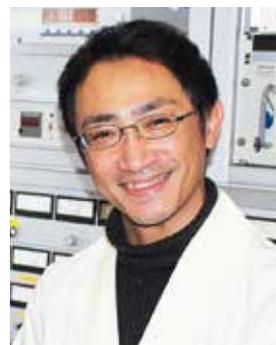


より美しい周期表の実現をめざして Aiming for a more beautiful periodic table

佐藤 哲也 重元素核科学研究グループ
Tetsuya K. SATO Research Group for Heavy Element Nuclear Science



2015年103番元素ローレンシウムの第一イオン化エネルギーを世界で初めて測定し、「nature」誌の表紙を飾った佐藤哲也研究員は、その後も100-102番元素の測定に成功(2018年)するなど目覚ましい活躍を続けています。超重元素研究の魅力や研究する上で大切にしている思いなど経験談を交えながら話していただきました。

ヒントは歴史の中にある

“巨人の肩の上に立つ”という言葉があります。先人の積み重ねた発見に基づいて何かを発見するという意味で、科学者アイザック・ニュートンが1676年にロバート・フックに宛てた書簡で引用した言葉として知られています。

実際、私の研究テーマである重アクチノイドのイオン化エネルギー測定で用いた技術も、すでに100年前に知られているものでした。私は、人間の発想というのは古代からそれほど大きく変わっていないと思っています。それが実証できる技術の開発が、現代の様々な研究成果に繋がっているといっても過言ではありません。

化学史の中には、こうした宝物がたくさん隠されています。

超重元素研究の魅力

私たちが目にしている化学は、言ってみれば目に見える世界です。超重元素の世界は、 10^{23} 個のうちのたった1個、それもこの世に30秒しか存在しないような原子を探し出して研究する、いわば極限の領域です。大学生の頃それがものすごくかっこよく、魅力的に思えました。

私の大学時代の恩師である工藤久昭教授は、かつて106番元素の「シーボーグウム」の名前の由来となった物理学者グレン・シーボーグ博士のもとで研究していました。その意味では、私はシーボーグ博士の孫弟子になるわけで、そのことがちょっとだけ自慢です。

学生の頃、研究室でよくお酒を酌み交わしながら、工藤教授の面白い話をたくさん聞きました。工藤教授がいつも言われていたことは、本質は何なのかを常に考えるようにということでした。重箱の隅を後ろから突っついて穴をあけるような、ものすごく細かなディテールにこだわりつつも、それが本質とどうつながるかを常に意識している工藤教授の考え方を繰り返し聞かされました。結局私は、工藤教授の話を聞きながら、絶対に見えない原子1個の世界を明らかにできれば楽しいだろうなど、いつのまにか魔法にかけられてしまったわけです。

そしてもうひとつの極めつけの経験は、博士論文を書いていた時に啓示のようにみた夢でした。私の博士論文のテーマは、104番元素ラザホージウムの揮発化合物の固体表面に対する吸着脱離挙動でしたが、ラザホージウムが飛んでくる夢をみて、そのあと初めて実験がうまくいきました。本当に不思議でした。この経験で私は、超重元素研究にすっかり取りつかれてしまいました。

原子力機構に入所してからは、大学時代の化学的知識が買われて、質量分離器のイオン源の開発に携わり、その後再び超重元素化合物の気相化学研究に戻りました。しかし、ちょうど成果を出せそうな時期に、当時のグループリーダーであるMatthias Schädelから、そのテーマは時代遅れだと指摘されプロジェクトがなくなってしまいました。その時は本当に悔しい思いをしましたが、そのことがきっかけでイオン源を使った超重元素の研究をすることになり

For the first time in the world, ASRC researcher Dr. Tetsuya K. Sato succeeded in measuring the first ionization potential of element 103 (Lawrencium), which was featured on the cover of Nature in 2015. He has continued to make remarkable achievements, such as the successful measurements of the first ionization potential of elements 100 (Fermium), element 101 (Mendelevium) and 102 (Nobelium) in 2018. In this interview, he talked about the charm of studying superheavy elements, and about the thoughts that he cherished in his scientific career.

