

「現代の錬金術」といわれる 元素間融合の未来

「錬金術」という言葉を現代のわれわれが使う場合、いくつかの異なるニュアンスがある。勞せずして金儲けをする手段を揶揄する例がある一方、革新的な技術を称えるために用いられることもある。

本来の錬金術とは、字義通り金を創り出すことだ。古代より、鉄や錫といった「卑金属」に手を加えて、金などの「貴金属」を生み出そうという試みが繰り返された。これが化学の源流になったといわれ、かのニュートンも、錬金術にのめり込んだことが知られている。そういった意味では錬金術が人類に貢献した部分は大きい。

結論から言えば、金属や他の物質をいくらか混ぜたところでは生み出されない。血を注ぎ、まじないを唱えたところで鉄(Fe)や錫(Sn)の元素が、金(Au)に変化することはないからだ。

現代科学では、元素そのものを作りかえることは理論上可能であり、「核分裂」と「核融合」という二つの手段がある。たとえば、Auよりも少し重い水銀(Hg)の原子核に中性子線を当てて核分裂を起こせば、Auと同じ原子核を持つ同位体を得ることができる。ただし、そのために使う膨大なエネルギーを考えると採算は合わない。後者は現時点で人間がコントロールできておらず、あくまでも机上の計算だ。

新たな元素を生み出すわけではないが、まるで新元素を創り出すかのような「現代の錬金術」ともいべき技術の開発が日本で進められている。

前述した通り、昔の錬金術では複数の金属を混ぜ合わせて、なんとか金を創ろうとしていた。しかし、高温で溶かした金属同士を混

ぜてできるのは「合金」に過ぎない。合金には二種類ある。二つの金属元素が均一に混ざり合っているものと、分離しているものだ。分離といってもパッと見て二つの部分に分かれているわけではない。たとえばM1とM2という金属元素を高温で混合した場合に、一見すると均一になったようでも、ナノレベルで観察すると、M1元素とM2元素がランダムに並んでいるわけではなく、M1元素の塊とM2元素の塊の部分に分かれてしまっているのだ。

従来、こうした「水と油」のような金属同士を均一に混ぜた合金を作るのは不可能だと考えられていた。京都大学大学院理学研究科の北川宏教授は、こうした金属を原子レベルで混ぜる「元素間融合」という技術の研究で知られている。単純に混ぜるだけでも、画期的

だが、北川教授は二つの金属を混ぜることで新たな特性を持った材料を生み出している。同教授が注目されたのは二〇一〇年に成功した「人工パラジウム」の合成だった。周期表をみると、ロジウム(Rh)とパラジウム(Pd)、銀(Ag)は順番に並んでおり、原子番号は順に四五、四六、四七だ。化学的な性質を決定する原子の周囲の電子の数も一つずつ多くなる。

周期表でパラジウムを挟んでいるロジウムと銀は前述した「水と油」の関係にあり、これまでは均一に混ざらないとされてきた。しかし、北川教授らのグループは、ロジウムと銀を溶かした溶液を、熱したアルコールに噴霧することで、RhとAgが電子顕微鏡レベルで見ても均一に並ぶ、ナノメートルレベルの合金を創り出すことに成功した。ボトムアップ法——元

SCIENCE

素一つずつを順番に積み上げる方法で、二つの金属元素同士を並べていったのだ。しかもこの合金が両者の間にあるパラジウムと同様の性質を示したのである。これが「現代の錬金術」と言われる所以だ。

パラジウムは、自動車の排ガス浄化のための触媒に使われるほか、水素を吸蔵する性質を持つ工業的に重要なレアメタルである。ただし、使用したロジウムはパラジウムよりも高価なレアメタルであり、この成果がそのまま商業的に利用できるものではなかった。

この課題を克服して、昨年一月に発表されたのが、人工ロジウムの合成だ。原料になったのは一〇年の研究と同様、周期表でRhの両隣にあるルテニウム(Ru・原子番号四四)とパラジウムだ。この両者も従来は「混ざり合わない」といわれ、二千度以上の高温液体状態でも分離してしまう。この状態では、あくまでルテニウム・パラジウム合金でしかなく、当然ロジウムの特性などは示さない。やはり、二つの金属を溶かした水溶液を、熱したアルコールに霧状に吹き付けることで、ナノサイズの

合金を作製したところ、ロジウムと同等の電子状態、つまり特性を持つものができた。

ロジウムの直近価格は、一グラム当たり約四千五百円。パラジウムとルテニウムはそれぞれ、約二千八百円と約二百円だ。元素間融合を行えば、〇・五グラムずつのパラジウムとルテニウムを材料にして、一グラムの「人工ロジウム」を作り出せる。単純計算で原料費は一千五百円であり、天然ロジウムのわずか三分の一で作れることになる。北川教授らが期待を寄せるのは、人工ロジウムの燃料電池への使用だ。燃料電池は、燃料(水素)と空気中の酸素を反応させることで電気を得る。水素と酸素の反応は通常、燃焼や爆発といった勢いで起きる。これをゆっくりと行うために必要となる触媒がプラチナ(Pt)だ。

しかし、プラチナ触媒には一酸化炭素(CO)が吸着しやすいという弱点がある。触媒表面に、燃料中にわずかに含まれる一酸化炭素がついてしまうと、その部分での反応が起きなくなり、電池全体の発電能力が低下してしまう。これ

を防ぐためには一酸化炭素を酸化して二酸化炭素にする必要がある。

現状、酸化触媒としての能力を持つルテニウムを使って、一酸化炭素対策を行っている。合成した人工ロジウムの能力を調べたところ、ルテニウムを凌ぐ触媒性能を示した。しかも驚くことに、ロジウムの能力をも上回るといいう。うなると、「人工ロジウム」ではなく、周期表にはない全く新しい元素を生み出したようなものだ。

すでに「エネファーム」の名前で、家庭用に使われている燃料電池には、ルテニウムが広く使用されている。北川教授らが生み出した新素材が、エネファーム向けに実用化されれば燃料電池の性能向上の一助になる。また、現在ロジウムが使われている自動車の排ガス浄化においても、その能力が

期待できるだろう。

決して容易なことではないが、元素間融合の技術は周期表にあるあらゆる金属元素で実用化できる可能性がある。中にはロジウムのように目標とした元素以上の利用価値を示す新素材も出てくるかもしれない。

「現代の錬金術」のフロンティアは無限に広がっている。

元素間融合で「新物質」を作る

新規Pd-Ru固溶体 ナノ合金触媒

