

超高層大気って なんだ!?

はやのん 作



どうして

上に行くほど空気はうすくなるの？

空気は、高度が高くなるほど薄くなります。高い山に登ると息苦しくなるのは、周りの空気が薄くなっているからです。たとえば、富士山の高さ（3776メートル）では、空気は地上の3分の2くらいしかありません。なぜだかわかりますか？

理由は、地球の引力に関係しています。空気そのものは軽いものですが、それでも、地球の引力にひっぱられています。では、なぜ全部の空気が地上に落ちてしまわないのでしょうか。それは、空気のひとつぶひとつぶ（分子といいます）が、すごいスピードで飛び回りながら、お互いにぶつかり合っているからです。これを空気の「圧力」といいます。

地上付近では、上に積み上がった空気のために、親指くらい大きさ（1平方センチメートル）あたり、1キログラムもの圧力がかかっています。そんなに強く押されているのに、人の体や物がつぶれてしまわないのは、体内や物の内側からも同じ圧力で押しているからなのです。

このように、私たちの住んでいる地上は、積み上げられた空気の底にあるのです。地上では、空気は押しつぶされて、とても濃くなっています。ところが、地上からどんどん高く上がっていくと、上に積み上げられた空気の量が少なくなるので、空気はあまり押しつぶされなくて、薄くなります。上へ行けば行くほど、「その上の」空気は少なくなって軽くなるので、空気の圧力も下がります。

