

元素を知る事典

先端材料への入門

われわれのまわりは、実に多種多様の材料であふれかえっている。身の回りを見渡すと、机、椅子などの家具、コーヒーを飲んでいるカップ、ノート、鉛筆、コンピュータなどがあり、これらは、紙や木やプラスチック、金属などのいろいろな素材からできている。材料の種類を列挙したらきりがないであろう。われわれが手にすることのできる素材は 50000 種類にも及ぶと言われている。

ところが、驚くことに、これら数多くの材料は、たかだか 50 種類程度の元素からなっている。全宇宙を眺めても、そこに存在する元素の数は 100 程度である。宇宙は無限と騒いでいても、その構成元素はたったの 100 種類しかないのである。

例えば、水を細かく分解していくと、水の分子(H_2O)につきあたる。しかし、この水の分子もさらに分解すれば、水素原子(H)と酸素原子(O)という元素から構成されていることが分かる。アルコールという物質も、元素の組み合わせだけで見れば、水の構成元素である H と O に炭素原子(C)が加わっただけである。

もっと驚くことは、この 100 種類の元素も、もとをたどれば、陽子、中性子、電子のたった 3 種類の基本粒子から構成されているという事実である。つまり、これら 3 種類の粒子の組み合わせの違いで、これだけ多種多様な物質が構成されているのである。すべての物質が 3 個の基本粒子からできているという事実は何とも神秘的である。

ところで、物質を構成する基本要素である元素は、これら基本粒子が数を増やす過程で種類が増えていく。そして、その電子配置によって異なった化学的性質を形成される。驚くべきは、その数が 1 個違っただけで元素の性質が大きく変化するという点である。例えば他の元素と反応しないため不活性元素と呼ばれているネオン(Ne)に、たった 1 個の電子が付与されただけで、ナトリウム(Na)という非常に活性な金属ができる。この劇的変化も不思議というしかない。

ところで、元素を重量の小さな方から順に並べていくと、ある周期にしたがって化学的性質のよく似た元素が現れる。この事実に最初に気づいたのはロシアの科学者のメンデレーエフ(D. I. Mendeleev)であった。彼が、1869年に**周期表**(periodic table)の考えを最初に提唱したときには、嘲笑も含めて多くの反対論があったという。常に先駆的な開拓者が出会う抵抗である。

メンデレーエフの卓見は、単に元素を並べただけでなく、当時存在していなかった元素の存在を予言したという事実であろう。その後、彼の予言はつぎつぎと現実のものとなる。いまだに周期表にしたがって、現存しない元素を人工的に合成しようという試みは続いている。

実は、周期表は先端研究分野の研究者にとっては、格好のアイデア収集の場となっている。少し話は古くなるが、1986年に始まった高温超伝導フィーバーは、まさに周期表が大活躍した時代であった。ベドノルツとミュラーのふたりが、La-Ba-Cu-O という酸化物が高温（といっても絶対温度で 30 度つまり 30K ではあるが）で超伝導を示す可能性があることを発表する。この事実を確認した東大グループが、構成元素の Ba を同族元素である Sr, Ca で置換しても超伝導が得られることを発表する。しかも、La-Sr-Cu-O は La-Ba-Cu-O よりも 8 も高い温度で超伝導になったのである。その発表を聞いたときの驚きはいまでも忘れない。

すると、その直後にはヒューストン大学のグループが La を同族の元素である Y で置換した Y-Ba-Cu-O が 90K で超伝導になることを発表する。周期表を見て、性質の似た元素で置換しただけで、超伝導になる温度がみるみる上がっていくのである。

その後も、周期表を眺めながらの攻防はつづき、Bi-Sr-Ca-Cu-O が 110K、Tl-Ba-Ca-Cu-O が 120K と、あれよあれよという間に世界最高記録の更新が続き、研究者だけではなくマスコミや産業界をまきこんだ大フィーバーとなった。周期表と、粉を混ぜるための乳鉢と、簡単な電気炉があれば、だれでもノーベル賞を狙えるかもしれないということで、小さな町工場でも超伝導研究を始めたという噂が流れた。にわか超伝導師と呼ばれるアマチュア（プロも含めて）が多く誕生した時期でもあった。当時は、あらためて周期表の偉大さを思い知らされたものである。

いまだに、何か新しい機能材料が誕生したら、すぐに周期表を見て、そのまわりの元素で確かめてみるというのは常套手段である。周期表は、特許紛争にも一石を投じた。ある米国企業が、周期表の同族元素をすべて指定して特許申請を行ったからである。あまりにもひどいとあきれていたら、特許庁がそれを認めたので大騒ぎになった。

