

新原理による単一分子 発光・吸収分光を実現 伝播しない光「局在プラズモン」を利用

理研

理化学研究所(理研) K
i m表面界面科学研究室の
今田裕研究員、金有洙主任
研究員の研究チームは、
単一分子の発光・吸収特性
を分子スケールの空中分解
能で計測することに成功し
た。

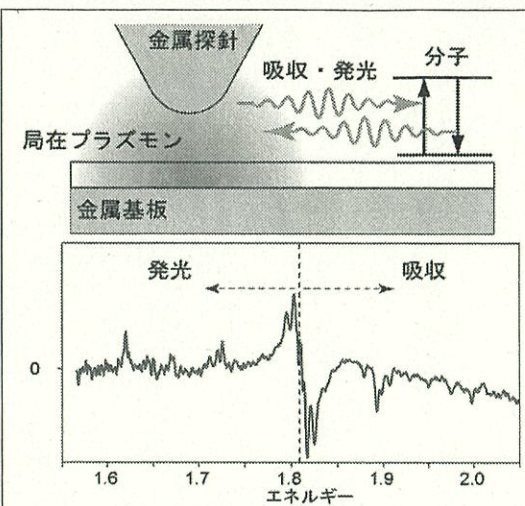
有機分子を太陽電池や光
触媒、発光ダイオードなど
の光エネルギー変換デバイ
スに用いる場合、分子がど
のような光を吸収し発光す
るかといった光学的な特性
を調べることは重要であ
る。これまで発光・吸収特
性計測には、光学技術が用
いられてきたが、感度が低
く測定には多くの分子が必
要であった。今田研究員に
よると「伝播しない光とも
呼ばれる局在プラズモン」
と分子の相互作用を利用し
て、たった一つの分子の発
光・吸収特性計測に成功し
ました」という。

研究チームは、局在プラ
ズモン(金属微細構造内の
自由電子の集団的な振動)
と分子の相互作用を独自に
開発した走査型トンネル顕
微鏡(S T M) 発光分光装
置を用いて詳細に調べた。

実験には、フタロシアニン
(H₂ P C) を用いた。S
T Mのトンネル電流で局在
プラズモンを励起させ、S
T M発光スペクトルの測定
を行ったところ、局在プラ
ズモンとH₂ P C分子の距
離が遠いときにはブロード
(広い) なピークを示し、
近づくにつれてブロードな
ピークの上に分子由来す
るシャープ(狭い) なディ
ップ(へこみ) やピークが
現れることを見出すことが
できた。

理論解析の結果、観測さ
れたディップは、局在プラ
ズモンから分子へのエネル
ギー移動(分子によるエネ
ルギー吸収) によって、ピ
ークは、プラ
ズモンを吸収
して励起され
た分子からの
発光によって
生じることが
分かった。ま
た、発光過程
と吸収過程が
同じエネルギー
で起きる特
別な場合に
は、量子力学
的干渉効果の
ために非対称
なディップ形
状が現れることも明らかと
なった。さらに、測定され
たスペクトルには、分子振
動に由来する小さな発光ピ
ークと吸収ディップも含ま
れており、分子に関する詳
細な分光情報を含んでいる
ことが分かった。

今田研究員の話「超高感
度の吸収特性計測はこれま
で非常に困難とされてお
り、基礎科学的な観点から
重要な成果です。これらの
新しい計測手法は、単一分
子を構成要素として、新し
いエネルギー変換・情報処
理デバイスを研究する、単
分子励起工学の開拓・発
展に貢献すると期待できま
す」



①プラズモンと分子の間のエネルギー移動の概念図。②スペクトル解析結果。分子振動由来の小さなディップやピークがはっきりと確認された

ピークは、プラズモンを吸収して励起された分子からの発光によって生じることが分かった。また、発光過程と吸収過程が同じエネルギーで起きる特別な場合には、量子力学的干渉効果のために非対称なディップ形状が現れることも明らかとなった。さらに、測定されたスペクトルには、分子振動に由来する小さな発光ピークと吸収ディップも含まれており、分子に関する詳細な分光情報を含んでいることが分かった。