

の流れを利用して発電します。潮汐は、月や太陽の引力によって海水の水位が変化するのですが、満潮になったり干潮になったりするのには、地球が自転しているからです。つまり、潮汐発電のエネルギーは地球の回転エネルギーが大もとなのです。

温度差発電は、海面のあたたかい水を蒸気に変えて発電します。海面の水をあたためているのはやはり、太陽の放射熱です。

地熱発電は、マグマの熱で蒸気をつくり出して発電しているので、エネルギー源は地球内部の熱です。

風力発電は、風の力を利用して発電しているので、エネルギーの大もとはやはり太陽の放射熱です。

以上のようにエネルギーの大もとは、太陽の放射熱、地球の回転エネルギー、地球内部の熱の3つです。では、一番大きなエネルギーを、私たち

にふりそそぐ太陽の放射熱を直接利用できないものでしょうか。実は、太陽の熱を集めて水をあたため、その熱で暖房したり、冷房したりするソーラーハウスが一部で使われています。現在は、まだ建設費用が高く、石油や電気による冷暖房のほうが多いのですが、価格がもっと下がればもともと燃料費はいらないのですから、もっと普及するかもしれません。また、太陽の熱を集めて水蒸気を発生させて発電する、太陽熱発電の研究も行われています。他には、シリコンなどの半導体を使い、光が当たると電流が流れる太陽電池が、アポロなどの人工衛星の電源、無線中継や無人灯台の電源として用いられています。

石油の枯渇が心配されている現在、私たちの未来のエネルギーを求めてさまざまな研究がなされています。

〈くろだ ひさよし：物理担当〉

惑星の話

渡 辺 誠

このごろ、夕方の西の空にひとときわ明るく輝く星があります。他の星と違って、またたかないのが特徴ですが、これが木星で、太陽系最大の惑星です。太陽系にはこの木星を含めて9つの惑星があります。ここでは惑星をめぐる大きな発見と現在の惑星像を紹介しましょう。

木星をまわる星の発見

天文学の歴史の中で最も画期的な発見は地球が宇宙の中心にないということがわかったことです。よく知られていますように、この考えはコペルニクスによって強く主張されましたが、科学的な根拠をあえたのは、惑星をよく研究したケプラーやガリレオです。

ケプラーは火星が星座の中をどのように動いたかという資料をもとにして、これをうまく説明しようとした。火星などの惑星は星座の中を西から東へ動きます。しかし、時には東から西へ、複雑な動きをすることがあります。ケプラーは、火星や地球が太陽のまわりをまわっていると考えれば、この複雑な動きは全て説明できることを主張し、実際に火星の軌道を求めました。

一方、ガリレオは夜空の中に、太陽系の姿ともいえるものを見つけました。ガリレオはあるオランダ人が望遠鏡を作ったといううわさを耳にして1609年に自分でも望遠鏡を作りました。そして、その望遠鏡を木星に向け、木星の近くに寄りそのような星を発見しました(図1参照)。ガリレオは、最初、恒星だと信じていたのですが、一直線に明るい星が3つ並んでいる姿にかるい驚きを覚えた。彼の著書「星界の報告」に記しています。次の夜、再び木星に望遠鏡を向けた時、この3つの星の位置が変わっていることに気づき、ただならぬものを感じています。観測をつづけるうちに、4つの星が木星のまわりをまわっていて、しかも内側の星ほど速くまわっていることを確認しました。そして、この姿の中に、ガリレオは太陽のまわりをまわる水星や火星、地球の姿を想像したのでした。

