

講演

オーロラ的神秘

赤祖父俊一

オーロラは、空にかかる光のカーテンです (第1図)。その厚さは200 mくらいですが、長さは数千kmもあり、地球の磁極を取り巻いています。地上に接しているように見えるのは、大体600 kmとか700 km遠くを見ているわけです。アラスカは1902年~1903年頃、金鉱を探しに来た人たちで開けたところでした。彼らは、オーロラは金の蒸気であろうと思っていました。したがってアラスカに行けば金山が見つかるのではないかとする人があったようです。



図1. アラスカのオーロラの写真 (Lee Snyder氏による).

オーロラの下のへりは100 kmです。ということは、皆さんが飛行機で旅行される10 kmの高さの10倍です。非常に高いところの現象なわけです。ジェット機がその高さを飛ぶのは雲の上を飛ぶということで、したがってオーロラと気象とは関係がありません。スペースシャトルは300 km~400 kmの高さを飛びますので、オーロラを突っ切るわけです。第2図はスペースシャトルから撮られたオーロラの映像ですが、地球のへりが見えます。オーロラが映っています。日本最初の宇宙飛行士、毛利さんはオーロラをスペースシャトルから見たのが最初だったそうでして、その後、地上からも見たいというのでアラスカにおいでになったことがあります。

これからもっと高いところ、大体地球の半径の3倍から4倍の高さからオーロラを見ますと、地球の上に



図2. スペースシャトルから見たオーロラ (NASA提供).

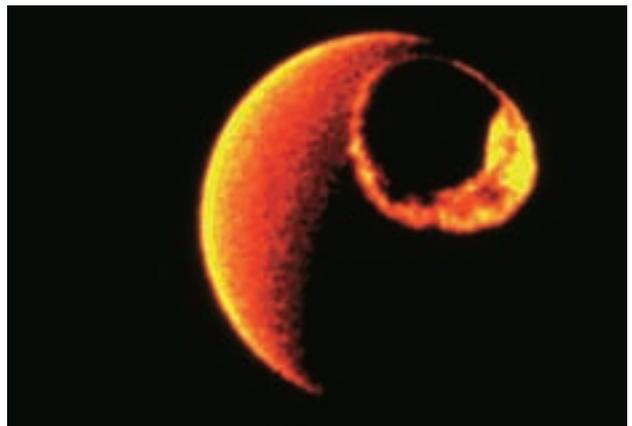


図3. 人工衛星から見た地球とオーロラ (アイオワ大学提供).

光の輪が見えます (第3図)。それが磁極を取り巻いているオーロラなのです。オーロラの輪の中心は、大体磁極にあります。すなわち地球の磁石が関係しているということが分かります。地上にいますと、このごく一部しか見えません。もちろん南極にもオーロラの輪がありまして、昭和基地がオーロラの真下にあります。

本や教科書では、太陽から電気を帯びた粒子が地球のほうへ向かって飛んできて、地球の磁場に引かれてオーロラを起こすということになっています。これは誤りでして、実はオーロラというのは、壮大な高圧真空放電現象なのです。高圧真空放電の一例がネオンサインです。ネオンサインをどのように作るのかと言いますと、細いガラス管を真空にして、そこにネオンガスをわずかに入れて、ここに10万ボルトというような

Syun-Ichi Akasofu
International Arctic Research Center,
University of Alaska Fairbanks,
Fairbanks, AK99775-7340, USA

高電圧をかけます。そうしますと電子がガラス管の一方の端から他方の端に飛び、放電が起きるわけです。すなわち電流が流れるわけですが、そのときにその電流を運んでいる電子がネオンの原子にぶつかります。そうしますと、ネオン原子はネオン特有の赤い光を出すわけです。もしガラス管に窒素を入れてやると、窒素特有の光が出てきます。ですからオーロラの基本は、高圧真空放電なわけです。

ということは、放電ですから電力が必要なのです。発電所では、電力を作るのに大きな発電機がうなりをあげています。磁石の中でコイルを回しているわけです。このコイルを回すために、昔は水力を使いました。それでは足りないのです、石炭を燃やして水蒸気を作って、それでこれを回す。それでも足りないのです、最近では原子力を使う。石炭や石油を使うと地球温暖化という問題が出てくるわけですが、とにかく電気を起こすということは、割と簡単なわけです。ですから、私達、オーロラ科学者が人工衛星を使って探さなければならなかったのは、一体これに相当するものが地球近くの宇宙のどこにあるのか、空のどこにあるのかということでした。