空気が薄くなると、成分が変わったり、電気を帯びたり、光を出したり、さまざまな面白い特徴をもつようになります。そんな超高層大気は、地球大気と宇宙の境界です。

それでは、もるちゃんとミルポと一緒に、超高層大気のことをもっと詳しく調べる探検に出発です。



ウーン 重いぞ

今日は休日 ♪~

のんびりと空を眺める
科学大好き小学生
もるちゃんと
ロボット犬・ミルボです

空が
きれいーい

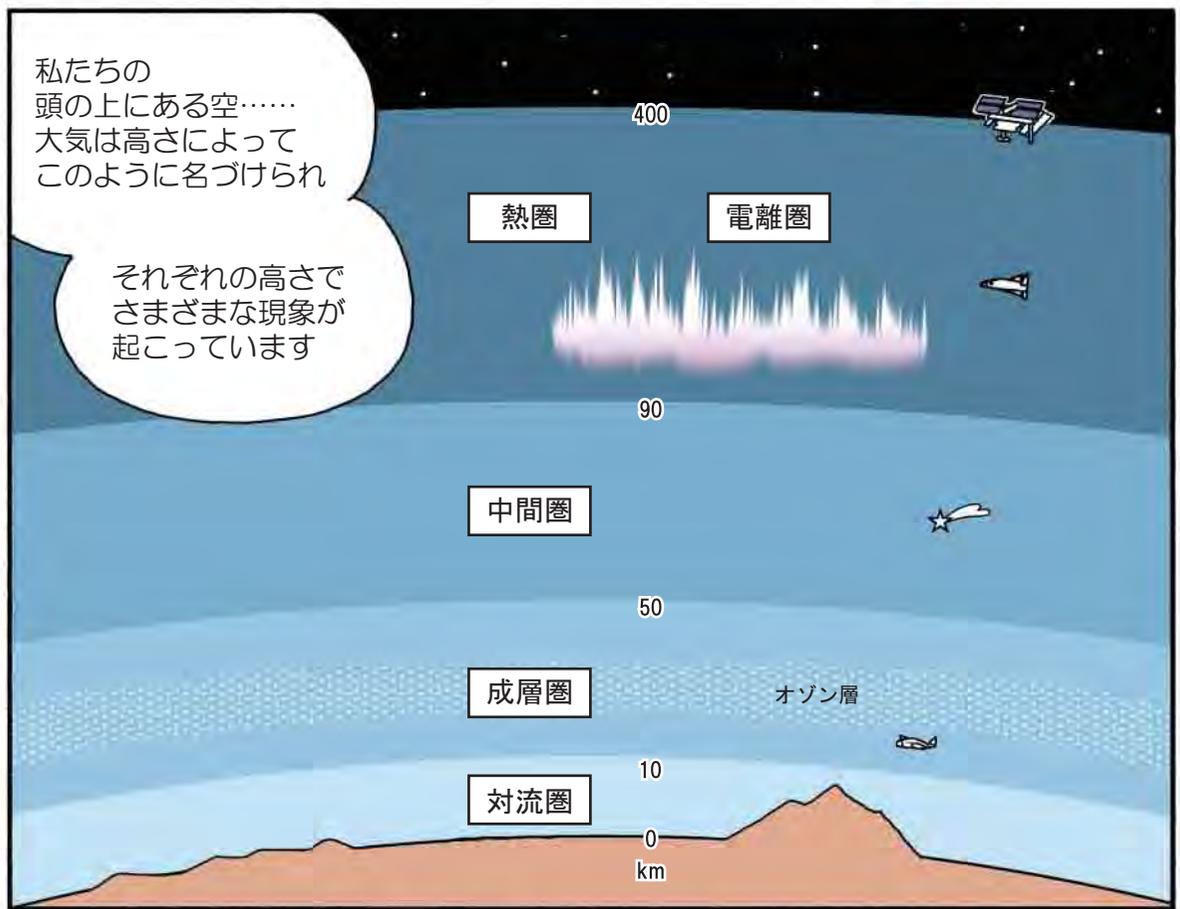
天気がいいから
サイコーだな！

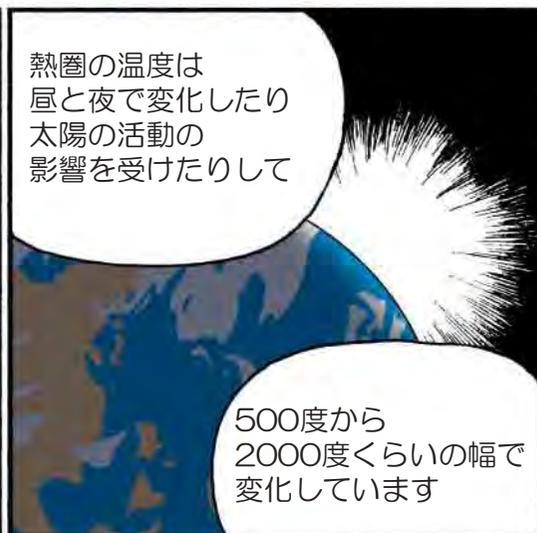
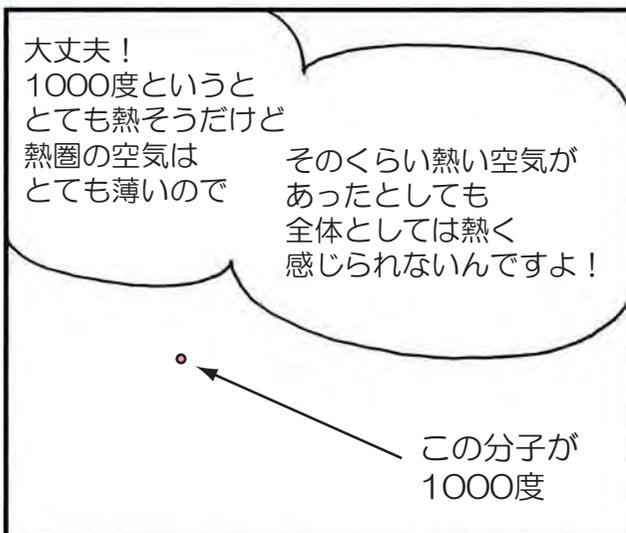
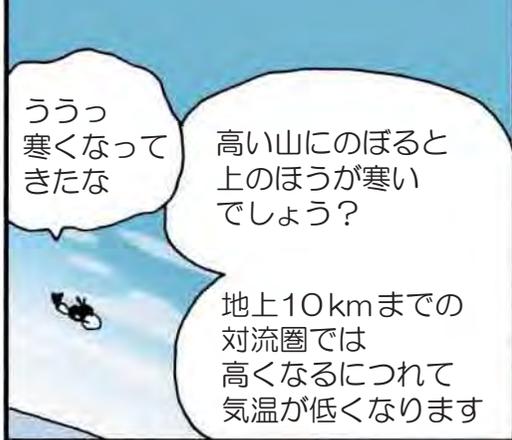
ねえミルボ
空のずっと上って
どうなっているん
だろうね？

