金ナノ粒子のナノ光学物性に関する研究[†]

西山 嘉男^{*}

Study of Nano-Optical Properties of Gold Nanoparticles

by

Yoshio NISHIYAMA^{*}

今回縁あって、極限環境部門委員会のご推薦により執筆する機会をいただきました。私は大学院在籍時より分光測定をメインに研究してきた、「計測屋」です。幾分畑違いではあるのですが、本稿では主に、私が少し前まで行ってきた、近接場光学顕微鏡を用いた金ナノ粒子に関する研究を、材料分野との関連とともにご紹介させていただきます。

近接場光学顕微鏡は、光源のごく近くにしか存在しない近接場光を利用する少し特殊な方法で、通常の光学顕微鏡よりもはるかに小さいものを観測することが可能です。特に、金や銀といった貴金属のナノ粒子に関しては、特徴である表面増強効果がどこで起こっているのかを直接観測することができます。図1には、近接場光学顕微鏡で観測した棒状の金ナノ粒子(=金ナノロッド)の発光像が示してあります。ナノ粒子内での光の増強は自由電子の集団振動であるプラズモンにより起こりますが、実際にプラズモンの振幅の大きな位置で発光が増大することが観測されます。この顕微鏡は、他の金属ナノ構造にも適用でき、例えば、金ナノ粒子を並べた場合には、そのギャップの位置で増強効果が大きくなることが観測できます。同様に、デバイスに適用できるような多くの金ナノ粒子を敷き詰めた構造に関しても、どの場所で増強効果が起こるのかを特定することができました。プラズモンの増強効果を利用したプラズモニク材料はセンシング分野をはじめとして、光電変換デバイスなど様々な用途への応用が実現・検討されています。一方、近接場光学顕微鏡に関しては、市販品でなかなか使い勝手の良いものではなく、研究分野でも十分に普及しているとはいえないのが現状です。(実際、使用した顕微鏡は、研究室で自作したものです。)ただ、年々、多様な様式の近接場光学顕微鏡が開発されるなど、利便性は高くなってきており、将来的にはプラズモニク材料を設計するための有用なツールになるのではないかと期待しています。

また、私自身はこれに加えて、近接場顕微鏡下でプラズモンの寿命を計測することに取り組んでいました。そのためには、当時例のなかった、フェムト秒レーザーを用いた時間分解計測法と近接場光学顕微鏡を組み合

図1 金ナノロッドの近接場光学像(上、点線はナノロッドの概形) および、プラズモンの振幅を示す波動関数(下)

わせた装置を構築するという課題があったのですが、大学院時代に培ってきた時間分解計測法のノウハウを基に、なんとかプラズモンの寿命を決定できる性能を実現することができました。それにより、金ナノ粒子を用いて高い表面増強効果を得るためには、プラズモンの長寿命化が不可欠であることを見出すことができました。

現在は、所属が変わったことを経緯に、金ナノ粒子のプラズモンそのものの研究から、ナノ粒子を用いて他の対象を分析することへ研究がシフトしています。近年、金ナノ粒子を用いたセンシングは分子の検出だけではなく、タンパク質などのキラルな分子の識別にも適用できる可能性が指摘されています。実際、金ナノ粒子がナノスケールでキラル選択的な光学の性質を持っていることを、近接場光学顕微鏡で観測することができました。これらの結果を背景に、キラルな分子を識別・定量分析できるような金ナノ粒子構造の作製や方法論の開発に取り組んでいます。

最後になりますが、今回紹介させていただいた研究の大部分は特任助教として勤務した分子科学研究所で行ってきたものです。指導して下さった岡本裕已教授に感謝の意を述べさせていただきたいと思います。また、現在の研究をサポートしていただいている金沢大学の井村久則教授、また大学院時に研究の基礎を指導して下さった同志社大学の木村佳文教授に対しても、この場を借りて感謝の意を述べさせていただきたいと思います。

[†] 原稿受理 平成 29 年 9 月 20 日 Received Sep. 20, 2017 ©2017 The Society of Materials Science, Japan

^{*} 金沢大学大学院自然科学研究科 〒920-1192 金沢市角間町, Grad. Sch. of Nat. Sci. & Tech., Kanazawa Univ., Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192