その後、ニュートンが万有引力の法則を発見、その力により惑星は太陽のまわりをまわっていると説明し、この時点で、地球は宇宙の中心から完全に追い出されました。

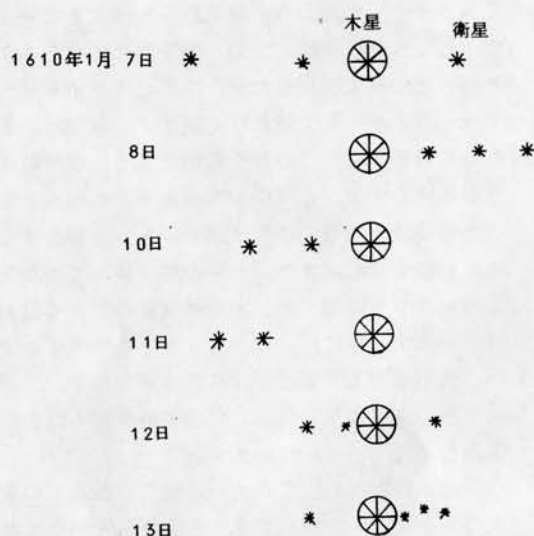


図1 木星とその衛星のスケッチ
ガリレオ「星界の報告」より

天王星の発見

太陽系をめぐる歴史の中で次に大きな発見は、天王星の発見でしょう。それまでは、夜空に見える惑星は、明るく目立つ5つの星しかないということは疑われたこともありませんでした。しかし、この発見により、惑星のイメージが大きく変えられるとともに太陽系がぐっと大きく広がられました。

天王星は1781年、イギリスのハーシェルにより発見されています。当時、ハーシェルは空全体に二重星がどのくらいあるかを調べるために、望遠鏡で夜空の星をくまなく調べていました。そして、その中に妙な星を見つけました。その星は、ひと目見たところ、ほとんど恒星と変わらないのですが、よくよく注意して見ると、恒星のような点像ではなく、大きさがあります。そして、何よりもちらちらとまたたかないのが妙と感じたのです。ハーシェルは注意深く観測し、この星が動いていることを確認し、恒星でないことを決定づけました。

ハーシェルは、最初、この星が彗星だと思っていたこともあったので、この発見が偶然であると言われることがあります。しかし、彗星の特徴であるボヤーとした姿もなく、動きも遅いこの星が普通の星でないことに気づいたこと、そして注意深く観測したことにより初めて天王星が発見されたのです。しかも、夜空の星を1つ1つ調べると

いう気の遠くなる仕事の最中のでき事でした。

天王星の明るさは6等星で、暗い空では肉眼でも見ることができます。小型の望遠鏡でも倍率を高くすると、恒星のような点像ではなく、円く見えます。しかし、富山市天文台の40cm反射望遠鏡でも表面の模様までは見えません。

海王星の発見

今までの発見は、注意深い観察により発見されたものですが、計算でどの位置にあるかを予想し、そこを捜すことにより発見されたのが海王星です。

天王星が見つかったから60年たったころ、天王星が計算通りに動いていないことが指摘されるようになりました。これは天王星の外に未知の惑星があり、天王星の軌道を乱しているのではないかと考えられました。このように、天王星に太陽と未知の惑星からの影響を考える問題は、三体問題と呼ばれる非常に難しい問題です。1846年、フランスのルベリエはこの問題を解き、ベルリン天文台のガレあてに次のような位置に新惑星があるから捜してほしいという手紙を出しました。そこで、ガレは夜を待ち、30分もたたないうちに新惑星を発見しました。この意味で、海王星の発見は計算の勝利と言われています。

めい王星も同じようにして発見されたのですが明るさが暗かったうえに、計算が難しかったために相当の努力がはられました。

最近の惑星像

1960年代に入り、宇宙探査船が火星、金星、水星、木星に飛ぶようになり、真近にみた惑星の姿を見ることができるようになりました。これらは地球上の観測では得られない数多くの情報を送ってきましたので、惑星像は大きくぬりかえられようとしています。

惑星は大きく分けて2つのタイプに分けられます。太陽に近い水星、金星、地球、火星は大きさも小さく、比重は4~5と重く、表面に固い層があるなど共通点が多いので、地球型惑星と呼ばれています。一方、木星、土星、天王星、海王星は大型の惑星で、比重は1内外、水素が非常に多いという共通点があるので、木星型惑星と呼ばれています。

