

本学名誉教授の西島和彦先生が平成 15 年度の文化勲章を受章



本学名誉教授の西島和彦先生が平成 15 年度の文化勲章を受章されました。西島先生は 1926 年東京のご出身で本学物理教室を卒業後、大阪市立大学、米国イリノイ大学で教鞭をとられました。その後、1966 年に東京大学理学部物理学教室教授となられ 1986 年に京都大学基礎物理

学研究所に所長としてお移りになるまで本学の研究・教育に尽力されました。1979-82 年には理学部長をお務めになっています。

今回受章の対象となった「西島・ゲルマン」の法則は、1950 年代に奇妙な粒子と呼ばれた K, Λ, Σ 粒子など一群の粒子の振る舞いを、奇妙さ(ストレンジネス)と呼ばれる量子数を導入することにより説明したお仕事で、あまりにもよく知られています。西島・ゲルマンの法則によれば、素粒子の持つストレンジネスを S 、バリオン数を B 、アイソスピンの第三成分を I_3 とし電荷を Q とするとこれらの量の間には $Q = e(I_3 + S/2 + B/2)$ の関係が成立します。

ストレンジネスの概念は現在では素粒子のフレーバーとして一般化され、カラーと共に素粒子のもつ最も

基本的な量子数として、現代の素粒子物理学の中心的な概念を形成しています。

西島先生はストレンジネスの導入のほかに、場の理論における束縛状態の記述や分散理論を用いた場の理論の再構成、さらに繰り込み群を用いたゲージ理論の分析などにも優れた業績を残されています。また、先生は明快な教科書を書かれることでもよく知られており、以前ベンジャミンから出版された「Fundamental Particles」や「Particles and Fields」は院生の間で広く用いられました。日本語の教科書としては「場の量子論」(紀伊国屋書店)などがあります。

西島先生は 1989 年に学士院会員となられ、1993 年には文化功労者に選出されておられます。理学系研究所・理学部を代表して、心からご受章をお祝い申し上げます。

岩澤教授、平成 15 年秋の紫綬褒章を受章



本学評議員で 21 世紀 COE プログラム「動的分子論に立脚したフロンティア基礎化学」拠点リーダー

である化学専攻の岩澤康裕教授が、2003 年 11 月 3 日秋の褒章発令において、学術、芸術上の発明、改良、創作に関し事績の著しい方を対象とする紫綬褒章を受章されました。

岩澤教授は永年にわたって、触媒化学・表面科学の教育、研究に努められ、また、触媒化学と表面科学を融合した触媒表面科学の新領域を切り開き、先導されています。触媒の作用機構は触媒活性点の幾何学構造、電子構造、反応分子との相互作用、反応経路の選択性など多様な因子を含んでおり、その解明は応用の重要性にも関連して基礎的研究の主要な目標となっていますが、岩澤教

授は、従来困難とされていた不均一系固体触媒の表面活性構造の設計に成功し、設計した表面及び単結晶触媒モデル表面に表面科学的解析手法を適用して、触媒作用の機構の解明に対して独創的研究を展開し、触媒基礎化学に大きな衝撃と研究のブレークスルーを与えるなど傑出した業績を挙げられました。特に、触媒反応における材料表面での原子・分子レベルでのダイナミックな動きを、複合顕微鏡等の独自に開拓された手法により瞬時に画像化・観察できることを示されたことは、新たな学問の潮流をつくられた特筆すべきものです。

時間分解 X 線吸収微細構造 (XAFS) 法による ナノクラスター触媒の構造追跡

—世界最高の時間分解能と解析精度—

岩澤 康裕 (化学専攻)

触媒について

最近の化学工業プロセスの9割近くが触媒を使って実現されており、触媒は医薬、農薬、ポリマー、ガソリンなど物質を効率よく生産することで人類社会を支えている。また、燃料電池、光環境材料、センサーなども触媒を用いてシステムが成り立っている。さらに、日本と米国において触媒が生産する製品総額は先進国は別にして一国の国民総生産に相当する程の経済貢献を持つと言われる。今後の環境、エネルギー、資源という3大課題を解決するために触媒の役割は一層大きいものとなっている。

このような現実的な触媒の働きは重要であることはよく認識されている反面、固体触媒の触媒作用の原理や反応の機構については驚くほど分かっていない。従って、未だ触媒表面の原子分子レベルの設計指針と方法論が確立されていないと言える。

この理由には幾つかの要因があるが、最も大きな障害は表面に分散する活性点構造の触媒反応中の時々刻々の変化を追跡する有効な手段がほとんど無いことによる。触媒反応中、触媒の表面構造は一定不変では

なく大きく変化することが多く、その構造変化と対応して触媒機能が生まれている。触媒を理解し何故どのように触媒作用が生まれるのかを理解するためにはどうしても触媒表面の活性構造のダイナミクスを明らかにする必要がある。では、どのような手段によってこの種の課題に取り組んでいけるのだろうか。

