

光共振器と有機化学の融合による機能性光素子の創出

山岸 洋

筑波大学数理物質系物質工学域 および エネルギー物質科学研究センター

1. はじめに

反射を介して光を微小な領域に閉じ込める光共振器は、古くから研究が進む基礎的な光素子であり、その広範な利用価値から世界中で広く応用的な研究が展開されている。光共振機能を発現するためには微細な形状加工が必要であったことから、無機材料が主だって用いられてきた。対照的に、有機材料を用いて光共振器を作成しようとする研究は材料・加工技術・機能いずれにおいても未熟な状態であり、実現はされているものの、それらは概して光機能面が無機系に劣り有機の独自性を発揮できずにいた。

一方で我々は有機分子の自己組織化を制御することで多様な有機材料を光共振器へと加工できることを過去に見出している。さらに近年では、この技術を基盤として光共振器に多様な有機化学的機能を付与することに成功している。本研究ではこれらの最新の成果を紹介すると共に、その中で見いだされた結晶材料についても報告する。

2. 光共振器 + 機能性有機化学

有機材料の特徴の一つとして、分子骨格に由来する異方性が挙げられる。我々は、新規に合成した多世代 dendrimer を単結晶性光共振器へと加工することに成功するとともに、その中で dendrimer の dendron が無配向、コアが 1 軸配向していることを見出した。この分子配向に由来して、dendrimer 共振器は特異な光捕集機能と、吸光・発光異方性が発現することを見出している。¹

無機系の共振器では、大気に漂う揮発成分が素子表面に物理吸着する現象を利用することでガスセンシングが可能である。我々は、揮発成分が共振器内部にまで入り込む有機光共振器の開発に成功した。表面吸着に比べて吸着量が大きくなることから光信号も大きくなり、低濃度の揮発成分を

検出することができる。また、分子間の相互作用に基づき芳香族系の揮発成分を選択的に検出することができた。²⁻⁴

以上のように、有機化学の多様な機能性を光共振器へ取り込むことに成功している。他にも、有機液滴共振器、⁵ 生体高分子光共振器⁶、柔軟性結晶光共振器⁷、光反応性光共振器^{8,9}、らせん状内部構造を持つ光共振器¹⁰などを実現している。これらの成果について、俯瞰的に紹介を行っていく。

3. 多孔質分子性結晶の合成と機能開拓

上述の共振器を作成している中で、我々は複数の多孔質分子結晶を見出している。これらの多孔質結晶は、弱い結合で構築されているという基礎化学的な興味、揮発成分への応答という応用化学的な価値を持つ。光共振器の研究と並行して行っているこれらの研究成果についても紹介を行う。¹¹⁻¹⁵

References

- (1) Iwai, K. *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, 59, 12674.
- (2) Qiagedeer, A. *et al.*, *ACS Omega* **2021**, 6, 21066.
- (3) Qiagedeer, A. *et al.*, *Mater. Chem. Front.* **2021**, 5, 799
- (4) Tanji, N. *et al.*, *under review.*
- (5) Fujita, K. *et al.*, *to be submitted.*
- (6) Heah, W. Y. *et al.*, *Mater. Chem. Front.* **2021**, 5, 5653.
- (7) Zhao S. *et al.*, *Adv. Opt. Mater.* *accepted.*
- (8) Hendra *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **2021**, 2103685.
- (9) Yamagishi, H. *et al.*, *Polymers* **2021**, 13, 269.
- (10) Oki, O. *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, 143, 8772.
- (11) Yamagishi, H. *et al.*, *Science* **2018**, 361, 1242.
- (12) Nakayama, A. *et al.*, *Chem. Commun.* **2020**, 56, 6937.
- (13) Yamagishi, H. *et al.*, *Commun. Chem.* **2020**, 3, 118.
- (14) Yamagishi, H. *et al.*, *Commun. Chem.* **2021**, 4, 122.
- (15) Oki, O. *et al.*, *under review.*