

東ソー・環境エネルギー賞

鷹谷 絢氏 (大阪大学大学院基礎工学研究科・教授)

Jun Takaya



(業績)「環境調和型分子変換を可能にする新触媒開発」

Development of New Transition Metal Catalysts for Environmentally Benign Molecular Transformation

環境問題や資源問題が顕在化した現代社会において、物質合成の根幹をなす有機合成化学の重要性はますます増している。すなわち、プロセスの省資源・省エネルギー化を可能にする超高活性触媒、余計な廃棄物を出さずに欲しいものだけを作る選択的反応、石油以外の炭素資源を原料とする有機合成など、環境負荷の低減や元素資源の節約・代替につながる新触媒・新反応の開発が今まで以上に強く求められている。鷹谷氏はこれまでに、金属-金属結合をもつ二核金属錯体群の創製とその触媒機能の開拓に取り組み、二酸化炭素などの不活性分子や不活性結合の高効率の変換反応を種々開発することに成功してきた。以下、同氏の研究業績の概要を示す。

1. 13族金属-遷移金属二核錯体群の創出と触媒利用

金属-金属結合をもつ異種金属二核錯体は“金属元素配位子(メタロリガンド)をもつ遷移金属錯体触媒”と見なせるものであり、そのルイス酸性や酸化還元能、結合活性化能を活用することで、従来の有機典型元素配位子をもつ金属錯体触媒にはない触媒機能の発現が期待できる。しかし、金属-金属結合の不安定性ゆえ、その合成法と有機合成反応開発における利用例は限られていた。これに対して同氏は、独自に設計・開発した6,6'-ビス(ホスフィノ)-2,2':6,2'-テルピリジン誘導体などを分子鑄型として用いることで、13族金属をメタロリガンドとする後周期遷移金属錯体群の効率的かつ系統的合成法を確立するとともに、これらが従来触媒を凌駕する超求核的遷移金属触媒として機能することを明らかとした。これにより、二酸化炭素の超効率的ヒドロシリル化反応(Al-Pd錯体)や、ニトリルの化学選択的ヒドロシリル化によるオキシム合成反応(Ga-Rh錯体)、In配位子によりON/OFF制御可能な sp^2 C-H結合活性化反応(In-Rh錯体)の開発に成功し、13族金属-遷移金属二核錯体触媒の合成化学的有用性を実証した。

2. マルチメタリック可視光レドックス触媒の創製と利用

本二核錯体合成法を2つの遷移金属同士の組み合わせへと拡張することで、パラジウムをメタロリガンドとしてもルテニウム錯体(Ru-Pd錯体)の創出に成功した。

本錯体は金属-金属結合に起因した高エネルギー準位のHOMOをもち、また光増感機能と二酸化炭素還元機能を兼ね備えた多機能触媒として働く。これにより、ジカチオン性Ru-Pd錯体を単一触媒として用いた可視光照射下における常圧二酸化炭素の一酸化炭素への光還元反応の開発に成功し、従来触媒の触媒活性を大きく上回る反応の高効率化を達成した。本研究成果により、“遷移金属錯体の可視光レドックス機能をメタロリガンドによりチューニングする”という可視光レドックス触媒の新しい分子設計・反応制御概念を確立した。

3. 3級ホスフィンのC-H結合ホウ素化反応の開発ならびにAmbiphilic配位子群の創製と利用

3級ホスフィン、遷移金属触媒の配位子として最も汎用される化合物であり、その機能拡張と分子多様性の創出は触媒開発における重要課題である。同氏は、ルテニウム触媒を用いた3級アリールホスフィンのオルト位 sp^2 C-H結合ホウ素化反応を開発することで、ルイス酸性のホウ素とルイス塩基性のリンを併せ持つAmbiphilic配位子の簡便合成を実現するとともに、ホスフィン配位子の後期誘導化法として確立した。さらに、この生成物にジアルキル亜鉛を作用させるとホウ素/亜鉛交換反応が円滑に進行してビス(*o*-ホスフィノフェニル)亜鉛が得られることを見出し、その低原子価遷移金属との錯体化によってZn-Pd錯体やZn-Ru錯体の合成に成功した。本錯体群は、亜鉛が電子受容性配位子(Z型配位子)かつルイス酸点として機能する二核錯体であり、新しいメタロリガンドの化学を切り拓いた。

以上のように鷹谷氏は、金属-金属結合をもつ異種金属二核錯体触媒の系統的かつ効率的な合成法を確立するとともに、その合成反応開発における有用性、優位性、独自性を実証してきた。これらの成果は、「金属-金属結合をもつ二核金属錯体の精密合成と触媒利用」という新領域を切り拓くとともに、環境調和型物質合成法開発に欠かせない高活性遷移金属触媒の新たな設計指針を確立したのとして高く評価できる。よって同氏の研究業績は、有機合成化学協会東ソー・環境エネルギー賞に値するものと認め、ここに選定した次第である。