それにはまず磁石です。ところが地球そのものが磁石ですから、これは問題ない。それでは、コイルに相当するものは何かと言いますと、皆既日食のときに、太陽のまわりに非常に美しい光が見えるコロナです。このコロナは100万度という非常に熱いガスでして、全部電気の粒ですのでコイルのように電流を流せます。しかもコロナは熱いので、いつも秒速500 kmというような超スピードで流れ出しています。そして太陽系の一番端までとどいています。そこには現在、二つの宇宙船が行っていますが、地球と太陽の距離の大体90倍の距離です。このガスの流れ、私達はこれを「太陽風」と言っています。その「太陽風」が地球に向かって吹いてきますと、ちょうど川の中の石を見ていると、水がぶつからず回りを流れるようになるのと同じように「太陽風」は地球磁場のために地球の表面までぶつかることができません。そのため地球のまわりを流れて、目には見えないのですが、彗星のような構造が地球のまわりにできています（第4図）。

では、どこで電気がおきるのか、どのくらいの電力かと言いますと、世界で一番大きな発電所の1,000個を集めたほどの大電力の放電なわけです。一体どこにあるかと言いますと、今申し上げましたように、彗星のような形が地球のまわりにありまして、この外壁が実は発電所になっているということを人工衛星で見つけました。これをオーロラ発電機と呼びます。



図4. 太陽風は地球の周りにすい星のような空間を作る。

もし私達の結論が正しければ、例えば木星や土星は地球よりもはるかに強い磁場を持っていて、「太陽風」が吹き抜けていますから、当然オーロラが見られなければいけないわけです。第5図は人工衛星から見られた現象ですけれども、木星と土星にも立派な光の輪があります。地球も美しい光の輪を二つ持っています。北極と南極にあります。同じことが木星でも見られますし、土星でも見られます。



図5. 地球、木星、土星のオーロラの比較。
(左から順に地球、木星、土星のオーロラを示す、NASA提供)

実は金星、火星、月もそうなのですが、磁場を持っていません。したがってもし、私たちが正しければ、金星と火星、月にはオーロラはないはずですが、たくさん写真が写されましたが、全然オーロラは写っていません。ですからダブルのテストをしたわけで、この辺までは私達が今申し上げたようなことは正しいのではないかと思っているわけです。もっとも、若い人たちが出てきて、「おまえらは間違っていた」ということになるかもしれませんが、今のところはこの辺までは正しいのではないかと考えています。

皆さんご存知のように、太陽は時々黒点を持ってい

ます。現在、黒点が出ないので大騒ぎしていますが、普通は黒点があって、黒点のまわりで大爆発が起き、その時起きる突風が地球のほうにぶつかってきますと、オーロラ発電機の電力が大きくなり、オーロラが非常に明るくなります。すなわち、突風はスピードも速いですから、ちょうど発電所でコイルを速く回してやったということと似てくるわけです。

そうしますと、先ほどお話ししましたオーロラの光の輪は、ずっと大きくなります。例えばフェアバンクスにいますと、オーロラが南に行ってしまうと見えなくなることもさえます。シアトルでもシカゴでもニューヨークでもオーロラが見られるわけです。ところが、オーロラの輪は地理の極が中心でなくて磁極が中心で、磁極は地理の極からアメリカ側に寄っているためにオーロラは北米で見えやすいわけです。反対に日本では磁極がずっとアメリカ側にずれているために、なかなか見えないのです。今までの観測されたオーロラの輪の一番大きい場合、カムチャッカの付け根くらいのところにあり、日本の真上にはオーロラは出てきません。しかし、北海道でもオーロラは見えるというのは、北海道のオホーツク海の海岸の水平線の上に、カムチャッカの上にあるオーロラ上端が見えるというわけです。ですから残念ながら、北海道の真上にオーロラが見えるということはありません。

現在、私たちはいろいろな人工衛星を飛ばしまして、何とかしてオーロラを起こす電子がどこで作られるのか、そしてその電子ビームがなぜ動く（オーロラが何故動く）かなど、原因を探っています。これは天文学とも共通の問題です。

一つ私が提唱している仕事は、オーロラの基本的な色は緑白色ですが、これは酸素の原子から出てくる光なのです。どうして地球のオーロラに酸素の原子の光があるのでしょうか。それは、実は地球に植物があるからなのです。植物は炭酸ガスを吸って、根から水を吸い上げ太陽エネルギーを閉じ込め、米を作るわけですが、この米を作るときに、植物は炭素、水素、それから酸素を結ぶ腕に太陽のエネルギーを取り込むわけです。消化するとはどのようなことかと言いますと、この太陽エネルギーを取り出すことなのです。ですから私が手を動かすということは、太陽エネルギーを使っているわけです。ところが、植物は米を作る時に、一部の酸素が要らなくなるのです。ですから、植物が酸素を放り出すわけです。そのために地球の大気には酸素があって、動物がそれを呼吸して生きているわけです。動物は植物なしには生きられません。

今、太陽系と同じように惑星を持っている星が大体

300見つかっています。その惑星の中には、地球の環境に近い惑星も2～3あるようです。もう5年か10年かかると思いますが、もし私たちが、その惑星のオーロラの光を見て酸素の光が見つけられれば、まず間違いなしにその惑星には植物があるということが分かるわけです。人類がどうしても知りたいことの一つは、生命というのは地球だけにあるのか、広い宇宙の私たちだけなのか、それとも生命はどこか他にもないであろうか、ということなのです。私はそこでオーロラを使って何か研究の一部ができないかと思っているわけです。