時間分解 X 線吸収微細構造法

X 線吸収微細構造 (XAFS) 法は触媒構造を解析する手段として優れた特長を持っている。その理由は、X 線を用いるため触媒反応条件下で測定が可能であること、局所構造を解析する理論に基づくため長周期秩序構造を持たない触媒のような分散系に適していること、結晶・粉末・アモルファス・ペーストなどどのような形態にも適用可能であること、複数の元素が混在した試料の解析もできることなどによる。しかし、通常の XAFS は平板 Si 結晶モノクロメーターを機械的に回転することで必要なエネルギー (波長) 領域をスキャンして一つのスペクトルを得ているため、一つのスペクトルを測定するのに 10 - 60 分を要するのが普通

である。従って、従来型 XAFS 法を用いて反応中の構造変化を時々刻々追跡することは困難である。

一方、湾曲 Si 結晶を用いると白色 X 線を一点に焦点を結ばせることが可能である。この焦点に試料を置けば必要な全波長領域の X 線が同時に吸収でき、つまり一挙にスペクトルを得ることが可能となる。試料によって吸収された X 線は同時に波長毎に位置敏感検出器 (フォトダイオードアレイ) に到達し強度が測定される。このエネルギー分散型 XAFS 法の原理を利用することにより、モノクロメーターの機械的回転 (波長スキャン) することなしにスペクトルを得ることが可能となる。

この原理による測定は KEK-PF の松下が報告して以来海外の幾つかのグループが研究を展開していたが、我々は 2000 年にそれまでの時間分解能を約 1 桁向上させ、1 秒ごとの触媒活性構造変化を測定することを可能とさせた。また、スペクトルの完全な解析を初めて報告した。2003 年、時間分解能をさらに 1 桁向上させ、100 ミリ秒毎に表面の分散した金属ナノクラスターの構造変化を追跡することに成功した。時

間分解 XAFS 法は、現在、触媒自身のダイナミクス研究に唯一の手法である。

MgO 表面上のルテニウムクラスター [Ru₆C] の構造追跡

酸化マグネシウム表面に固定化した [Ru₆C] クラスター触媒は、CO/H₂ 合成ガスを転換し選択的にメタノール、ホルムアルデヒド及びジメチルエーテルを生成する特長を有する。この新型 [Ru₆C]/MgO 触媒の CO/H₂ 触媒反応の初期段階を時間分解 DXAFS で追跡に成功した。

構造変化の概略を図 1 に示す。まず、[Ru₆C] クラスター骨格に 6 CO 分子が吸着（配位）し、4 秒遅れて骨格が膨れ始め、膨潤は 11 秒後までかかり、膨潤が一段落するとさらに 5 CO 分子が吸着し、約 30 秒後に [Ru₆C(CO)₁₁] クラスターが完成する。この構造が高い触媒活性を持つ。逆に、吸着 CO が反応して消失したり、脱離すると、膨潤したクラスター骨格が縮まっていく。その過程は膨潤より約 100 倍遅い。最初に 5 CO 分子が脱離してから、時間差を置いて 5 分後にさらに 6 CO 分子が脱離し裸のクラスターになる。その後 3 分してクラスター骨格の収縮が始まり 3 分で完結し、完全に初めのクラスター [Ru₆C]/MgO 触媒へと戻る。これらは可逆的現象である。また、図 1 には構造変化のエネルギープロファイルも示した。この種のダイナミックな構造とエネルギー情報は初めてのもので、化学結合の形成、切断の順序、時間スケール、結合距

離の変化などが直接解析できるようになり、通念とは異なる固定化クラスターの挙動が明らかになりつつある。

Al₂O₃ 表面の固定化ロジウムクラスター構造の拡散過程の追跡

アルミナ表面の分散担持された Rh クラスターが、CO 分子の吸着によりバラバラになり、最終的にモノマーまでに変化することは、20 年来、現象が知られていたがそのダイナミクスを追跡する手段がなかったために実際に何が生じているかを理解することができなかった。時間分解 DXAFS 法によりこの金属クラスター

の表面拡散過程を追跡し、ダイナミック過程の途中に存在する中间体構造を捉えることに成功して、この種の問題を決着した。100 ミリ秒の時間分解 DXAFS と構造変化の概略図を表紙図に示した。

おわりに

本研究の主たる内容は、9 月末に新聞記者発表したもので、また、Angew. Chem. Int. Ed. の VIP Paper に選ばれた論文内容である。なお、本研究は 21 世紀 COE プログラム「フロンティア基礎化学」の下に行われた。

