

京都大学 大学院理学研究科 化学専攻
 固体物性化学研究室 北川宏教授



元素間融合で人工的に元素を創り出す

世界に先駆けた日本の元素戦略

鋼材の強化のために添加するモリブデン。酸化物の還元触媒として使うロジウム。電池の材料となるリチウム。ものづくりに欠かせないこれらの元素は、地球上の存在量が少なかったり、採掘や精錬がむずかしいため、レアメタル(希少金属)と呼ばれています。

わが国は、レアメタルの大半を輸入に頼っているため、使用量の削減や代替材料の開発が重要な課題になっています。こうした状況を踏まえ、日本の物質科学者たちは戦略的に資源問題に取り組みようと、2004年に「元素戦略」という概念を世界に先駆けて提唱しました。

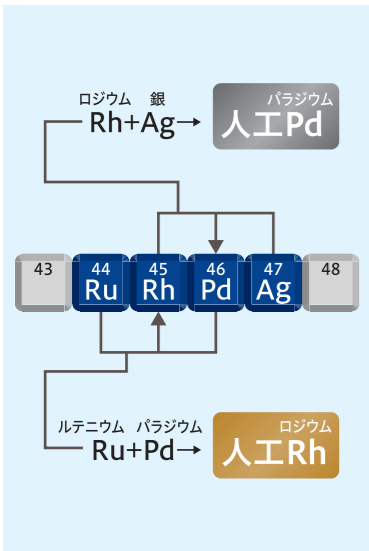
これを契機に、文科省の「元素戦略プロジェクト」や経産省のNEDO事業「希少金属代替材料開発プロジェクト」が2007年にスタートしました。

「わが国の『元素戦略』には、次の3つの特徴があります。第一に、国からのトップダウンではなく、研究者からのボトムアップで誕生したこと。第二に、他国に先駆けて国家戦略としての取り組みが始まったこと。第三に、科学の力で

あれば水に溶けて混ざり合います。ロジウムイオンと銀イオンも水の中で均一に混ぜることができません。このまま、電荷を帯びていない状態に戻すこと(還元)ができれば、ロジウム原子と銀原子が融合したパラジウム合金ができると考えました。ところが、何度還元してもロジウムイオン同士、銀イオン同士で固まってしまうのです」

これは、イオンから金属原子に戻るまでの時間(還元スピード)がロジウムと銀で異なることが原因でした。そこで、加熱温度を変えたり、使用する薬剤の種類や量を変えたりして実験を続けました。ようやく原子レベルでの融合が確認できたのは、研究を始めて3年後の2010年のことでした。

「還元スピードを速めて、ロジウムイオンと銀イオンを同時に還元させる方法を発見したのです。2つのイオンが混ざった水溶液を霧吹きに入れて、高温の還元剤に吹きかけました。すると、水滴内の全イオンが一気に還元され、ロジウムと銀が均一に混ざった金属ができました(図2)」



(図1) 元素周期表の隣り合う3つの元素A、B、CのAとCを混ぜてBをつくる。

戦争を回避するという理念に基づいていることです。資源の奪い合いは国際紛争につながりかねませんからね」

このように説明してくださったのは、北川宏先生。先生は現在、「科学技術振興機構」(文科省所管)が進める「元素戦略プロジェクト」のなかで、「元素間融合」という独自技術の研究を続けておられます。

北川先生は、それまで混ざらなとされてきた金属を原子レベルで混ぜることに成功され、人工レアメタルの開発につながりました。こうした北川先生の研究は、元素戦略のプロジェクトのなかでも実用化に最も近い研究として認定されています。

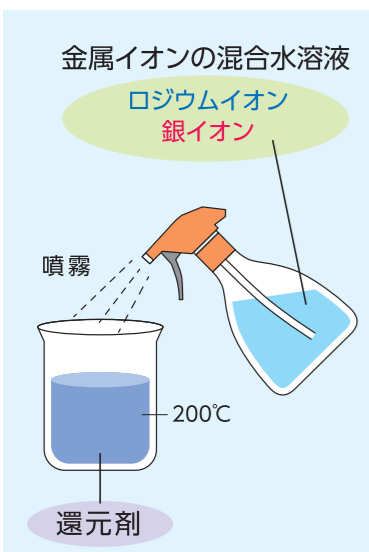
混ざらないはずの金属を混ぜる「元素間融合」
 元素間融合は、金属元素をナノ(10億分の1メートル)のサイズまで超微細化することで可能になりました。発見のきっかけは、2004年のある実験でした。