空のてっぺん
かあー

雲よりずっと
高くて

宇宙には
たどりつかない
くらいの
境目あたりの
ことだろ？





風の速さも
高いところに行くほど
速くなります

中間圏では
1秒間に
数十m

熱圏では1秒間に
100m以上
吹いているのですが…

ええ？
そんなにすごい風が
吹いているなんて
感じられないぜ！

これもさきほどの
温度の問題と
おなじように

空気の密度が
低いために
地上で吹いている
風のように
肌で感じるものが
できないんですよ

大気中では
高さによって
さまざまな風が
吹いています

そのひとつが
大気潮汐

超高層大気では
海とおなじように
大気にも満ち引きが
あるんですよ

これは
太陽の光が当たる
昼間側の大気が
あたためられて
膨張して

それが夜側に
吹き出すために
起こる風です

そのため
朝は風が
東から西に…



東

西

夕方は風が
西から東に
吹いています



東

西

ほかには
惑星波といって
地球をまるごと
包み込むスケールの
大きなうねりもあります

これは数日から
数十日という
周期の長い波です



春先に
三寒四温といって
暖かい日と寒い日が
3~4日周期で
移り変わるのは
実は惑星波の
影響なのです



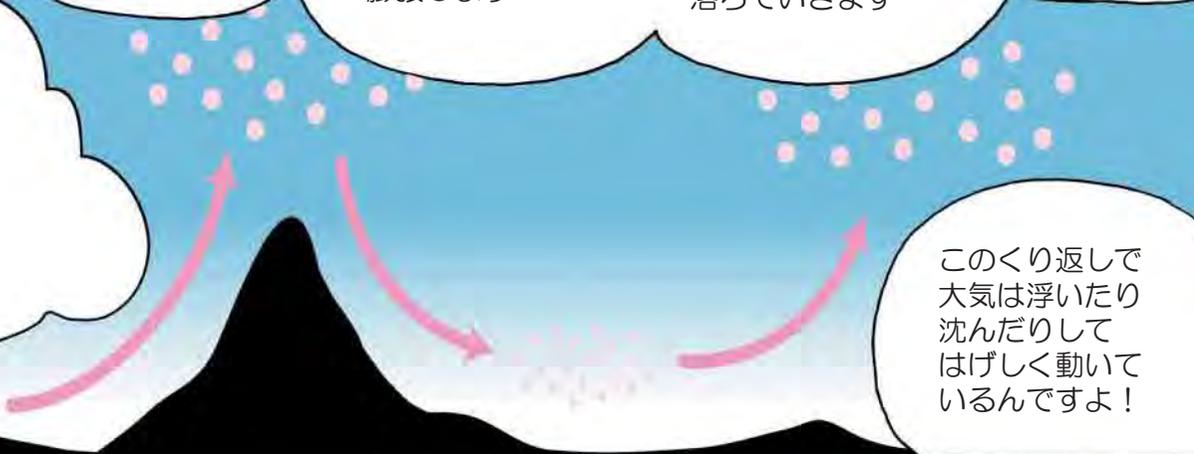
それから数時間以下の
短いスケールでおこる
大気の振動を
大気重力波
といいます

入道雲がのぼったり
山に風が吹き付けると
その上空の大気が
持ち上げられ……

持ち上げられた
大気は
高いところで
圧力が下がるので
膨張します

膨張した大気は
温度が下がって
重くなるため
こんどは
低いほうへ
落ちていきます

低いところでは
圧力が上がって
縮んだ大気は
温度が上がって
軽くなり
また上昇していく



このくり返りで
大気は浮いたり
沈んだりして
はげしく動いて
いるんですよ！

この波は中間圏の
いちばん上まで
伝わったあと
壊れて熱や力を
放出します

そのときに出る力は
中間圏の大規模な
大気の流れを
変えてしまうほどの
影響力を持っています

よーし
もっと上の
電離圏に行くぞ！



電離圏では
太陽からの紫外線が
大気分子や原子の周囲を
まわる電子を
はじきとばしています

おおっ
ホントだ！

ミルボ
見えるの？



これを
電離といって

こうして分けられた
電子やイオンのことを
プラズマと
いうんですよ！

だから
電離圏って
いうんだな！

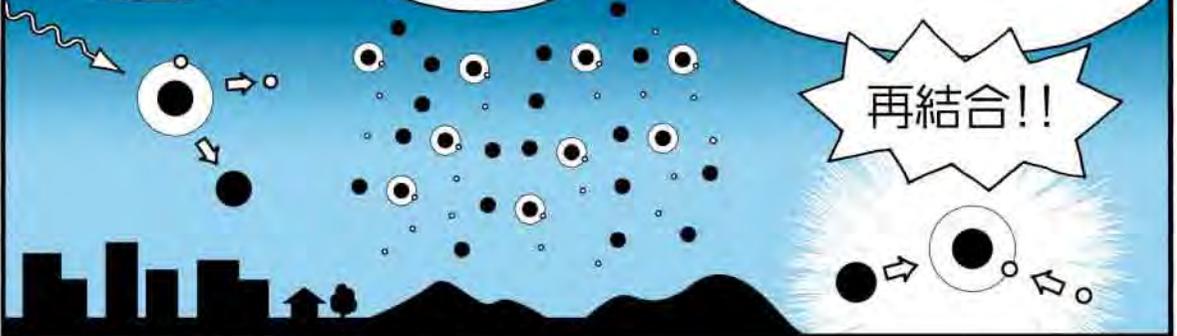


地上でも
電離が起こることが
ありますが

大気の密度が
高いので

分かれた電子とイオンが
ほかの電子やイオンと衝突して
大気分子や原子の形に
戻ります

再結合!!



