

アクティブマターの走化性に表れる量子効果

(阪大院基工) O伴 貴彦・杉山 倫章

【はじめに】

等方的な場において自らの能力により環境の化学エネルギーを力学的な仕事に変換し、自己推進を行う物質は“アクティブマター”と呼ばれ、人工ナノロボットとして最も有望である。アクティブマターの技術応用が精力的に展開されるためにはアクティブマターが特定領域に自律的に移動し、作業を遂行しうる能力を備える必要がある。外場を印加できないような領域でも要望通りにアクティブマターを移動させるためには、走化性機能を利用する方法が有力である。物質濃度の高い方向に向かう場合を正の走化性と呼び、反対の方向に向かう機能を負の走化性と呼ばれる。化学信号を用いて、アクティブマターの運動方向の制御を試みたところ、ランタニド元素に特有の量子効果である四組効果が非平衡系において発見された。

【結果と考察】

用いたアクティブマターは、pH の値に応じて界面活性能力が変化する界面活性剤 di(2-ethylhexyl) phosphoric acid (DEHPA) を含むニトロベンゼン液滴であり、pH の増加によってピッチフォーク型の分岐を示す^{1,2)}。

pH によって脱プロトン化した DEHPA は、その極性基を水相側に向けてアクティブマターの界面に吸着するため、アクティブマターは負に帯電した分子に覆われており、正の分子のレセプターとして機能する³⁾。ここで、我々はプロメチウムを除くすべてのランタニド元素を用いてアクティブマターの走化性を定量的に評価した。

化学誘導性指標と各希土類元素イオンの関係を図 1 に示す。四種類の連続する希土類元素イオンが組となり、上向きに凸型の関数を示す結果が得られた。これは、電子配置エネルギー変化による量子効果がマクロスケールに表れた現象で“四組効果”と呼ばれる。Gd が最下点となり、関数が折れ曲がる“Gd の折れ曲がり”効果も表れた。非平衡系で“四組効果”が観測されたのはこれが初めてである。平衡系で成立する RSPET 理論⁴⁾でフィッティングすると、正の走化性が最も高い物質 Dy および Tm が大きく外れる結果となった。

【参考文献】

- (1) T. Ban et al., *Langmuir* 29(2013)2554-2561.
- (2) T. Ban et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* 86, (2017) 101005.
- (3) T. Ban et al., *Soft Matter* 10(2014)6316-6320.
- (4) I. Kawabe, *Geochem. J.* 26(1992) 309-335.

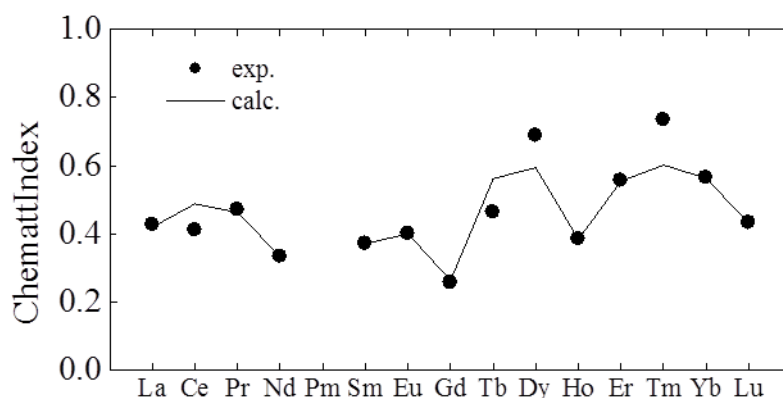


Fig. 1 Relationship between chemoattractive index and lanthanide series. The tetrad effect and Gd break are observed.