Hints can be found in history

“As the famous quote says: ‘we stand on the shoulders of giants’. With these words, used in a letter to Robert Hooke in 1676, Isaac Newton meant that new discoveries can be made thanks to the accumulated discoveries of previous scientists. In fact, the techniques to measure the first ionization potential of heavy actinides, used in my research theme, were indeed well known 100 years ago. I think that human ideas have not changed substantially since ancient times. It is not an exaggeration to say that the goodness of several old ideas has been demonstrated by many research results obtained via the development of new technologies. Plenty of such treasures are hidden in the history of chemistry.”

The charm of superheavy element research

“The chemistry we actually see is, so to speak, our visible world. The world of superheavy elements, instead, is an extreme area where we search for atoms that only exist in this world for 30 seconds, at the level of 1 atom in 10^{23} . When I was a university student, I found it fascinating and rather cool.

My university mentor, Prof. Hisaaki Kudo, studied under Dr. Glenn T. Seaborg, the scientist after which element 106, ‘Seaborgium’, is named. To tell the truth, I am a little proud to think that this connection makes me Dr. Seaborg scientific ‘grandson’. During my university days, Prof. Kudo often told me many interesting stories while drinking alcohol together. What Professor Kudo always emphasized was that we should think about what the essential is. Even while paying meticulous attention to extremely fine details, he was always conscious of how it all connected to the essence and kept asking me what that connection was. Listening to Prof. Kudo’s stories, I was enchanted with the idea that it would be fun to bring to light the world of an atom that had never been seen.

Another remarkable experience was a dream which felt like a revelation when I was writing my doctoral dissertation. The theme of my dissertation was the adsorption and desorption behavior of a volatile compound of element 104 (Rutherfordium). Only after seeing Rutherfordium flying in a dream, did the experiment succeed. It was quite strange. This experience made me focus completely on superheavy element research.

When I joined JAEA, the chemical knowledge from my university days was highly valued and I was involved in the development of an ion source for mass separators. After that, I returned to the study of gas-phase chemistry of superheavy elements. However, when this project was just about to produce results, the group leader at that time, Matthias Schädel, pointed out to me that the theme was obsolete, and the project eventually disappeared. Initially I was really frustrated, but this led me to use the ion source to study superheavy elements. In retrospect, I came to realize what

ました。実はそれが世界の情勢に精通している Matthias Schädel グループリーダーのディジョンの素晴らしさであることに後から気づかされました。Nature 誌に載せられたのも彼のおかげです。彼のおかげで世界と繋がることができたことを、今は心から感謝しています。

研究にとって一番大事なものは「人」

自分の研究でなにかを成し遂げようという高邁な精神ももちろん大事ですが、私はむしろ、これが面白いからやってみようという興味でここまで研究を続けてきました。もちろん、毎回生みの苦しみがあります。そんな時は、同じグループの人たちに相談したり、ディスカッションをしたりして新しい糸口をさがそうともがきますが、それすらも楽しく感じています。

それは、私が師匠や先輩、仲間など本当にいい人たちに恵まれているからだだと思います。私自身そうした人々から多くのことを学びました。大学時代の工藤久昭教授、原子力機構の永目諭一郎リーダー、Matthias Schädel リーダー、イオン源の師匠である市川進一さん、タンデム加速器に所属していた時には、職人的なたたきあげの研究者・技術者からその姿勢を学ばせてもらったし、超重元素の研究グループでは、多くの研究者から勉強させてもらいました。

ありがたいことに、私はいつでも研究者として成長すべき過程において、ボーダーに立つ場所を与えられ、学ばせてもらっています。

私たちのような研究はチームでやらなければ成り立ちません。そういう意味では「人」が一番とっていいくらい大事なことをしみじみと実感しています。

最近思うのですが、研究者になる一番の条件は運が良い事です。これは主に、困った時に誰かが助けてくれる、何かあった時にヒントをくれるといった人間関係のことで、この運は自分で作ることができます。

これから研究者になろうという人は、いろいろな人と議論をしたり、研究したり積極的に自分から人に働きかけていくことを心掛けることが大事だと思います。

周期表が書き換わる可能性

この研究は何の役に立つのかとよく聞かれます。私たちの研究は周期表そのものを扱うもので全ての化学の基礎になる分野です。

周期表というのは、我々科学者にとって地図と同じです。それが、実は私たちの研究成果によって、書き換えられる可能性が出てきました。

もともとローレンシウムについては、周期表からのズレが予想としてあったのですが、それが実証されたことで、ローレンシウムを周期表上のサブグループであるアクチノイドからはずし、本グループに移すという議論が始まりました。1940年代にアクチノイドの概念を提案したのは他ならぬグレン・シーボグ博士ですから、奇妙な縁を感じています。