高さ100 km を超える
電離圏では
大気の密度が
低いんです

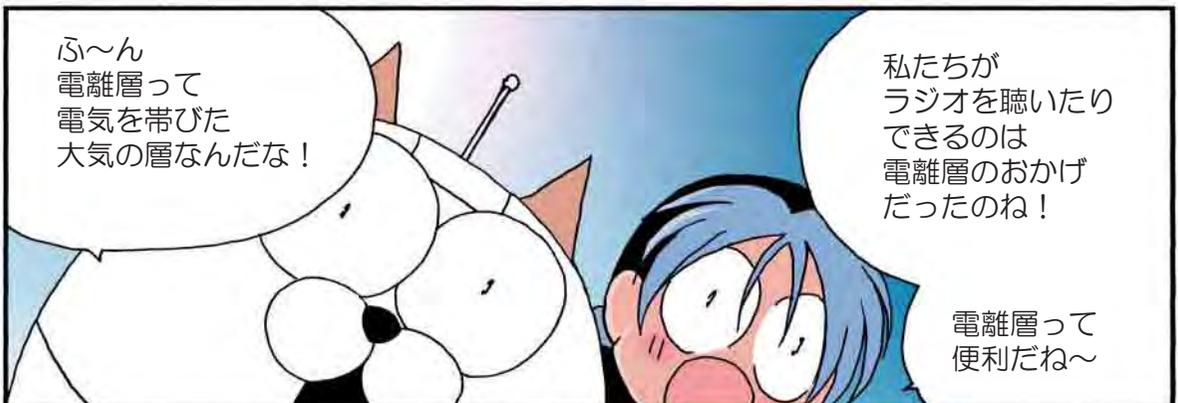
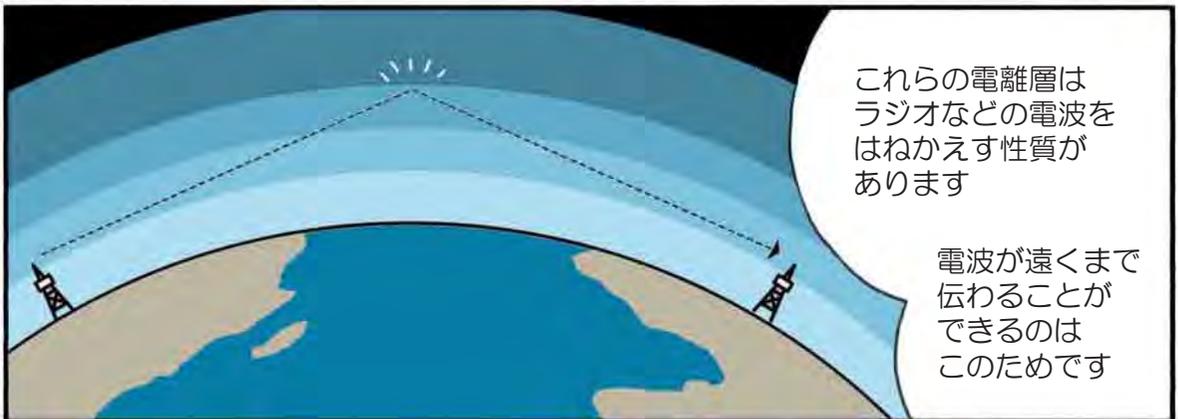
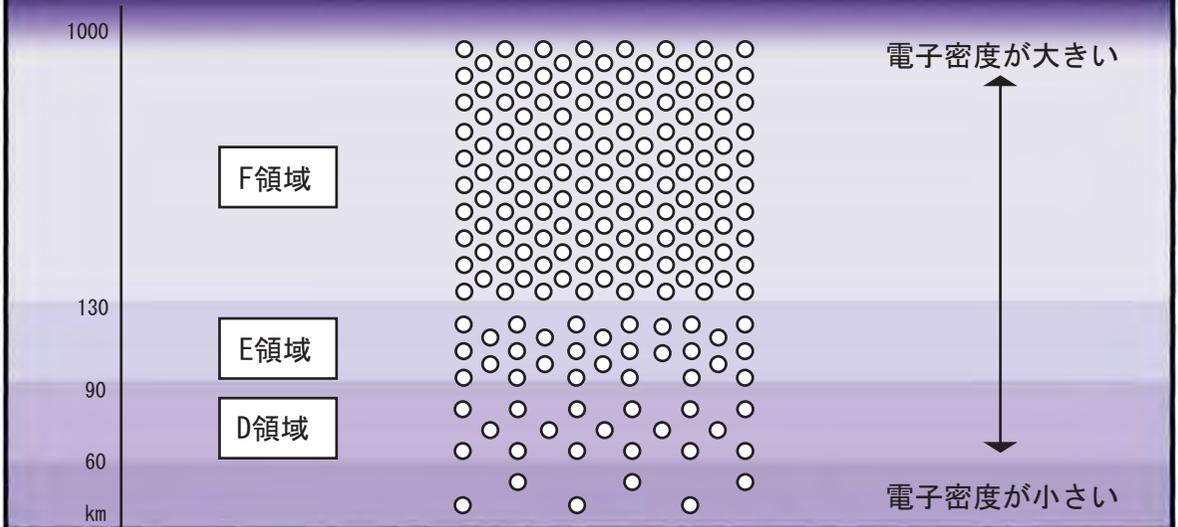
そのため
ほかの電子やイオンと
衝突しにくいので
電離した状態のまま
長い時間いられるん
ですよ

