

はやぶさ回収微粒子はどうしてイトカワ由来と分かったか？

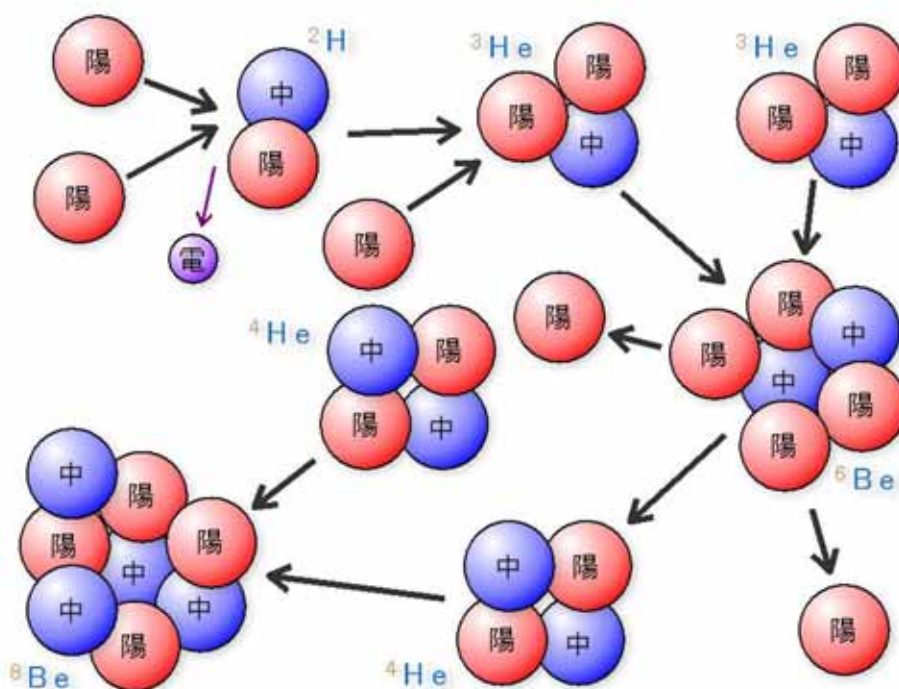
山本 順司

はやぶさ帰還カプセルの開封を固唾を呑んで見守っておられた方も多いであろう。カプセルを振っても音がしないという情報を耳にして多くの科学者は落胆したが、それでも千数百個の外来微粒子が回収されたのは人類史上特筆すべき事件であったと思う。ただし、計画されていた多くの分析は破壊分析（試料を分解して測定する手法）であったため、ほとんどの分析が見送られたのは残念である。それでも月以外の天体から試料を持ち帰ったという偉業は称賛に値する。特に、惑星の材料と言える小惑星の実体を直接捉えることができた意義は大きい。だからこそ私はある点に少し懸念を抱いている。皆さんは回収微粒子がイトカワ由来であると本当に納得されているだろうか？回収微粒子がイトカワ由来であると判断された根拠について自分なりに進めた考察をここで披露してみたい。

なぜ小惑星イトカワにカンラン石と輝石があったのか？

カンラン石と輝石を化学式で記すと、それぞれ $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ と $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ となる。括弧内は Mg と Fe がいろんな割合で含まれているという意味である。これらの化学式に出てくる元素はとても単純で Mg と Fe, Si, O のわずか 4 種類しかないことが分かる。なぜ 4 種類しかないのだろうか。イトカワが太陽系形成時の残りカス（失礼！）であるならば、これらの 4 元素の組み合わせも太陽系の形成過程を反映しているに違いない。

下図は太陽の中で起こっている核融合を模式的に表したものであり、 ${}^8\text{Be}$ （質量数 8 のベリリウム）までの形成過程を示している。 ${}^8\text{Be}$ は不安定なのですぐに分解するが、その分解までに ${}^4\text{He}$ が融合すると ${}^{12}\text{C}$ になり、さらに ${}^4\text{He}$ が融合して ${}^{16}\text{O}$ となる。このように質

