

化学

電子と光を操る表面・界面の化学

大学院理学研究院・大学院総合化学院
(理学部化学科)

専門分野：物理化学、電気化学、触媒化学、光化学、ナノ構造化学
研究のキーワード：界面、走査プローブ顕微鏡、単分子層、電極触媒、光機能材料
HP アドレス：http://wwwchem.sci.hokudai.ac.jp/pc/

むらこし けい
教授 村越 敬



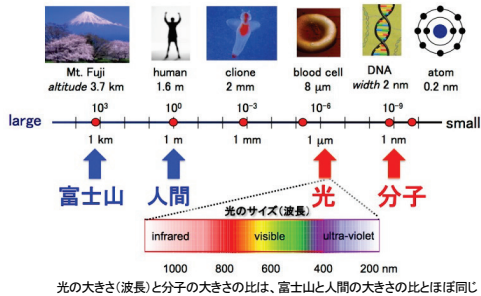
出身高校：千葉県立千葉高校
最終学歴：北海道大学大学院
理学研究科化学専攻

何を目標しているのですか？

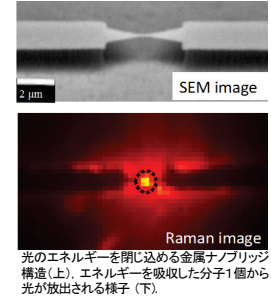
エネルギーの有効利用は、これからの社会において非常に重要です。すでに我々の身近でも燃料電池自動車や太陽光などを用いた再生可能エネルギー技術が次々と使われるようになって来ていますが、物質や光が本来有するエネルギーを余すことなく利用するレベルにまでは達していません。我々は、これまでの限界を越えて物質内の電子や光のエネルギーを自在に利用可能とする物質系の創出を目的に、化学の立場から研究を進めています。

どんな実験を行っていますか？

物質に光を当てると、物質内の電子がその光をエネルギーとして吸収します。一般的に、このとき吸収される光の色（波長）は限られており、その量も非常にわずかで、太陽電池などはその一部を使っているのが現状です。それは光を粒子として考えたときにそのサイズ（波長）が物質、例えば光を吸収する分子、と比較して余りに大きく希薄で相互作用に限界があるからです（下図）。そこで我々は、金や銀などの金属を約10ナノメートル（ $10\text{ nm} = 10^{-8}\text{ m}$ 、髪の毛の太さの1万分の一ぐらい）前後の大きさで形を整えると、光のエネルギーをその小さな構造の中に閉じ込める性質があることに着目して、この現象を利用することに取り組みました。実験では、化学的な材料合成手法や電子回路を描画する際に用いる半導体ナノテクノロジーを使って金属ナノ粒子の形状を制御し、その後、電気化学的な手法で光と相互作用させる物質を構造体表面にて原子・分子レベルで方位などを制御して固定しました。その結果、ナノサイズの金属構造体の形を工夫すると、赤や緑、黄色といったいろいろな色の光を選んで閉じ込められるだけではなく、例えば尖った構造体同士を向い合わせると非常に小さい1nm以下の隙間に光のエネルギーを閉じ込められることもわかりました。物質が光を吸収する様子を特殊な顕微鏡を用いて調べた結果、この光が閉じ込められている部分では、物質や分子が光に対して通常とは異なる振る舞いを示し、これまで光を吸収



できなかった物質が光を吸収したり、吸収する光の色を変化させたりすることが明らかとなりました（右図）。これより、**界面**における物質の組み合わせを**単分子層**レベルで制御することによって、従来の常識では考えられない性質を引き出せることがわかりました。さらに研究を進めた結果、吸収した光のエネルギーを電流として取り出したり、化学反応における酸化還元駆動エネルギーとして利用できることも明らかになりました。



次に何を目標しますか？

上記の研究によって、物質系の構造をナノサイズで制御することによって、物質の光を吸収する能力を変えられるだけではなく、光のエネルギーを電子のエネルギーに変換して効率的に利用可能となることがわかりました。これらの発見は、これまでとは全く異なる原理で動作する効率の良い太陽電池や燃料電池の電極の創出につながるものが期待されています。私たちは、あらゆる色の光をナノの空間で効率的に捕獲し、その光のエネルギーを電子のエネルギーとして自在に操る物質系を開拓していきたいと思っています。エネルギーの有効利用とは、素子の動作効率だけではなく、その素子の構築、性能保持、寿命が尽きた後のリサイクルなどに必要なエネルギーをすべて考慮する必要があります。今後は、上記の系にもっとありふれた安価な金属や、構造の組み合わせによって無限ともいえる物性を示すナノカーボン（炭素）材料を積極的に適用し、トータル性能で環境負荷を激減させる試みを進めています。将来は、紙の様に薄いにも関わらず高い性能を示す一方、修復やリサイクルにもエネルギーを消費しない高機能性電極が創出できればと思っています。

北大で上記の研究をするメリットは何ですか？

私はもともと高校までは、化学より物理の方が好きでした。しかし、大学に入って勉強をしているうちに「もの」を触る化学に興味を湧いてきました。以来、化学分野に関連ある国内外の複数の研究機関、大学に所属した経験を経て、現在の立場で研究を進めています。私たちの行っている研究の進展には、無機・有機合成から触媒反応、光デバイス、理論化学、工業化学さらには人工光合成や環境科学に関連した広い知見が必要と思っています。北海道大学では上記の課題それぞれに世界でトップクラス研究を牽引する優れた化学分野の研究室がたくさんあり、相互の交流も非常に盛んで大いに刺激を受けています。世界的にみてもこれだけの異なる専門知識を有する最先端の化学研究者が揃っている大学は他になく、未踏の難課題解決に挑戦するには最適な環境にあると思っています。

参考書

- (1) 『ナノ光源による透明物質への光吸収誘起』、OHM、11月号、p. 8 (2013)。
- (2) 『光と物質が織りなす新しい物質相』、化学、9月号、p. 66 (2014)。
- (3) 『分子ナノプラズモニクス』、化学と工業、10月号、p. 867 (2014)。