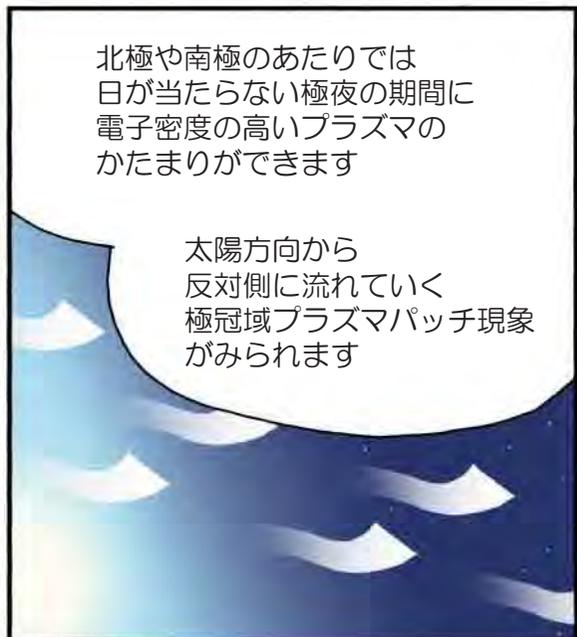


電離圏は
電子密度の違いによって
いくつかの層に
分かれています

電離層とも よばれています

高いところほど
電子密度が大きく
たくさん電流が
流れています





電離層は
私たちの暮らしにとって
とても大切なものですが
このように不安定なため

人工衛星からの電波が
届きにくくなったり
GPSの情報がずれたり
することがあります

電離層の便利な性質を
安定して利用できるように
研究が進められています

しかし
超高層大気を
調べるのは
ちょっとタイヘン
なんです

ええっ
どうして？

こうやって
ビューンと飛んで
大気の高いところまで
来ることができたら
いいんですけど

じつはこれが
とてもむずかしい
ことなんです

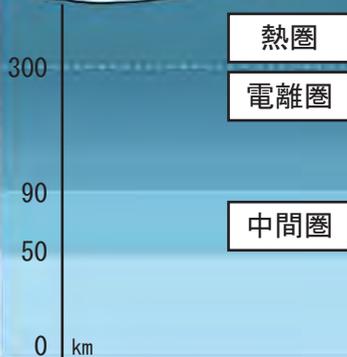


ん？
なんでだ？

人工衛星は
高度が低くなると
大気の摩擦で
落ちてしまうので
300 kmより
下では飛べません

いっぽう
無人気球や飛行機は
高いところまで
上がることが
できないので

その両方の
あいだにあたる
超高層大気の高さは
直接測定をするのが
とてもむずかしいのです



熱圏

電離圏

中間圏



人工衛星
300 km 以上

無人気球
50 km



飛行機
20 km



そこで
超高層大気のことを
調べるために
地上側と宇宙側から
いろいろな方法が
とられているんですよ！

人工衛星は広い範囲を
調べることができるが
動くスピードが速いため
ある場所の時間変化を
調べることができない。

観測用ロケットを
何回も打ち上げるのは
むずかしい。

電離圏が宇宙からの電波の
一部を吸収する性質を利用して
どの方向にオーロラが出て
いるかを調べることができる。

熱圏

電離圏

流れ星の軌跡から返ってくる
レーダーの電波を受信して
その高さの大気の流れ・温度を
測定できる。

中間圏

高感度のCCDカメラで
大気光と呼ばれる弱い光の
波長のずれを測定。

アンテナから出した電波の
はねかえりを利用して
電離圏の構造や
電子密度などを調べる。

大気に向けて打ち出し
戻ってきたレーザー光線から
散乱した大気分子・原子の
情報を得て大気密度や温度
風速を調べる。

そんなに
タイヘンなのに

超高層大気のことを
調べるのは
