キラル勾配力による単一分子のエナンチオ選択的な光圧捕捉

Enantioselective Optical Trapping of Single Molecules by Chiral Gradient Forces

北里大理 [1]，阪府大院工 [2]，府大院基礎工 [3]　○山根秀勝 [1]，余越伸彦 [2]，石原一 [2,3]，岡寿樹 [1]
Kitasato Univ. [1], Osaka Pref. Univ. [2], Osaka Univ. [3]
○Hidemasa Yamane[1], Nobuhiko Yokoshi[2], Hajime Ishihara[2,3], Hisaki Oka[1]
E-mail: h.yamane@kitasato-u.ac.jp

ある物体がその鏡像と重なり合わせることができない性質のことをキラリティといい、この性質を持つ分子をキラル分子と呼ぶ。キラリティに対して物理的な性質として、円二色性や旋光性などの光学活性があるが、分子(数 nm)と光の波長(数百 nm)のサイズスケールの隔たりが大きすぎるため、単一分子の光学活性を観測することは極めて困難である。近年、金属ナノ構造体が作る局在表面プラズモンを用いて回折限界を超えるナノ物質の光圧捕捉が実現しており、単一分子レベルの光圧捕捉の実現が期待される。このような局在表面プラズモンにおいては、金属構造近傍に強くねじれた光電場(superchiral field) [1]が局所的に発生することが知られており、実験的観測も報告されている[2,3]。この superchiral field を用いることでナノメートルスケールにおける光学活性の検出やキラル選別が期待される。

我々は部分細分化を取り入れた離散双極子近似法[4]を用いて、量子化学計算から求めた分子内部のミクロな 3 次元的分極構造と、プラズモンを誘起するマクロなナノ金属構造体との相互作用を同時に取り扱い、プラズモン中の単一分子の光学応答を解析した。本研究では、例として金属ナノ構造体と、螺旋状のキラル分子であるペンタヘリセン(Fig. 1)を考え、局在プラズモンを用いたキラル分子に働く輻射力を調べた。分子が金属ブロックの角上にあるときの分子に働く輻射力のスペクトルを Fig. 2 に示す。輻射力スペクトルは、分子の共鳴エネルギー付近でピーク・ディップ構造を持つ電場勾配力が支配的であることがわかる。キラル分子に対しては、この電場勾配力のほかに optical chirality の空間勾配に起因するキラル勾配力[5,6]が働くため、ペンタヘリセンの鏡像異性体（P 体・M 体）に対して輻射力スペクトルが異なる変調を起こすことを明らかにした。同一波長の光照射において、引力・斥力によるエナンチオ選択的な光圧捕捉が可能であることを示した。

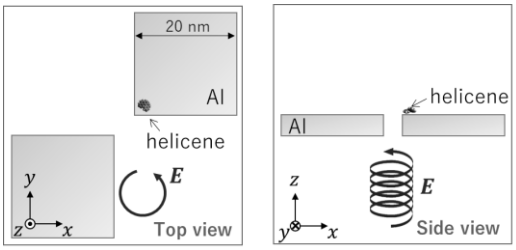

Fig. 1. Schematic picture of the model.

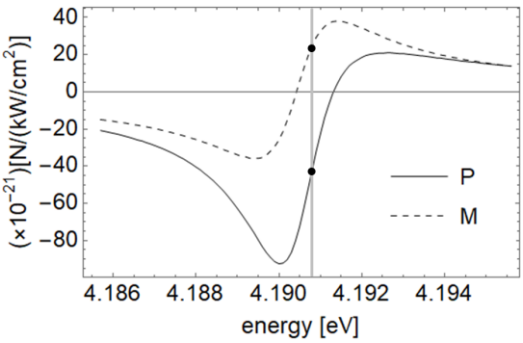

Fig. 2. Radiation force spectra acting on a pentahelicene molecule P (solid line) and M (dashed line) structure.

[1]. E. Hendry, *et al.*, Nat. Nanotech. **5**, 783 (2010).
[2]. Y. Zhao, *et al.*, Nat. Nanotech. **12**, 1055 (2017).
[3]. H. Okamoto, J. Mater. Chem. C **7**, 14771 (2019).
[4]. M. Takase, *et al.*, Nat. Photon. **7**, 550 (2013).
[5]. Y. Zhao, *et al.*, ACS Photonics **3**, 304 (2016).
[6]. T. Horai, *et al.*, Opt. Express **29**, 38824 (2021).

© 2022年 応用物理学会