このように、周期表の歴史は古いが、現在の最先端研究においても燦然と輝く魅力と実用性を持っている。そこで、私の研究室に配属になった芝浦工業大学材料工学科の 3 年生 11 名と一緒に、元素の性質を調べ、自分たちなりに整理することにしたのである。これから、材料開発の最前線に出ていく彼等にとってみても、元素の性質を周期表にしたがって調べていくという作業は、将来多いに役立つはずである。また、日夜進歩が続いている材料開発の現場を、

周期表の元素という観点から見つめなおすという意味でも、意義のある作業であったと思う。

ただ、その過程でいくつかの問題にも直面した。それは、資料によって元素のデータの値が異なるという問題である。基本特性が出展によって異なるということには違和感がある。学生にとっても、どうして本によって値が違うのかと戸惑いがあったようであるが、データは測定方法や測定者によって異なるのが当たり前であり、その事実を認識するという意味でも意義があったと思う。また、信頼できる情報源と思っていたものでも、かなりの誤植があることも分かった。というわけで、少し無責任ではあるが、本書に載っているデータはあくまでも参考値であって、絶対に正しい数値ではないということを付記しておきたい。

ゼミ生の感想

阿部泰之

元素について調べたことで、今まで自分が知らなかった多くのことを吸収でき、知識を深めることができた。この知識を生かして、将来、元素という観点から、それぞれの用途に適した材料開発を行うことができればいいと思う。

尾沢美紀

いままでは、元素は無味乾燥なものと思っていたが、元素が発見されるまでには色々なエピソードがあり、ドラマがあるということを知ることができた。先人の思いが詰まっていると思うと、元素にも愛着が湧いてくる。

榎川雅明

ゼミの課題で元素を 100 個も調べると聞いた時には、いままで何かに集中して取り組んだ経験のない自分には、とてもできないことに思えた。しかし、実際に元素についての資料を読んでいる時は楽しく、まさに、百人百色¹というか、元素ひとつひとつが個性的で魅力的なものだった。ただし、みんなと、フォントを統一したり、文章やデータのスタイルをそろえる作業は結構面倒くさくて、本を編集するひとの仕事がいかに大変かを実感できた。

西村芳彦

¹ このような熟語は無いが、元素が百近くあることから、十人十色をもじって、この用語を使ったものと察せられる（編者注）。

鉄やアルミニウム、銅のように身近にあるものから、名前すら聞いたことのないものまで、全 109 種類。よくまとめたなあ、というのが実感だが、元素ごとに意外な用途があったり、発見の際の興味深いエピソードがあったりで、楽しみながら調べていくことができた。

野中佑記

元素の性質や用途の多様性には驚かされた。しかし、多様とは言っても、原子は陽子、中性子、電子のたった 3 要素で構成されており、しかも、その性質は、ほぼ電子の数によって決定されている。複雑なものは単純なものの組み合わせからなるという自然科学の面白さを実感するよい機会であった。

林勇人

この世の中には 100 数種類以上もの元素が存在している。しかしながら、いままで私と関りのあった元素はそのうちのわずかしかない。今回のように、原子番号の小さい順から元素をすべて洗いざらい検証することは大変な作業ではあったが、今まで思い込んでいたことと違う発見があったり、思い込みが確認になったりで、大変貴重な経験であった。

廣岡利紀

今までは、勉強と言え、教科書から学ぶことしかなかったが、今回のゼミのように、自分から積極的にものごとを調べるという作業はとても新鮮であった。役に立ちそうなことから、ちょっとした小話的なものまで、いろいろな情報を集めて、それを毎週みんなの前で発表するというのもよい経験となった。

福原元

100 個以上もある元素を全部調べると聞いた時には、とても無理かと思ったが、1 年をかけて、みんなで協力することで、すべて網羅することができた。大きなことでも、ひとつひとつこなしていけば、完成できるものと実感した。

藤原弘行

いままで元素を個々で見比べていくという感覚が余りなく、元素そのものの特徴なども高校の化学で習った大雑把な知識しか無かった。材料も化合物という視点で見えてしまいがちで、元素一つ一つに焦点を当てて考えるという機会が無かったように思う。今回のゼミはそんな自分にとって非常に良い経験になった。知っていると思っていた元素の別の一面を見せられたり、知っているつもりが、実は全然違ったりと、驚きと発見の連続であった。今までと違う視点に

立って何かに取り組むということはとても勉強になることだと思う。

松本裕司

100種以上の元素を全て理解できたわけではないが、適材適所の精神を全うするためにも、その学習は身になるものだと感じた。話は変わって元素占いのウェブサイトによると自分の生年月日に対応する元素はB(ホウ素)らしい。理由はまったくわからないが？

矢島康宏

今まで化学を学んできて、元素同士の作用については勉強してきたが、元素一つ一つの性質を事細かく調べたことは無かったので、今回のゼミはいい経験になった。これからも、元素の特徴をよく考えた上で、自分の研究開発に役立てていきたい。