どうしてですか？

電離圏の説明を
したときも
言いましたが

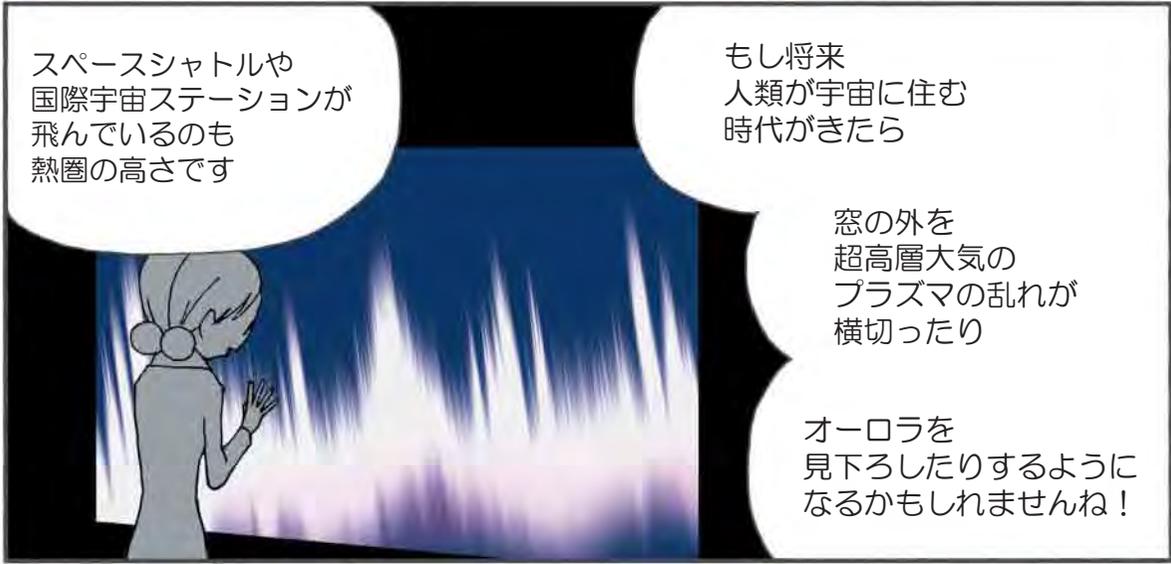
超高層大気は
私たちの暮らしに
欠かせないものです



地球の温暖化がすすむと
超高層大気では
逆に温度が大きく下がると
考えられています

温室効果ガスが
現在の量の2倍になると
中間圏では10度
熱圏では50度も
温度が高くなるという
計算もされています

これらを調べることで
温暖化の状況を
より早く知ることが
できるはずですよ



スペースシャトルや
国際宇宙ステーションが
飛んでいるのも
熱圏の高さです

もし将来
人類が宇宙に住む
時代がきたら

窓の外を
超高層大気の
プラズマの乱れが
横切ったり

オーロラを
見下ろしたりするよう
になるかもしれませんね！



未来の世界では
超高層大気のこと
がもっと身近に
なりそうだな！

研究が進むのが
楽しみだね～！

超高層大気ってなんだ!?



先生、こんにちは。超高層大気について教えてください。どうして「超高層」なんてむずかしい言葉がついたの？



もともと、高い高さの空気のことを「高層大気」と呼んでいたんだよ。それよりももっと高い高さの空気のことを呼ぶために、その上に「超」をつけて、「超高層大気」と言うんだ。



そうすると、それよりもっと高いところは「超超高層」になるのかな？ それとも「スーパー超高層」？



ははは。超高層大気よりも上は宇宙になってしまうので、大気がなくなるんだ。それで、「大気のてっぺん」とか、「宇宙と地球大気の境界」とか言うのさ。



「高層」とか「超高層」とか、高さで分けているのはなぜ？



良い質問だね。地球の大気の厚さはせいぜい数百キロメートルで、地球の半径に比べればとても薄い。まるで、地球には大気の「皮」が貼り付いているような感じなんだ。でも、そんな薄い皮の中でも、詳しく見ていくと、雲が激しくわき上がったり、逆にまったく静かだったり、高さによってそれぞれ特徴が違っている。だから、高さごとに分類するのが便利なんだよ。



ふーん、じゃあ、「超高層大気」ってところはどんな特徴があるんだ？



なんと言っても、大気の一部が電気を帯びていることだね。この電気を帯びた高さの層を「電離層」と呼ぶのだけど、この層は地上から発射した電波をはね返すから、電波を使ったレーダーで調べることができる。



