

道民カレッジ主催講座
令和5年第1回インターネット講座

太陽系の起源に迫るはやぶさ2
～採取した砂の分析から～

資 料



北海道大学大学院理学研究院

教授 塚本尚義 氏

道民カレッジ事務局

探査の目的

小惑星はきっと 46 億年前の化石の天体なんだろう考えた。それは僕が初めて考えたわけではなく昔からの研究者の人の積み重ねで思っていた。

それと隕石っていうのはどんな関係にあるのかを不思議思って、それで小惑星に行こうということになった。

小惑星について

こちらの黒いそばん玉のような形をしているのがリュウグウですね。

この細長い、見方によってはラッコの形、こちらがイトカワ。大きさの比率は、こちらが 500m ですね。こちらが 1km。だから長さで言うと二倍違いますけど、体積でいうと丸っぼいのと大きさの違いとしては比較することができます。

小惑星には大きく 2 つのタイプがあります。

一番大きなグループは C 型小惑星というのでリュウグウのようなものなんですね。もう一つは S 型小惑星と言ってそれはイトカワなんです。はやぶさの 1 号の方が行ったのが S 型のイトカワ。2 号の方は一番大きなグループである C 型のリュウグウに行ったんです。

その 2 つは両方とも黒いちっちゃい天体ということ間違いありませんけれども、簡単な言葉で言うと顔つきが違いますよ。望遠鏡で見た時の。何かというとイトカワの方がリュウグウよりもちょっと白っぽいんですね。だから物質が多分違うだろう。どんな物質なのかは行って見ないとわからない。それでサンプルを回収するっていう 2 つのミッションが行われたわけです。

リュウグウの方は乾いた泥なんですね。泥というとベチャベチャしたものを想像されると思いますが、水はカラカラに乾いていて残ったリュウグウのサンプルは泥なんですね。泥が固まったもので、イトカワの方は石なんです。そういう違いがありました。だから中にある鉱物も違うんですね。でき方も全然違います。

はやぶさ 2 のリュウグウ探査

リュウグウはですね、地球のすぐそばまでやってくる軌道をもっているんですよ。はぐれた時には火星の軌道のあたりまで行きます。だから地球と火星との間を行ったり来たりしているような（中心には太陽があるわけなんですけれど）そういう軌道なんですね。

今はその軌道にあるわけなんですけれども、昔はですね、そこではなくて火星の外側・木星の内側のところに小惑星帯っていう小惑星の巣のような小惑星が集まっている軌道があるんですね。そこから地球のそばにやってくるような軌道に変化したと考えています。

変化させた大元の原因は何かっていうと木星の重力。木星に引き寄せられることによって軌道が変化してしまってそれで地球の側までやってきた軌道になっていると考えています。

その時の小惑星にいた時はこういうリュウグウのスタイルだったんですけども 46 億年前はですね、これが数十 km から数百 km の大きさの少し大きな天体だったと思われるわけなんです。大きな天体が衝突で壊れてその破片がまた引力で集まったのがこの 1km のリュウグウ。そういうふうな進化の過程をたどっています。

その間には物質は何も変わってなくて一番最初に集まった時の 46 億年前の物質をそのままここに残しているということですね。

到着するまでかかった時間

地球からここ（リュウグウ）に着くまでに今回は 3 年半かかりました。ゆっくりと近づいたのはどうしてかっていうと、速くはやぶさ 2 は飛ぶことができなかつたからなんですね。だから馬力が少ないのでスピードが出ないんですよ。

でも宇宙は真空ですから、馬力をかけていけば少しずつ少しずつ加速して早くなってくるんですね。だから 3 年半かけてようやくここにまでたどり着けるだけの速さになったということなんですね。

砂の採取方法

まずこの中に降りるためにはやぶさ 2 の機構だと数秒しか降りることができないんですよ。数秒以上いくとゴロンと転んでしまうので、数秒したら飛び上がって、転ばないようにしないといけない。だからタッチダウンっていう降り方しかなかつたんですね。

タッチダウンするためにはどうするかというと、デコボコしていますから、なるべく平らな所を探すために 1 年半ですね、はやぶさ 2 はこのリュウグウとランデブーして太陽の周りを回っていたんですけども、その間に探す場所（降りる場所）も見つけて、例えば「ここ」っていう風に決めて、このどこに降りるかをプログラムできちんと地球から命令してそれでそのプログラムに従って自分で判断して降りるということをした。一種の AI ですね。

その 1 秒から 2 秒の間に採取しないといけないので、もたもたしてられない。だから、降りた瞬間にこちらの方からライフル銃のような弾丸を発射したんですね。そうすると表面に当たるとライフル銃がその表面の石を蹴散らします。その蹴散らして舞い上がった石を集めて採取した。