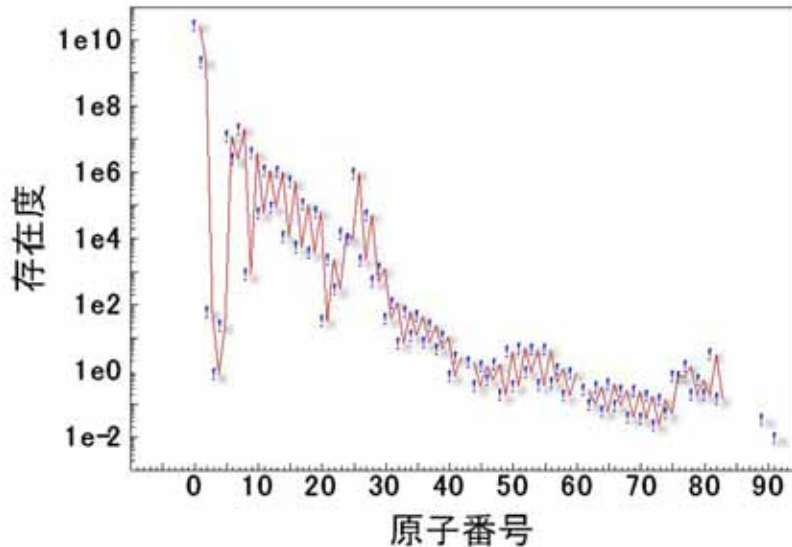


量数が 4 つずつ増える過程は ${}^{56}\text{Fe}$ まで続く。鉄よりも重い（質量数が大きい）元素は太陽内では形成されない。なぜなら鉄は安定な原子核を持つが、それより重い元素は不安定であるため、核分裂反

応で崩壊してしまうからである。ちなみに鉄より重い元素は超新星爆発時に形成される。さて、イトカワに4つの元素が残った理由について話を深めよう。下図は隕石の元素組成を調べたもので

ある。原子番号（質量数の大体半分）が一つ飛ばしにジグザグしているのは、上述したように太陽内で質量数が4つ（原子番号だと2つ）ずつ増えていく核融合が起きていることと調和的である。ところでカンラン石

元素の太陽系存在度

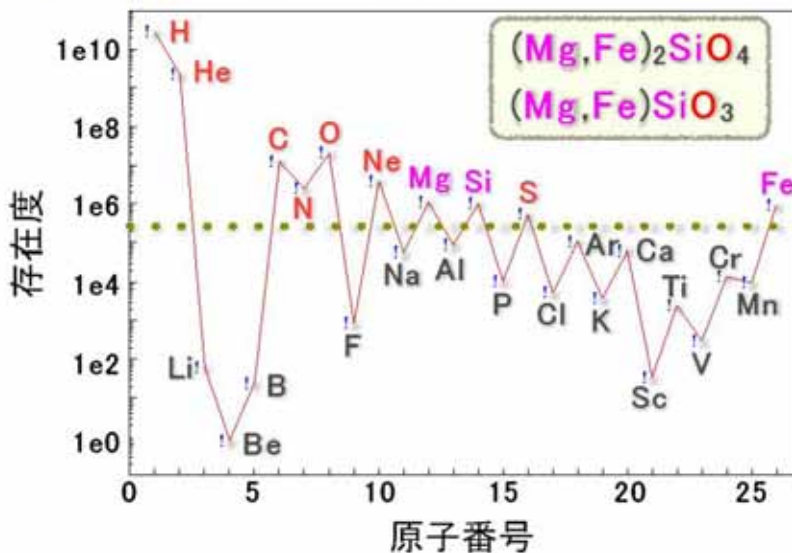


と輝石を構成する4つの元素はどこにあるのだろうか。

下図は鉄（原子番号26）までの元素を拡大したものである。点線は上位10元素を際立たせるための補助線である。青色の元素は揮発性が高いため、条件次第では気体になる元素である。つまり、小さな天体（小惑星など）では保持するのが難しい元素群である。一方、

ピンク色の元素は揮発性が低い元素群である。もうお気づきであろうが、カンラン石や輝石を構成する4元素のうち3元素はそのピンク色の

元素の太陽系存在度



元素達であり、それらが酸化した化合物がカンラン石や輝石なのである。つまり、イトカワが太陽系形成時の名残であるならば、イトカワで見つかる鉱物はカンラン石や輝石であって当然ということになる。

地球とイトカワの Fe / Mg 比が異なるのはどうして？

回収微粒子がイトカワ由来であると結論づけるために採用された指標は、回収されたカンラン石や輝石の Fe / Mg 比であった。端的に言うとイトカワの Fe / Mg 比は地球よりも高いということであった。この指標を鑑別の根拠にした理由について解説してみたい。と仰々しく言ってもその理由は非常に簡単で、地球の鉄の多くは核に落ちこちているということである。地球はイトカワのような小惑星や微惑星が集積して形成された。だから地球形成時の Fe / Mg 比はイトカワに似たような値であったと想像される。しかし、その後に発生したマグマの海の中で、重い鉄は寄り集まって地球の中心へと沈んでいった。地表付近のカンラン石や輝石の Fe / Mg 比がイトカワの値より低い原因はこのように解釈できる。ただし、地表のカンラン石にもイトカワ微粒子と似た Fe / Mg 比を見せるものも存在する。個人的な感想としては、Fe / Mg 比だけであの微粒子がイトカワ由来であると断言するのは不可能であると思う。しかし、カプセルを作った場所や落下した場所などの制約や状況証拠を積み上げていけば、「回収微粒子はイトカワ由来と考えるのが妥当」という結論に至るのをおかしくないようにも思える。何れにせよ、着々と進みつつある化学分析によって、地球ではあり得ないデータが見いだされ、はやぶさ 2 プロジェクトに灯がともることを望む。