でも、そもそも、そこの大気はどうして電気を帯びているの？



太陽からくる紫外線や宇宙から飛んでくるプラズマ粒子が大気にぶつかる、大気中の電子をはじき飛ばして、電気を帯びるようになる。超高層大気はとても薄いので、できた電子が他の大気とぶつかってもとに戻るのに時間がかかり、電気を帯びたままでいられるのさ。



その電気は肉を焼くのに使えるかい？



地球全体の超高層大気の電気を集められれば、ミルボ君が食べきれないほどの焼き肉が焼けるけど、それは無理だろうねえ。



どうして電離層を調べているの？



電気を帯びたこの電離層が乱れると、カーナビや衛星放送に使われている人工衛星 - 地上間の通信もうまくつながらなくなる。それで、どういったときにその乱れが起こるのか、調べる必要があるというわけさ。



ミルボは方向オンチだから、カーナビが使えなくなると困るんじゃない？



方向オンチじゃないぞ。オレ様はデリケートだから、調子が出ないことだってあるさ。



超高層大気はオゾン層と同じように太陽からの有害な紫外線を吸収してくれるし、オーロラが光っているところでもあるんだ。



オーロラって、北の寒いところでしか見られないんでしょう？



そう、南極や北極地方の寒いところでよく見られるね。でも、磁気嵐っていう宇宙の嵐が起きたときは、もっと緯度の低いところまでおりてくることもある。



日本でも見られるということか？



うーん、めったにないけど、高感度の機械を使って観測してみると、ここ10年間で20回以上も、日本でもオーロラが出ていることがわかってきたんだ。ただ、目で見えるくらい明るいものは、その中でも数回だけだね。運が良ければ、北の空に赤いオーロラが見えるかもしれないよ。



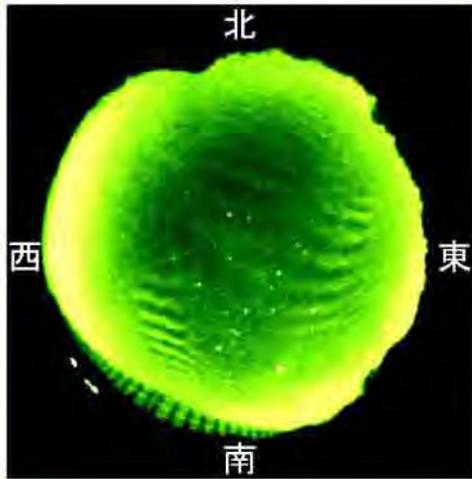
よし、今晚から寝ないで見てやるぞ。でも、もるちゃんは子供だから、夜更かしはダメだぞ。



するいよ、ミルボ！

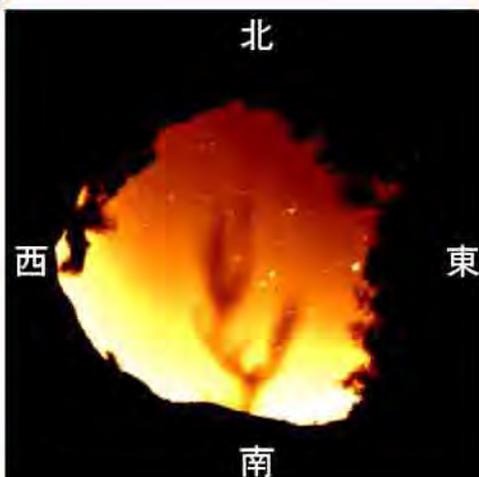
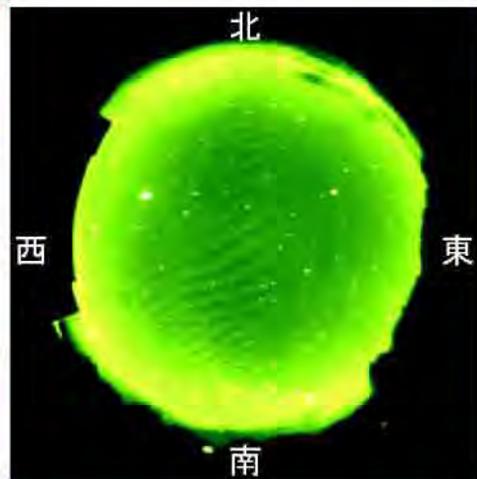
超高層大気のしまでもよう

超高層大気は、大気光と呼ばれる、目に見えないくらい弱い光を出しています。大気光は、冷却CCDカメラという高感度のカメラで撮影すれば、画像を得ることができます。この方法により、超高層大気では、大気重力波やプラズマバブルと呼ばれる、さまざまなしまでもようが見られるようになりました。この分野の科学は革新的に進んでいるのです。