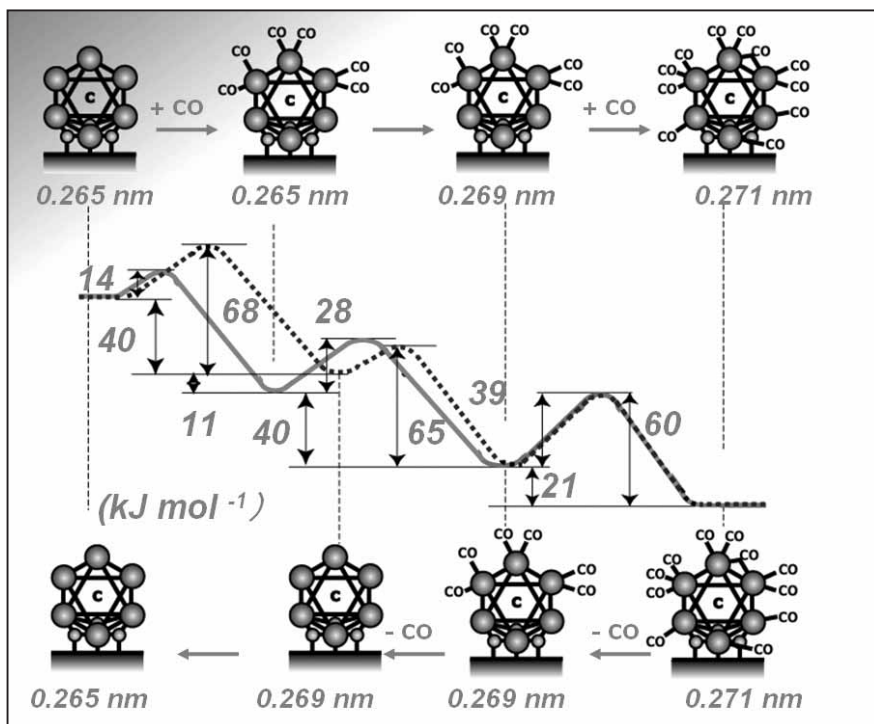


図 1 MgO 表面上のルテニウムクラスターによる CO/H₂ 触媒反応の初期過程における可逆構造変化とエネルギープロファイル

化学専攻の中村栄一教授が第 55 回日本化学会賞を受賞



中村栄一教授が平成 14 年度日本化学会賞を受賞しました。同賞は、「化学の基礎または応用に関する貴重な研究をなし、その業績が特に優秀な者」に贈呈されるもので、今回受賞の対象となった研究は「新規有機化学反応に基づく機能性分子の創製」です。

中村先生は、多種多様な有機分子を望みのままに操ることを目指して研究を行い、数多くの重要な有機反応を発見しました。その中で、有機銅化合物やカルベン活性種による炭素-炭素結合形成反応が、 C_{60} やカーボンナノチューブなどに代表される炭素クラスター分子の化学修飾に極めて有効であることを示しています。これら独自の反応を用いて創り出される一群の炭素クラスター化合物は、いずれも独創的な構造を持ち、これまでに無い機能を発現します。

例えば、両腕構造を持つフラーレン分子には DNA を凝集する性質があり、現在これを利用して動物細胞への遺伝子導入法の開発が進んでいます。また、フラーレン・フェロセン複合分子を始めとする種々の

フラーレン・金属錯体は、 C_{60} 分子への有機基 5 重付加反応によって初めて合成の道が開かれ、超分子の興味深い現象を示すことが明らかになっています。5 つのフェニル基を持つ 5 重付加体の陰イオンは水に溶けて水中で整然と集まり、大きさの揃った層構造を持つベシクルを形成します。これは、「硬い」脂質二重膜という、これまでに存在しなかった新しい物質です。一方、長い炭素鎖を持つ 5 重付加体は、液晶としてのユニークな性質を示します。これらは、電子素子や触媒としての炭素クラスターの新たな可能性を示すものです。

中村先生の、こうした有機反応化学から機能物質科学をシームレスに繋ぐ研究に、学会の内外から益々注目と期待が集まっています。

化学専攻の西原寛教授が第 20 回日本化学会学術賞（無機化学・分析化学部門）を受賞



西原 寛教授が、第 20 回日本化学会学術賞（無機化学・分析化学部門）を受賞し、本年 3 月に表彰された。学術賞は化学の基礎または応用の各部門において先導的・開拓的な

研究業績を挙げた研究者に贈呈される賞で、今回、受賞の対象となった研究は、「新しい π 共役錯体系の創製と多重物性・機能に関する研究」である。

〔研究紹介〕

「フォトクロミック分子」と呼ばれる、二色の光の照射で分子の構造や色が可逆的に変化する物質がある。分子メモリ、分子スイッチ、分子モーターなど、分子素子の部品として注目されている。その代表例のアゾベンゼンは紫外光を当てるとトランス体からシス体へ変化し、青色光を当てるとシス体からトランス体へ戻る。西原教授の研究グループでは、多重機能分子の研究の一つとして、

この光機能分子と面白い電子、磁気、光学物性を示す金属錯体とを融合した「フォトクロミック錯体」の創製を行っている。例えば、フェロセンをアゾベンゼンと結合した分子の場合、異性化を起こす光の色を変えることができ（緑色光を用いてトランス体からシス体にする）、さらに、その分子から電子を一個抜いた状態では、同じ色の光で、可逆的に元に戻すことができる。すなわち単一光とレドックスの組合せで可逆な異性化を起こす。また発光性の白金錯体をつけたアゾベンゼン分子では、アゾ基がトランス体のときは発光が完全に抑えられ、光異性化してシス体になると発光する。すなわち光入力-光出力を分子レベルで可逆的に行うことができる。