地球型惑星

月がクレーターでおおわれているのを発見したのはガリレオです。それ以来、クレーターがあるのは月だけだと信じられていたのですが、1965年火星に近づいたマリナー4号は、火星に大小無数のクレーターがあることを発見しました。その後、地球からのレーダー観測により金星にも発見され、そして、1974年、水星に近づいたマリナー10号は月とそっくりな水星の姿を送ってきました（図2参照）。すなわち、地球型惑星の表面にはクレーターがあるということが最近発見された大きな特徴で、太陽系が生まれたころの様子を物語っていると思われます。なお、水星のクレーターには日本人の名前がつけられています。清少納言紫式部といった人たちで、かの宮廷の才女も水星のクレーターに名を残すとは夢にも思わなかったことでしょう。

また、昔からよく知られていることに地球型惑星には衛星が少ないことがあげられます。水星や金星にはありませんし、火星には直径10Kmと20Kmの小さい衛星が2つあります。地球はもちろん1つですが、直径3000Kmと非常に大きいのが特徴です。これは月はどのようにして生まれたかという謎を解くためにさけられない難問となることでしょう。

今までは似ている点を書きましたが、ここで違った点についてもお話ししましょう。金星は地球と大きさも比重も同じくらいで、双子の惑星といってもいいのですが、表面の様子はずいぶん違います。金星の表面は、二酸化炭素におおわれ、気温500度、気圧は地球の90倍もある恐ろしい世界です。では、なぜこのように違ったのでしょうか。今日では、次のように考えられています。金星は太陽に近いので、表面温度が100度をこえ、水がすべて水蒸気になってしまいました。水蒸気をふくんだ大気は保温の役目をし、さらに温度を高めます。そして、その高温のために岩石に含まれていた二酸化炭素が大気中に追い出され、金星のおもな大気となりました。さらに二酸化炭素も保温の役目をするため、水星の表面温度430度もしのく惑星の中で最も高温の世界になったわけです。太陽からの距離というわずかな違いが、このような別世界を作ったのです。

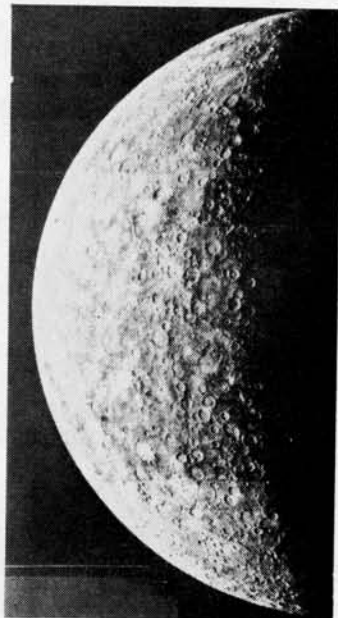


図2 水星

木星型惑星

1973年、パイオニア10号は初めて木星に近づき、木星が何からできているかを調べました。その結果は、以前から予想されたものとはいえ、やはり驚くべきものでした。図4からわかりますように、木星は表面から中心部近くまで、ほとんど水素でできています。すなわち、木星は水素のかたまりなのです。

水素のかたまり、といえば太陽がそれに当たります。太陽は直径が地球の109倍、質量は33万倍もあります。太陽が光っているのは、太陽の中心で常に水爆が爆発しているからです。詳しく言いますと、水素と水素がぶつかり、ヘリウムが作られる時にエネルギーを放出します（核融合反応）。それが太陽の表面に届くころは光のエネルギーとなって、四方八方に放出されるために、光ってみえるわけです。太陽の中心部の温度は1500万度で、そのような高温で初めてこの反応が起こります。

一方、木星は直径が地球の11倍、質量は300倍、中心部の温度は3万度で、核融合反応は起こりません。そのため、太陽のように光ることはできないのですが、もし、木星がもっともっと大きくてせめて太陽の10分の1ぐらいの質量があれば