「当時、私は燃料電池などで必要とされる水素の貯蔵技術の開発に取り組んでいました。レア天然のパラジウムと同様、水素を吸蔵する性質をしっかりと備えていました。しかし、実用化には難がありました。原料のロジウムが高価であったため、天然のパラジウムより高価になってしまったからです。

「目指すべきは、安価で手に入りやすい元素を用いて、高価で入手困難な元素を創り出し、資源問題を解決すること」という考えから、北川先生は人工ロジウムをつくることにしました。ロジウム(同45)は、自動車の排ガスの浄化などに触媒として用いられる重要なレアメタルです。方法はルテニウム(同44)とパラジウム(同46)の元素間融合です。それが成功したのは、2年後の2014年のこと。人工ロジウムは天然ロジウムの1割程度の価格でつくることができました。また、自動車排ガスの浄化触媒としての性能が、天然ロジウムより優れているという特長もありました。

元素間融合の可能性を追求する

現在、混ざらなとされる金属元素の組み合わせは700通り以上あるといわれています。北川先生はそれらについても元素間融合



(図2) ロジウムイオンと銀イオンの混合水溶液を、霧吹きで高温の還元剤に吹きかけます。

メタルのパラジウムの微粒子を白金で薄く覆い、それに水素を通して水素の吸蔵(気体が固体内部に取り込まれる現象)量を調べるといふ実験に取り組んでいました。教科書通りなら、1回目も2回目も吸蔵量は変わらないはずでした。しかし、1回目より2回目、2回目より3回目のほうが吸蔵量が増えるという現象が起きたのです。大型放射光施設「Spring-8」で調べると、混ざらなとされていたパラジウムと白金が原子レベルで混ざり合っていることが確認できました」

これを機に、北川先生は、他の元素での実験に着手されます。ただし、やみくもに混ぜ合わせるのではなく、元素の原子番号が近く、性質が似ているもの同士で行います。具体的には、元素周期表の隣り合う3つの元素A、B、CのAとCを混ぜてBをつくるという進め方です(図1)。

最初に選ばれたのがロジウム(元素番号45)と銀(同47)でした。これらを元素間融合させて、パラジウム(同46)をつくるのです。しかし、考えた通りの結果はなかなか得られませんでした。「金属はイオン(電荷を帯びた原子)の状態を試しておられます。

例えば、シエールガスからBTX(ベンゼン、トルエン、キシレン)をつくるための触媒を、元素間融合で開発する研究です。BTXは合成ゴムやプラスチックなど石油化学製品をつくるために不可欠です。現在、BTXはナフサから生産されていますが、安価なシエールガスからBTXをつくることができれば、ナフサを海外に頼っている日本の産業構造を大きく変えることも可能です。

また、人工ロジウムなど、元素間融合でつくった新たな金属の量産もめざしておられます。前述の方法を実用化するため、白金の精製・加工メーカーであるフルヤ金属(東京都)と連携し、水溶液を還元剤に吹き付けるための自動噴霧器の製造を進めておられます。

「人工ロジウムなどを多くの企業に使っていただきたいと考えています。また、企業ニーズをうかがい、人工ロジウムなどの性能向上を図っていきたく考えています」

北川先生は、日本が元素戦略で世界をリードする存在となるよう、日々研究を重ねておられます。

(略歴)

京都大学 大学院理学研究科
 化学専攻
 固体物性化学研究室 教授
 博士(理学)

1986年、京都大学理学部卒業し、91年に同大学院理学研究科博士後期課程を単位取得退学。岡崎国立共同研究機構分子科学研究所、北陸先端科学技術大学院大学、筑波大学、九州大学を経て、2009年より現職。京都大学理事補(研究担当)、九州大学客員教授などを兼職。