



## なんでもルテニウム？！

北里大学大学院理学研究科

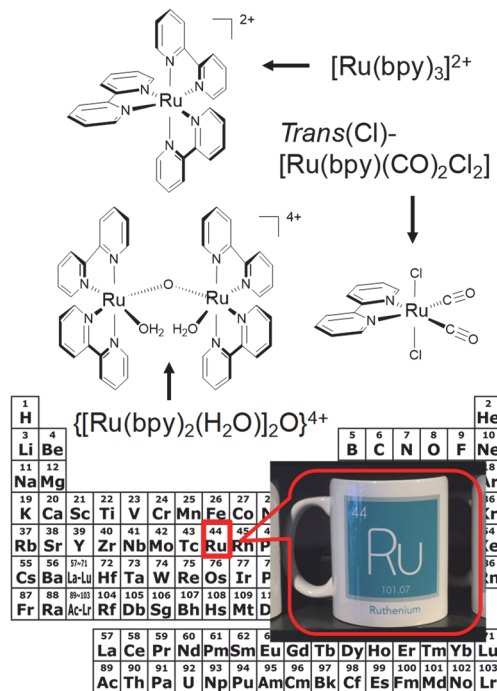
石田 斉

ルテニウムという元素をご存じだろうか。周期表では鉄(Fe)の下にあり、原子番号は44、原子量はおよそ 101 のいわゆる貴金属に属する元素である。人工光合成の研究は1970年代にはすでに活発に行われていたが、生物が利用しないこの元素は、「人工」光合成の初期の研究から使われてきた。

最近では元素ブームである。巷にあふれる「元素」本にはしかしながら、ルテニウムはあまり詳しく書かれていない。私はルテニウムを「研究者に愛される元素」だと思っているが、どういうところが愛され、人工光合成に役立っているのだろうか。貴重な貴金属を使っているのか、という批判もある中、どうして研究し続けるのか、その魅力の一端を紹介したい。

人工光合成を行うためには太陽光を吸収する必要があり、特に可視光エネルギーを利用できることが重要である。 $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$  (bpy: 2,2'-ビピリジン)は可視光領域に吸収があり、光エネルギーを吸収して高いエネルギー状態(励起状態)になったときに電子を奪ったり渡したりすることができる<sup>[1]</sup>。面白いことに、同じ形の鉄錯体( $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$ )にはこのような機能はないのである。光エネルギーを利用して *trans*(Cl)- $[\text{Ru}(\text{bpy})(\text{CO})_2\text{Cl}_2]$  という錯体に電子を渡すと、この錯体は  $\text{CO}_2$  還元反応を触媒し、 $\text{CO}_2$  を一酸化炭素やギ酸へと変換できる<sup>[2]</sup>。水から電子を奪って酸素にできる触媒があれば、その電子を最終的に  $\text{CO}_2$  還元へと回すことができる。歴史的に重要な錯体として  $\{[\text{Ru}(\text{bpy})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{4+}\}$  が有名だが、近年はより高活性な錯体触媒が数多く開発されており、そのほとんどがルテニウム錯体である。このように、ルテニウム錯体だけで人工光合成を行うことも可能なのである。

そんなルテニウムだが、近年はユビキタスな(地球上に豊富に存在する)元素を用



いた触媒開発が注目され、やや押され気味である。しかし、ルテニウムは貴金属といっても金や白金に比べて安価で、特に近年、リサイクル技術が開発されたことから安定供給が可能である。ユビキタスな元素を用いた触媒は活性の面だけでなく、安定性に劣ることが多く、中間体の研究がしやすいなどルテニウム錯体にはまだまだ研究者を魅了する特徴がある。

「どうしてルテニウム錯体は  $\text{CO}_2$  と反応しやすいのですか？」

以前はそんな質問には「ルテニウムの原子番号(44)が  $\text{CO}_2$  の分子量(44)と同じだから相性がいいんだよ」と冗談で答えていたが、最近はその信じる学生が出てきたので封印している。ルテニウムの原子番号と  $\text{CO}_2$  の分子量を一度に覚えられるお気に入りのジョークだったのだが。

[1] 佐々木、石谷編著、「金属錯体の光化学」三共出版(2007)。

[2] 石谷、野崎、石田編著、「人工光合成光エネルギーによる物質変換の化学」三共出版(2015)。