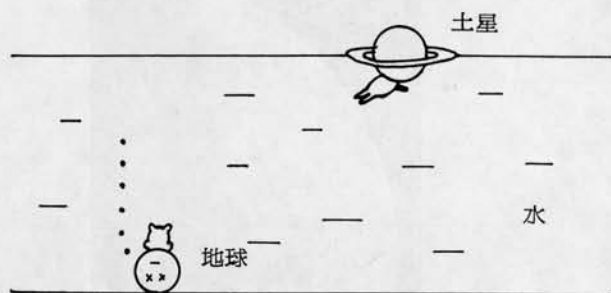


図3 木星型惑星は比重が軽く
地球型惑星は比重が重い。

ば、星として光り出していただろうと言われてい
ます。その時は、私達は2つの太陽の世界にいた
ことでしょう。このように、木星は太陽になりそ
となった星です。その他の、土星、天王星、海王
星もかなりの部分が水素からできていると言われ
ています。

また、木星型惑星は衛星をたくさんひきつれて
います。木星は13個、土星は10個、天王星は
5個、海王星は2個で、その中でも有名なのは、
ガリレオの発見した木星の4つの衛星、ガリレオ
衛星です。おもしろいことに、この4つの衛星の
比重を調べてみると、内側の2つは3程度、外
側の2つは1~2というように外側へ行くほど小
さくなっています。これは、太陽から離れるにつ
れて惑星の比重が小さくなっているという事実と
非常によく似ています。また、最近、ガリレオ衛
星の中で最も木星に近いイオに火山活動が発見さ
れたことは大きな衝撃を与えています。イオは月
と同じくらいの大きさで、月に火山活動が見られ
ないことからわかりますように、この小さな衛星
イオに火山活動があることは予想されないことで
した。今後の解明を待ちたいものです。

もう一つ、最近発見された衝撃的な事実には天王
星、木星にも環があるということがあげられます。
環はずっと土星の専売特許だったのですが、1977
年に天王星に、今年は木星にも発見され、現在、
海王星にもあるのではないかと、地球から捜して
いるところです。

さて、環とはどのようなものなのでしょう。か。
土星の環は望遠鏡で見ると、平らな板のように見
えますが、現在では、直径1mくらいの岩や氷の

塊が集まったものだと考えられています。
これは環の回転速度を測定することによ
ってわかりました。環は土星のまわりを
回転しているのですが、もし、平らな板
のようなならば、レコードの回転と同じよ
うに外側へゆくほど速く回転することにな
ります。しかし、実際には外側ほどゆ
っくり回転しているので、環は細かい粒
からできていると結論されたのです。

では、環はどうしてできたのでしょうか。
か。これには2つの考えがあります。1
つは、かつて衛星であったものが惑星に
近づきすぎて、ばらばらにこわされたとい
う考えです。もう1つは、もともと惑星の近く
にいたために衛星としてまとまることができな
かったという考えです。ともに衛星と関係が深く、
衛星の多い木星型惑星にのみ環が発見されている
ことも納得できるわけです。

惑星は夜空の中で、比較的目立つ星です。星座
早見盤と夜空を見比べて、星座早見盤にない明
るい星があれば、またたくかまたたかないか確認し
てみて下さい。またたかなければ、恐らく惑星で
す。そして、もし、あなたが望遠鏡をもってい
れば、その星に向けてみて下さい。ガリレオと同じ
驚きを感じるかもしれませんね。

惑星は夜空の中で、比較的目立つ星です。星座
早見盤と夜空を見比べて、星座早見盤にない明
るい星があれば、またたくかまたたかないか確認し
てみて下さい。またたかなければ、恐らく惑星で
す。そして、もし、あなたが望遠鏡をもってい
れば、その星に向けてみて下さい。ガリレオと同じ
驚きを感じるかもしれませんね。

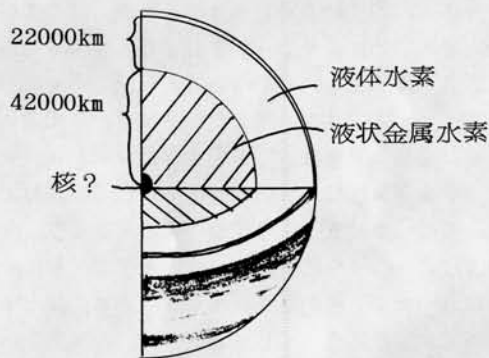


図4 木星の内部構造

<わたなべ まこと 天文担当>