



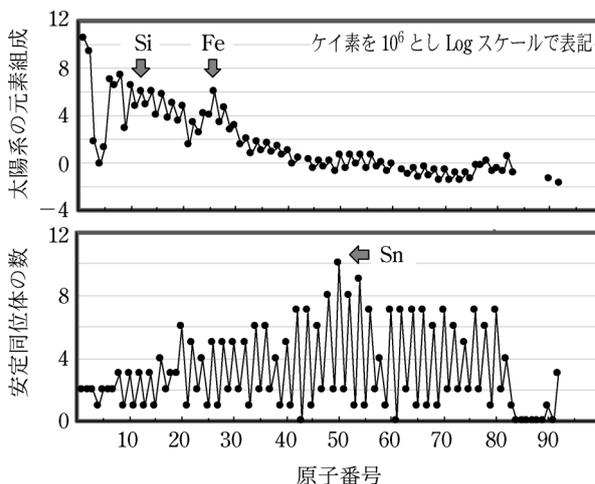
元素がおもしろい

アジレント・テクノロジー・インターナショナルの久保田哲央さんよりバトンを受け取り、今月号のエッセイを執筆させていただきます。千葉大学大学院薬学研究院の田中佑樹と申します。私は2018年度より、同大学にて小椋康光先生と一緒に仕事をしております。私は、学部4年から博士課程までは東京大学の平田岳史先生の研究室（私の在籍時は東工大、京大）で学びました。ご存知の方も多いかと思いますが、平田研究室は地球化学をメインに研究を行っている研究室です。地球惑星科学科で学んできた私が、昨年、薬学部の大学院講義をさせて頂く機会がありました。「研究の話を自由に」という小椋先生からのお達しでしたので、物質の最小単位であり、分野を越えたサイエンスの共通言語とも言える“元素”という視点に立って、地球や生物の進化について講義させていただきました。その準備の過程で、ハッとする学びがありましたので、今回はその話を書かせて頂きます。ちょっぴりお堅いエッセイになりますが、ご容赦ください。

我々が初めて元素に触れるのは、高校化学の教科書の表紙裏に載っている元素周期表です。周期表はロシアの化学者であるメンデレーエフが、性質が似た元素の関係性を分かりやすいように一覧として纏めたことが始まりで、現在の周期表では縦に並んだ元素同士は外殻の電子構造の類似性から物理化学的な性質も似た元素が配置されています。2016年に正式に命名されたニホニウムなど、粒子加速器を使った人工的な元素合成によって、未知の重元素が日々探索をされています。特に原子核が安定であると予測される、陽子数108~128、中性子数184のいわゆるマジックナンバーを持つ元素（安定の島）の存在に注目が集まっています。

我々の世界（太陽系）はこれら周期表上の元素で構成されています。しかし、図（上段）に示すように実際にはH, Heが圧倒的な割合を占め、最も安定な原子核を持つと言われるFeにおいては存在量の増加が見られますが、基本的には重元素になるにつれて存在量は減少していきます。この図の興味深い点は、大局的な変動の中で、存在量が多い、少ないという細かなアップダウンを繰り返しているところです。つまり、奇数の原子番号の元素は両隣りの偶数の原子番号の元素よりも存在量が少なくなっているのです。これは、陽子数が偶数個の元素は原子核のエネルギーが低く、安定して長い時間存在できるということに起因しています（オドハーキンスの法則）。

さて、我々が質量分析計を用いて元素を検出する際には、元素ごとに特定の同位体の信号を測定します。この時、元素にどのような同位体が存在し、それが安定同位体なのか、放射性同位体なのか、存在比はどのくらいかと言うことを一目で確認できるのが、核図表（Nuclear chart）と呼ばれる“同位体版の周期表”です。横軸に中性子数、縦軸に陽子数をプロットしたこの核図表を眺めると、非常に興味深い事実が気が付きます。Feは質量数54, 56, 57, 58と四つの安定同位体が存在しますが、一方、Mnの安定同位体は質量数55の同位体し



(上：太陽系元素存在度，下：安定同位体の数)

図 元素に見られる二つのギザギザパターン

か存在せず、測定対象として他に選択の余地はありません。このような単核種元素にはFをはじめ、Na, Al, P, Sc, Mn, Co, Asなどが挙げられます。なぜ、これらの元素は、安定同位体が複数存在しないのでしょうか？勘の良い方はすでに、ある法則にお気づきのことでしょうか。単核種元素は奇数原子番号の元素ばかりなのです。安定同位体の数が二つの元素もCl, V, Cu, Ga, Brなど奇数原子番号のものに集中しています。逆に偶数原子番号の元素は10個の安定同位体を持つSnを筆頭に、軒並み安定同位体の数は豊富です。それを図にすると、太陽系の元素存在量ととてもよく似たギザギザのパターンになることが分かります。安定同位体の研究に携わっておきながら、こんなにも面白い事実を見逃していたのかと、私にとっては目から鱗の出来事でした。

面白いと言いましたが、実は、これは至って当たり前の現象です。原子核が不安定な奇数原子番号の元素の同位体は、主にβ壊変と呼ばれる放射性壊変によって両隣りどちらかの、偶数原子番号の元素へと姿を変えやすいのです。偶数番号の元素には、様々な質量数の不安定核種が放射壊変した結果生じる異なる質量数の安定同位体が存在することで、必然的にそのバリエーションが多くなっていると考えられます。

太陽系の元素組成のグラフを見ていると、山あり谷あり。正に我々の人生を表しているようです。26 (Fe)を過ぎると下り坂ですが、そこから粘り強く、まだ見ぬ新たな自分（＝安定の島）に向かって進んでいくんだと、そんなメッセージを感じませんか？さて、エッセイのバトンはTDK株式会社の石田未来さんにお渡ししたいと思います。平田研究室の後輩がお世話になっており、私自身ICP-MSによる単一細胞の分析でいろいろとノウハウを御指南頂いております。

〔千葉大学大学院薬学研究院 田中佑樹〕