今まで申し上げてきたのは50年くらいかかった研究を簡単に申しあげたのですが、私たちの間では、喧々囂々の討論がありまして、全く簡単なことではありませんでした。例えばオーロラは輪になって出ると申し上げましたが、これを私たちが地上からの観測で見つけたのは1963年か1964年で、人工衛星で確認したのは1972年、8年かかったわけです。それ以前は、飛行機をオーロラに沿って飛ばしたり、いろいろなことをして討論をやってきたわけです。討論したりけんかをしたりしたわけですが、そのような私のオーロラの研究を通していくつか体験して学んだことがありました。それをこれから皆さんにお話ししたいと思います。

例えば、ここに鉛筆があるとします。研究者の一つのグループは「鉛筆というものはとんがっていて硬い」と言います。ところが一方、別のグループは別の端を見て「いや違う、丸くて柔らかいのだ」と言います。二つの間で討論が起きて、最終的には「いや、鉛筆というのは二つの面をもっているのだ」ということになります。このようにして科学というものは進歩しているわけです。たとえ私が「鉛筆の先は固くてとんがっている」と言っても、別の科学者が「丸くて柔らかい」と言ったときには、それがちゃんとした研究であれば、それをきちんと聞くべきです。これが私の経験の一つでした。これと似たようなことは、たくさん数え切れないほどありました。

もう一つ大切な経験は、進歩とは、これは科学でも何でもいいのですが（皆さんの生活する何でもいいのですが）、既に確立された考えを打ち破るということです。確立された考えは、最近ではパラダイムという言葉がよく使われていますが、要は常識なのです。進歩とは常識を打ち破ることであるということです。このようなことが分かってきました。

科学の進歩はスローです。一つの科学の問題で子猫のパズルの例を使うと、それを解こうとしている科学者のグループがあるとします。このグループは、もう

これは子猫のパズルであるとしか思えないのです。そして片をはめていくわけですね。ところがある研究者は「ここに変な片がある。子猫のパズルのどこにやっても合わない」ということを見つけます。ですが、もしその科学者が「いや、これはどこか別のパズルから来たのである」というわけで捨ててしまえば、その人はあまりいい科学者になれない。もしこれが本当に合わなければ、もう少し調べていくと、このようなものがたくさん出てくるのです。そして究極的には「いや、これは子猫のパズルと考えてきたが、子犬のパズルと考える方がパズルが解けそうだ」という事を発見します。これを科学革命といいます。やがて、子犬のパズルではなく子狐のパズルの方が、ということになってゆきます。このようなことが科学ではいつも起きているわけです。もともと最初から何のパズルかどうか誰も分からないのですが、まず子猫のパズルではないかと考えるわけです。

地球温暖化問題も、確かに温暖化は起きているが、まず子猫のパズルのように炭酸ガスによるのではないかと仮定するわけです。そうすると、皆本当に子猫のパズルであると思い、一生懸命努力するわけです。自然は複雑ですから子猫のパズルに合うような片もあれば、子犬のパズルに合いそうなものもある。問題は子猫のパズルということになると、それが主流になりそれ以外の可能性が否定され、子猫以外のパズルを考えるのは「異端者」と扱われるようになる。そうになると、この学問の進歩は止まってしまうのです。

現在、地球温暖化問題では炭酸ガスによると考える以外の研究者は、人類の敵のように扱われているのですが、炭酸ガスによるという確固たる観測事実はありません。それは仮定でしかないのですが、それが理解でき、目が覚めるまでこの学問の進歩は止まっていると思います。私は、現在の温暖化の大部分は自然変動と考えています。実は1400年から1800年ごろまで、地球は寒く、その期間を「小氷河期」と呼んでいます。現在その小氷河期からの回復（すなわち温暖化）が起きていると思います。その学問はまだ分からないことばかりです。炭酸ガスだけによるとするのは極めて早計だと思います。

Mystery of the Aurora

Syun-Ichi Akasofu
International Arctic Research Center
University of Alaska Fairbanks

The aurora is one of the most magnificent natural

phenomena on Earth. From the days of the International Geophysical year (1957/58), a great concerted effort by auroral scientists of the world has revealed some of the mystery of the aurora. The aurora is caused by a gigantic electrical discharge around Earth, powered by a generator consisting of the solar wind (a high speed flow of charged particles from the sun) and Earth's magnetic field. Magnetic planets, such as Jupiter and Saturn, have the aurora, while non-magnetic planets, such as Venus and Mars, do not have it.

The Earth's aurora is unique, because the most common light, a greenish-white light, is emitted by atomic oxygen which is released into the atmosphere as a byproduct of the photosynthesis of plants. It is hoped that we shall be able to find the oxygen lights from planets of the extra-solar systems in the future. It is a sure sign that plants, namely life, exists there.