

## オーロラが教える太陽と地球の微妙な関係

上出 洋介

オーロラとは一言でいえば、太陽と地球磁場の織りなす相互作用の結果、極地の夜空に発生する光現象である。といえ直ちに質問が出るに違いない。「太陽に原因があるのなら、なぜオーロラは太陽側（つまり昼）に現われずに、夜の空に現れるのか」と。

実は私たちオーロラ科学者は、まだこの難問に答えることができないでいる。太陽からのエネルギーがどのようにして夜の方に回り込むのかとか、オーロラはなぜ突然光り出すのか、など基本的な問題を解くヒントを探っている段階である。答えられないばかりか、人工衛星からのデータを調べて行くうちに、今まで思いもつかなかった新しい疑問もどんどん出てくることもある。

\* \* \*

私が初めてオーロラに出会ったのは、日本で大学院を出てアラスカのだ真ん中、フェアバンクスにあるアラスカ大学に就職したときである。大学が用意してくれたキャンパス内の住宅に着いたその夜、見事なオーロラが私を歓迎してくれた。そのときまでに、私はオーロラに関して全くの素人ではなかった。何しろ博士論文のテーマは、「オーロラの中を流れるジェット電流はどこから来るか」であったのだから。

しかし、東と西の地平線をつなぐ大きな橋のようなオーロラがゆったりと拡がり、そのわずか2 - 3分後には頭上の一点に穴があいて光の束が吹き出し、あっという間に空全体に光の震動が伝わっていくのを直接見たとき、私の頭の中がゼロになってしまった。頭だけではない。全身にパルスが走り、ゼロになった自分を見ているもう一人の自分を発見したような気になったのを憶えている。「こんな複雑な現象を、方程式で表わすことができるはずはない」とそのとき直感した。空の各部分に異なる色がつき、それらが勝手に動いているように見えた。

それから20数年。人工衛星、レーダーの技術が格段に進み、オーロラのふるさと - 太陽、オーロラ発生までのメカニズム解明へのヒントが次々に明らかにされてきた。オーロラは単に極地で見られる神秘的な発光現象ではなく、太陽と地球の微妙な関係についても語ってくれる。

\* \* \*

オーロラといえば、平均的な日本人は、「極地方に現れる美しい光の舞」というイメージをもっている。オーロラが、宇宙と地球がちょうど接するところで光っているということを知っている人は少ない。オーロラカーテンのひだの下縁が地上約100 - 200キロメートルで、カーテンの揺れは実は宇宙の舞いなのである。オーロラ的美しさと雄大さは、人間がつくり出した言葉で表現することを超えているといわれるが、オーロラの色、形、そしてその動きのひとつひとつは、宇宙と地球の境につくられた巨大カラーテレビの番組ともいえる。その大きな画面を地球人は下から眺め、自然の仕組みのパズルを解こう

としているのである。

では、地球と宇宙の違いはいったい何か。

固体、液体、気体 - 私たちのまわりにある地球上の「もの」は、この三つのうちのいずれかである。私たちは、これら三つの状態の変化間に熱が関与していることを知っている。たとえば、氷という固体に熱を与えると、0度Cで溶けて水という液体になり、もっと熱を与えると、100度Cで沸騰して気体に変化する。鉄や銅は1000度Cでどろどろの液体になり、2000 - 3000度Cで気体になることがわかっており、体温計の中に入っている水銀は、-39度Cと+357度Cの間で液体でいることのできる、しぶとい物質であることも知っている。

興味深い人なら、「では、気体にもっとエネルギーを与えたらどうなるのだろうか」という疑問をもってしまう。熱のエネルギーはどのようにして、「もの」の中を伝わるのか。これらの疑問に答えるには、地球や宇宙をつくっている「もの」をさらにつくっている「もの」を、分子の運動という観点から考える必要がある。

高い山へ登るとだんだん気温が下がっていくことを、私たちは経験で知っている。ジェット機の操縦室からの、「ただ今の外気温度は、マイナス50度Cです」というアナウンスを聞いたことのある人も多いだろう。ジェット機の飛んでいるこのあたり、地上10キロメートル付近が地球周辺では最も気温が低いところなのである。しかし、もっと上に行くと、100キロメートル、つまりオーロラの一番明るいところあたりからは、大気の色は全体としてどんどん高くなっていく。太陽に近づくからである。たとえば、地上200キロメートル上空では、温度は1000度C以上にもなり、太陽の活動状態により何百度も刻々と変化する。

それだけの太陽エネルギーを受けると、大気が中性気体の状態であることができなくなってしまふ。もともと、プラスの電気とマイナスの電気の量が等しく、キャンセルしあっているように見えているのがこの地球上の「もの」である。しかし、地上から100キロメートル上空では、太陽からのエネルギーが電気の間の引力よりも強くて、電子と陽子が引っぱり合っていることができない状態になっている。つまり、わずか100キロメートル上空が、この地上とはまるで違う「電気の世界」で、このような状態、つまり中性気体にエネルギーが加わった状態をプラズマという。

実は、宇宙は99%以上がプラズマの世界である。そういう意味で、私たちの地球号は宇宙の中では例外的に平和な場所なのである。わずか地上100 - 200キロメートル上るだけで、空気の濃さは地上の100億分の1にもなってしまう厳しい世界なのである。

