

訪問日 2019年7月4日

首都大学東京 大学院理学研究科化学専攻 山添 誠司 教授

研究題名：二酸化炭素変換反応に活性な複合クラスター触媒の創製

研究室を訪問し(図1)、助成対象研究の独創性や研究に対する考え方などをお伺いしました。

この研究に取り組んだ切っ掛けは何でしたか

学生の時「金属酸化物クラスター」での光触媒の研究(=「第一期研究」)、その後圧電素子・センサ・太陽電池・透明電極などに応用するバルク機能性材料の研究(=「第二期研究」)、金属クラスターの構造解析と触媒応用(=「第三期研究」)を進めてきました。そして、今回取り組んでいるのは、「金属クラスター」と「金属酸化物クラスター」の複合化に着目し、CO₂(二酸化炭素)を有用な化成品に合成するための「触媒」の研究になります。

「金属酸化物クラスター」(図2)は、金属の周りに酸素原子が複数ついたユニットが数個集まったもので、その構造や組成によって様々な機能性材料(触媒、磁性体、多孔質体)を設計することができます。今回の研究の切っ掛けは、デバイスへの応用を目的とした機能性材料研究「第二期研究」の中でのことでした。作製したNb(ニオブ)の酸化物(図2左上)が塩基性溶液中で安定であるが酸性溶液中で壊れてしまうこと、つまり「塩基」であることを示す現象に出会いました。学生時代の「第一期研究」を通して、金属酸化物クラスターは一般的には非常に強い「酸」で、酸性溶液中で安定であることを知っていましたので、これは特異な現象であることにすぐ気がつきました。更にNb酸化物のサイズを調整することにより「強い塩基」のクラスターとなることがわかり、CO₂を容易に活性化できる触媒として大変有効であると確信を持ち研究を進めてきました。

この研究の独創性のポイントを教えてください

金属酸化物クラスターはCO₂を有機物と反応させて固定化することはできますが、それだけでは炭素の価数は変わらず「炭化水素」になったとは言えません。そこで、他の研究で創製した「表面の一部を酸化させたIr(イリジウム)のクラスター」を元に、金属酸化物クラスターで活性化したCO₂を金属クラスターで還元して炭化水素化することを発想しました。この二つは単に混ざっているだけでは「活性化⇒炭化水素化」が連続して進まず、両者が接した界面を持った複合クラスターにすることが炭化水素化反応に重要であると考えています。

また、これらクラスターのサイズを変えるとその性質は大きく変えることができますが、このサイズを原子レベルで制御している研究も他にはありません。

応用面での有用性はどの様なところになりますか

本研究ではCO₂を有用物質に変換する反応として、主に二つの反応に取り組んでいきます。そのひとつはウレタンなどの前駆体を生成する反応、もう一つは医薬品を製造するときに重要な反応になります。

これらは触媒性能を実証するためのテスト反応ですが、更なる応用として高分子材料への重合反応にも応用できると考えられ、並行してトライしています。

CO₂の有機物への変換は光触媒反応を中心として世界的にも最近研究されていますが、実用化には至っておりません。本研究の触媒反応は、それらより2~3桁速い生成速度を示していますので、実用的な観点からも非常に有望な手法が提案できると考えています。

どの様なところに研究の面白さを感じますか

やはり、思いついたアイデアを実験して、思った通りに反応が進んだときに快感ですね。また、創製した物質の構造を調べることが大好きです。放射光施設などで詳細に構造を分析して、機能とどう関係しているのか、なぜこの構造で安定するのか、などを考えることがとても面白く感じています。

研究を進める上で学生さんに指導していることは

いつも学生に言っているのは「失敗を恐れずに、思いついたアイデアをやっごらん」ということです。同時に、あまり教えずぎな様に心がけています。私は学生より知識を多く持っていますが、悪く言えば“常識”という名の固定観念に囚われているわけです。勉強は勿論大切ですが、勉強しすぎるとその知識にハマってしまい、新しいことができなくなります。実験をやっていく中で感じた自由な発想を基に新しい研究を進めた方が面白いことが分かるんじゃないかと思います。

また、違う分野に目を向ける、ということも大事にしています。私は、結果的に5年から10年で異なる研究にシフトしてきましたが、違う研究に2回シフトしたからこそ「塩基性の金属酸化物クラスターがある」ことに気付きました。

後記

山添先生のお話を聞いてるうちに、30年ほど前に聞いた矢崎財団前選考委員長の山崎先生(東京大学名誉教授)の講演を思い出しました。「同じ分野の研究に長く取り組んでいると、研究者の知識習得速度は低下し、新奇な発想が出にくくなる。50~70%程度の知識を習得したら他分野の研究にシフトすることによって、知識習得は速くなり、フレッシュな発想が出やすくなるため、一時的に成果は出にくくなるが長期的には組織への貢献度が高くなる」ということを数理モデルによって示す、という興味深い講演でした。山添先生は、過去の研究での知識によって現研究での現象の重要性に気づき、新たな発想で新研究に取り組まれ成果を挙げられていることは、まさに山崎先生の説明されたモデルそのものだなあ、と感じ入りました。

首都大学で研究室を立ち上げられて2年目、実験室の雰囲気はとてもフレッシュで、先生の自由な発想の指導のためか学生さんたちも生き活きと実験に取り組んでいました。この研究室から世界の環境問題に大きく寄与する研究成果が創出されていくことを大いに期待しています。

(矢崎財団技術参与 池田実)

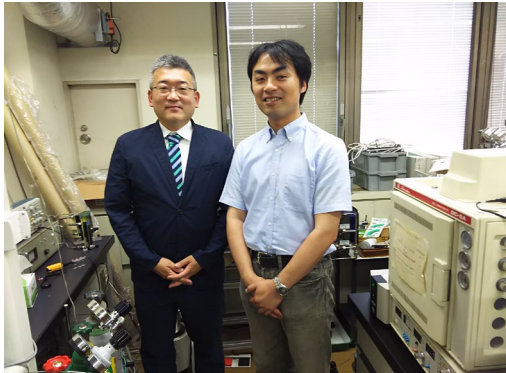


図1 右が山添先生

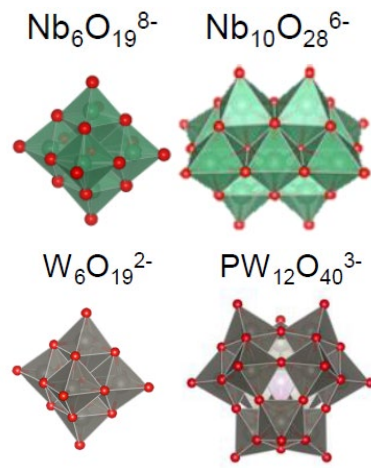


図2 金属酸化物クラスター