波長スケール 20 - 30 km の大気重力波のしまでもようの例。滋賀県信楽町の京都大学信楽MU 観測所において 105 秒露出。発光物質は高さ 90 - 100 km (上部中間圏) の酸素原子、発光波長は 557.7 nm (緑色)。

波長スケール 20 - 30 km の大気重力波のしまでもようの例。インドネシア・スマトラ島コトタバンにおいて 105 秒露出。発光物質は高さ 90 - 100 km (上部中間圏) の酸素原子、発光波長は 557.7 nm (緑色)。



電離層のプラズマバブル (木の枝のような影) の例。鹿児島県にある名古屋大学太陽地球環境研究所・佐多観測点において 165 秒露出。発光物質は高さ 200 - 300 km (電離圏) の酸素原子、発光波長は 630.0 nm (赤色)。



名古屋大学太陽地球環境研究所

「太陽-地球システムの構造とダイナミックな変動過程の研究」を目的とする、この分野では唯一の全国共同利用研究所です。

4つの研究部門（大気圏環境、電磁気圏環境、太陽圏環境、総合解析）から成り、太陽と地球の関係をより深く知るために、国際共同研究を実施しています。プロジェクト研究の推進とデータ解析/供給の円滑化のため、シオスベース研究センターも設置。全国に配置する附属観測所では、電波・光学などの観測を展開中です。

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/>



Climate and Weather of the Sun-Earth System (CAWSES)

「太陽地球系の気候と天気 (CAWSES)」とは、国際組織「太陽地球系物理学科学委員会 (SCOSTEP)」によるプロジェクトで、宇宙環境に関する理解を深めるとともに、人類や社会に及ぼすその影響を解明することを目指しています。観測・モデリング・理論において世界中の科学者が国際的レベルの研究活動を行えるよう組織し、また若い世代に教育の機会を提供することが主目的です。本部はアメリカのボストン大学内に置かれて、図のような研究テーマを実施しています。

<http://www.bu.edu/cawses/>

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SCOSTEP/scostep.html>



りくべつ宇宙地球科学館 (愛称: 銀河の森天文台)

環境庁により「星空の街」、「星空にやさしい街10選」に選ばれた北海道陸別町。その自然豊かな環境の中に、平成10年7月、「りくべつ宇宙地球科学館」がオープンしました。日本最大級の115cm 反射望遠鏡を始め、30cm クラスの望遠鏡4基、4連太陽望遠鏡等が備えられています。この科学館内の総合観測室には、名古屋大学太陽地球環境研究所の「陸別観測所」と独立行政法人国立環境研究所の「陸別成層圏総合観測室」が併設されており、主に成層圏・対流圏大気やオーロラ・磁気嵐の観測研究が行われています。

<http://www.rikubetsu.jp/tenmon/index.html>



豊川市ジオスペース館

ジオスペース (太陽地球環境) をテーマに、産学官が共同でソフトを開発し、平成11年7月にオープンしました。全天周レーザー投影機を備えたプラネタリウムドームは、星とオーロラを同時に鑑賞できる、世界でも希な施設です。オーロラやオゾン層など、地球を取り巻くさまざまな現象を映像化する4面マルチビジョンもあります。さらに、パソコンを使って、地球から太陽までの広大な空間と地球との関わりについて、楽しく学ぶことができます。

<http://libweb.lib.city.toyokawa.aichi.jp/geo/>

著者 **はやのん** 1975年生まれ、琉球大学理学部物理学卒業。科学とゲームに深い造詣を持つ漫画家。ファミ通PS2 (エンターブレイン)、子供の科学 (誠文堂新光社)、NintendoDREAM (毎日コミュニケーションズ) など連載誌多数。オーロラ鑑賞したさで衝動的にカナダへ飛ぶ行動力と、科学に対するの愛情にあふれる作品には定評がある。 <http://www.hayanon.jp/>

子供の科学 (誠文堂新光社) 楽しく科学にふれる、小中学生のための月刊誌。1924年の創刊以来、「これから」を担う若い世代に科学の入口を提供。身近な現象から最先端の研究成果まで、自然科学のさまざまな事柄についてのやさしい解説のほか、手軽に科学のおもしろさを体感できる実験・工作の記事を満載。毎月10日発売。

<http://www.seibundo.net/>

制作：名古屋大学太陽地球環境研究所 / 協力：子供の科学編集部 / アドバイス：塩川和夫 / 編集：野田ゆかり

本冊子は、平成18年度名古屋大学地域貢献特別支援事業の一環として制作されました。

All rights reserved.