\*

\*

地球上の生命が、実は2つのバリエーションによって宇宙の厳しさから守られていることに、私たちはふだん気づかずに生活を送っている。第1のバリエーション、つまり地球の空気は、ほとんどとるに足らない薄いヴェールのようなのだが、この大気層こそ、地上の命を繋ぐ遺伝子を、有害な太陽紫外線から守る役割を果している。地上百 - 数百キロメートルでこの大気が終わり、そこから果てしない宇宙が始まる。宇宙空間、とくに太陽までの空間は決して

無の世界ではなく、プラズマで満たされている。そして、生命を守る第2のバリエーは、地球のもつ磁場である。宇宙空間を飛びかっている宇宙線の侵入を防いでいるのは、ほかならぬこの地球の磁場なのである。太陽からの熱いプラズマ流（太陽風）も地上に直接吹きつけることもない。

地球がバリエーによって守られているということは、宇宙空間でおきている現象に私たちは日常気がついていないことにもなる。しかし、オーロラは、太陽 - 地球間の宇宙空間でおきている電磁現象の反映である。宇宙プラズマ（つまり、電気の世界）と地球の大気（つまり、電氣的に中性）の接点で光るオーロラは、宇宙で起きている事件を地球大気に映し私たちに太陽と地球の関係のヒントを与えてくれているのである。

惑星にオーロラが出現するには、大気と磁場というまさにこの2つの条件が必要であることがわかっている。この2つは生命存続にも必要な要素なわけだから、地球にオーロラがあるということは、私たちがこの惑星地球号に生きていける証でもある。

\* \* \*

さてオーロラはどのようにしておきるのか。それは、地球が磁力をもっていることと重大な関係がある。プラズマが磁場を横切って流れると、電力が発生する。これは、自然を支配している物理法則の一つである。太陽 - 地球間の場合は、コロナとよばれている太陽外延から、プラズマ流（太陽風）が休まず放出し、地球の磁場に吹きつけている。太陽風のスピードは、地球の近くでは秒速500キロメートル程度。つまり、地球のまわりの宇宙空間には、出力何兆ワットにも達する自然の大発電所ができていくことになる。

この発電所が、オーロラのエネルギーを供給しているのである。発電された電力のほんの一部が放電し、高緯度地方で地球の大気と衝突し、オーロラの光となる。太陽風は風といっても、粒子は1立方センチメートルあたりわずか10個程度。現在の技術で作り得る最高の“真空”でさえ、1立方センチメートルに分子を何百万個も含んでいることを考えれば、惑星間空間は無の世界に近いかもしれない。

高速の太陽風は、実は太陽の大気そのものなのである。地球は、苛酷な太陽の中にある例外的に平和な楽園なのである。つまり、地球は、太陽の大気にすっぽりとつまれていて、その呼吸の影響をひとつひとつ受けているということである。太陽は私たちの頭上において、いつも地球を静かに見守っているかのように見えるが、実は絶え間なく変動しつづけている。生きている太陽は、あくびをしたり、ときにはくしゃみをしたりする。オーロラは、こうした太陽の息づきを、地球の上層大気に映し出しているともいえる。

\* \* \*

古くから人間はオーロラを見て、この不思議な天の光を神の意志と関連させて考えてきた。赤いオーロラは血を連想させ、ヨーロッパで、地の果て、北の空からゆっくりと近づくオーロラは神の怒りのしるしでもあった。

しかし、好奇心あふれる人間は、この光の特徴を注意深く観察し、規則性を発見していく。オーロラが放電現象であることをつきとめ、その発電所をさがしているうち、人工衛星によってエネルギー源を探りあてた。オーロラは夜の方で活発なのに、エネルギーのも

とは昼の方、つまり太陽にあったことになる。しかし、

- どんなメカニズムで、オーロラのエネルギーが昼から夜へ回りこむのか
- 太陽風はいつでも吹いているのに、なぜオーロラは数時間に1回突然光り出すのか
- オーロラから出る膨大な熱は地上の天気に影響を与えないのだろうか

など、いまオーロラ科学の直面している問題は沢山ある。オーロラは、太陽活動と関係があるといわれているが、実はそんな簡単ではない。太陽活動（黒点やフレア）が低いときでも、立派なオーロラが何晩も続けて発生する。人間の目に見えない太陽の何かがあるに違いない。

全身を突き抜けるほどのパルスを感じさせるオーロラをたどっていくうち、人間は太陽まで行ってしまった。そして、太陽を調べているうち、太陽はいつも  $3.9 \times 10^{26}$  ワットものエネルギーを放出していることがわかり、うち太陽風のエネルギーは、百万分の一にも満たない。四方八方に飛ぶ太陽風が地球付近に達するのは、さらにそのうちのほんのわずかにすぎない。そのわずかの、何千分の一かがオーロラになるわけである。ほんの少しの与えられたヒントをつなぎ合わせて、人間は太陽と地球の関係を探っているということになる。オーロラは、その密接な関係のほんの一つの表れにすぎない。オーロラのウェールが剥がされたときは、太陽と地球環境の関係がすべて解明されたときである。地球は閉じた自然のシステムではない。オーロラはそんなことも教えてくれる。