周期表は、もっと美しくなると言われています。そのネットワークのひとつがルテチウムとローレンシウムでした。私たちが研究している 100 番以降の元素は、すぐに何かの役に立つものではありませんが、化学全体としてみた時、根本となる教科書を書き換えることに直接影響する研究であることは確かです。それは私にとっては本当にやりがいのある仕事です。

今後の展望

今後は、104 番元素以降を調べたいと思っています。大学時代に研究していたのが 104 番元素ラザホージウムですが、ラザホージウムも含めこれ以降のイオン化エネルギーや原子の性質などは全く分かっていません。そこを実証することができれば、我々はオンリーワンになります。常にオンリーワンを目指す事は研究グループにとってとても大事なことです。104 番以降に乗り出し、新しい旗を立てることが今後の目標です。

a sharp and timely decision had been taken by the group leader Matthias Schädel, who was well acquainted with the international state of the art. It was thanks to his advice that I managed to publish in Nature and get connected with the world, and I am sincerely grateful for that.”

The most important thing for research is ‘people’

“It is certainly praiseworthy to have a noble spirit to accomplish something important with your own research, but till now what made me continue my research was rather the thought ‘this is interesting, I want to try it’ . For me, however, creating new things does not come without a certain amount of pain and suffering. On such occasions, I consult and discuss with people in my research group to find new clues, and I think that also this process makes the research enjoyable.

That is probably because I am blessed to be surrounded by very good people as teachers, seniors and friends. I myself learned a lot from these people. When I was in the group of Prof. Hisaaki Kudo at university, or in the group of former group leaders Nagame Yuichiro and Matthias Schädel, or with Shinichi Ichikawa, my ion-source teacher at JAEA, or when attached to the Tandem accelerator, I learned as an apprentice from the craftsmanship of the other researchers and technicians the attitude towards research; now, in the Heavy Elements Nuclear Science Research group, I have learned a lot from many of my research colleagues. Thankfully, in the course of my research, I have always been given a place at the frontier, where I keep learning and growing as a scientist. Research like ours cannot be done without a team. In this sense, I really feel that “people” is the most important aspect of research.

Recently I am convinced that the best condition to become a researcher is good luck. What I mean is that, when you are in trouble, you have somebody that helps you, or something unexpected happens and you get a hint on how to proceed. Such human relationships are the ‘good luck’ which you, yourself, should and can develop. To those who are thinking of becoming a researcher, my advice is to discuss with various people, do research with a positive attitude and make an effort to actively work with other people.”

Rewriting the periodic table

“I have often been asked ‘what is your research useful for?’ . Our research deals with the periodic table itself and lies at the foundation of all chemistry. For us scientists, the periodic table is like a map. As a matter of fact, from our research results it emerged that it might need to be reorganized. Originally, scientist expected that Lawrencium would show a deviation from the periodic table. When this was proven in the experiment, an argument started over removing Lawrencium from the actinide sub-group of the periodic table and place it into the main group. Again, this feels like a mysterious coincidence since the person who in the 1940’s proposed the concept of actinides was Dr. Glenn T. Seaborg himself. It is being said that the periodic table would become more beautiful. One of the bottlenecks are the properties of elements 71 (Lutetium) and 103 (Lawrencium). Although the elements which we study, with proton number larger than 100, are not immediately useful, when viewed in the context of chemistry as a whole, they will certainly have a direct impact on rewriting the fundamental textbooks, and I feel that this is a very worthwhile job.”

Future prospects

“For my next challenge, I would like to investigate the atomic properties of element 104 (Rutherfordium) and beyond. Although I was studying this element during my university days, for Rutherfordium as well as all heavier elements, the chemical properties are known only a little. Atomic properties, including ionization energies, have not been investigated at all. If we can achieve this measurement, we will be the only one. It is very important for a research group to always aim for being the ‘one and only’ in the field. So my future goal is to move forward and raise new flags beyond element 104.”