、都会、山、森林の空を眺めてみましょう。普段は目に見えない世界が見えるかもしれません。



空から地上へ降り注ぐ地衣類の散布体

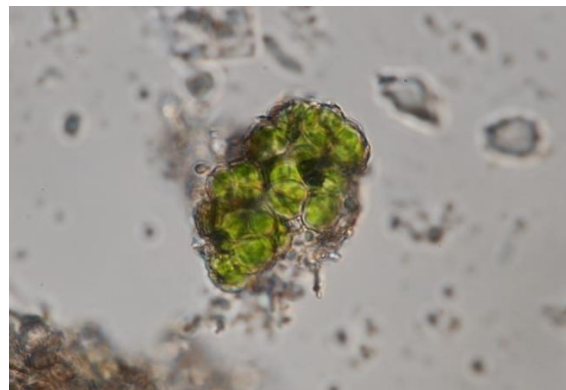
大村 嘉人

(国立科学博物館植物研究部)

高山に生育している生物がつくばで見つかる！？と言っても、それは地衣類に共生している微細な藻類でした。その一方、つくばで熱帯性の地衣類を見つけることもありました。私が研究材料としているのは菌類と藻類から成り立っている共生体の「地衣類」という生きものです。2つの生物がセットでないと生きられない地衣類が、どうやら随分と長距離を移動して繁殖することもあるようなのです。地衣類の増え方には大きく分けて二つあります。一つは菌類が作る孢子が飛散し、たどり着いた先で、パートナーとなる藻類に出会って再び地衣類になるというもの。もう一つは、はじめから菌と藻が一緒になった特別な散布体が作られて、それが飛んでいった先で再生するというもの。これまで、演者らは地衣類の長距離移動の秘密に迫るべく、大気中に浮遊している微細な藻類や菌類の解析などをしてきました。それらの研究では、上空からゆっくりと大気中の浮遊物を付着させて降下してくる「雪」に着目しました。きれいに見える白い雪もフィルターで濾してみると緑や茶色、黒っぽい色になってしまい、様々な微生物が含まれていることが分かります。本講演では、雪の解析やこれまでに様々な地域でおこなってきた地衣類研究の紹介を通して、空から地上へと微小な生物たちが、実はどっぴりと降り注いでいることを知っていただければ幸いです。



降り積もった雪の上層を解析する。



降雪に含まれていた地衣類の散布体（粉芽）。



つくばで見つかった熱帯性のアミモジゴケ。



多様な地衣類はどこからやってくるのか？

空を使う鳥、使わない鳥

尾崎清明

(山階鳥類研究所)

世界に約1万種いる鳥類は、最も飛翔能力に長けた動物とっていいでしょう。哺乳類や昆虫類にも飛翔するものはいますが、その距離やスピードなどとても鳥類と比べることはできません。渡り鳥のなかには、毎年北極と南極を往復するような長距離の移動をするキョクアジサシがいます。最近の研究で、オオソリハシシギという鳥はアラスカとニュージーランドとの1万1千キロを、8日間ノンストップで飛ぶことが判りました。またアマツバメでは10ヶ月間一度も着地せず連続飛行したり、グンカンドリでは、何日間も飛び続ける際、短時間ながら熟睡していることも発見されました。私たちが衛星発信機を装着して追跡したアホウドリでは、5年間に少なくとも46万キロ飛翔して、北太平洋のほぼ全域を利用していることが証明されました。

モンゴルで繁殖するアネハヅルは、越冬地のインドに渡る際、8,000メートル級のヒマラヤ山脈を超える高度を飛ぶことが知られています。ハヤブサでは獲物を狩るとき、なんと時速400キロ近いスピードを出します。

鳥類のこうした飛翔を可能にしたのは、もちろん翼とそれを使うための筋肉の発達です。さらに体重を極限まで軽くするために、骨を空洞にしたり、消化管を短くして食べたもののできる限りすぐに排泄するなどの工夫をしています。翼は一部の海鳥では水中を泳ぐときの推進力としても用いられます。このように、陸・海・空を制覇した鳥類は、地球上のほぼすべての地域で生息し、その環境を利用しています。

ところが一方で、空を飛ぶことを止めた鳥類もいます。よく知られているダチョウやエミューなどの走鳥類の他、カモ類、オウム類などの一部の種と、クイナ類の13%の種類が飛ばなくなりました。日本では唯一沖縄に生息するヤンバルクイナが知られています。なぜヤンバルクイナは飛ばなくなったのでしょうか？飛ばなくなったことで得たものと失ったものはなんのでしょうか？鳥類から見た「空」について考えてみましょう。



アホウドリ（左）の人工衛星による5年間の追跡結果（上）