地球に帰還するまでの時間

地球に帰るのがですね高速に帰ることができた。エンジンを切っても太陽に引っ張られていきますから。行くときは坂道ですけども（登りますけど）、帰る時は坂道下りますから

スピード出ます。1年間かけて地球までやってきます。地球の軌道にやってきて地球の軌道をかすめてはやぶさ2自身はもっと遠くに走り去っていきました。

一番（地球に）近づいた時に、サンプル入りのカプセルだけを地球に投げ入れたんです。それがオーストラリアのウーエラ砂漠に落ちたんですね。

採取した砂について

このリュウグウは、最も僕らが大切にしている隕石の一種と同じだってことが分かりました。その種類って何かって言うと隕石の中に一種類だけ太陽のガスがですね、太陽はほとんど水素でできていますけれども、太陽が今は6000℃と高いので全部の物資がガスになっています。それがどんどん冷えていきますとそれが石になってくるんですね。最後に残るのが水素なんですね。その水素を除いたものと、太陽が冷たくなって石になったものと同じ成分だってことがわかったんですね。

そういう隕石っていうのは、6万個ぐらい持っている隕石のうちの5つしかないので、その5つのそういう僕らが隕石を採取する確率から、ほとんどできないようなところに行くことができたっていうのがまずびっくりしたことです。

その5つはあと分かったことはすごく地球の表面の大気に汚染されているって事がわかったんです。リュウグウと比べてみて、ちょっと違ってました。だから新しく太陽系の組成についてわかった。僕らが信じていたことを定説してくれる試料になったということが一番びっくりしたことです。

この中には水分があって昔はこのリュウグウは地下には温泉がいっぱい湧いていたみたいなんです。地下にあったかい水がここの中を流れていた。その時の温泉が40度ぐらい。石の中の同位体っていうものを調べてわかった。

北海道大学創成科学研究棟実験室

これが同位体顕微鏡です。同位体が見える。普通の顕微鏡は「姿」「形」が見える、その代わりに同位体が見える不思議な顕微鏡です。これを使ってリュウグウの試料を分析して、そのリュウグウが何度でできたか、そのリュウグウの試料が太陽系ができて何万年後にできたのかがわかりました。

リュウグウの成分からわかったこと

ここにある鉱物は太陽系ができて約500万年後にできた鉱物でできているっていうことがわかりました。だからその温泉は500万年後の太陽系ができて500万年後の温泉だったんですね。

温泉の中でアミノ酸が作られたかもしれないです。今は温泉水が枯れてしまっていますが今リュウグウのサンプルを分析するとアミノ酸がたくさん見つっています。だから宇宙には生命まだ見つかってないですけども、材料はもう見つっている。もう見つかったことはもう明らかですので、それをもとに生命が発生できるような場所にそのアミノ酸がもたらされれば生命へと進化していく可能性が十分あります。

普段の研究の様子（小長谷智哉博士研究員）

こちらは分析試料の表面を研磨するために使っている機械で、現在細かいダイヤモンドの研磨工を飛ばしながらぐるぐる研磨させて表面を平滑にしている。リュウグウの試料もこの装置を使い表面を平たくし同位体顕微鏡で分析をおこなった。

専門としては隕石の希ガス分析をしている。現在はこちらの同位体顕微鏡を使って探査機はやぶさが持ち帰った小惑星イトカワの粒子を分析している。

今の太陽風ではなく、昔の太陽風がイトカワの粒子の表面からどのくらい深くまでうちこまれているか調べている。今の太陽風のエネルギーとどのように違うのかといったことを調べている。

昔の太陽がどのようなものであったかわかると太陽の影響を受けている地球の生命や惑星の大気などがどのような影響を受けてきたのか過去の情報がわかることにつながる。

研究の課題

太陽系ができて 500 万年後のことはわかってきたんです。天体ができてこういうものが集まって地球のような惑星と成長してきたことが分かっているんですね。これよりもこの天体ができる前の事っていうのはまだよくわかってないんですよ。本当の太陽系ができたときのことは全然よくわかっていなくて、その時に何が起こったのかっていうことは興味ありますね。

ある種の隕石の中にはそれかもしれないなっていうものが見つっています。ただ、それがどういう小惑星からやってきたのかよくわからないので、リュウグウじゃないイトカワでもない別の小惑星がありそうなんです。ひょっとしたらそれは彗星なのかもしれないですね。

隕石が一番地球から近いところにはあるんですけども冥王星よりも遠くには彗星の巣があったり小惑星もいっぱいあると想像される。そこらの全体の探査っていうのが将来必要になってくると思いますね。

今は難しいですね技術的にも難しいし資金的にも難しいですね。でもね 50 年前にこういうことできるかと言われると誰も宇宙に行けると思ってなかったし。だから今の形で科学が進化していくとできないってことはなさそうにも思うし、思いたいですね。