

# 光の波面を 90 度スイッチングするキラル光磁石

大越 慎一 (化学専攻 教授)

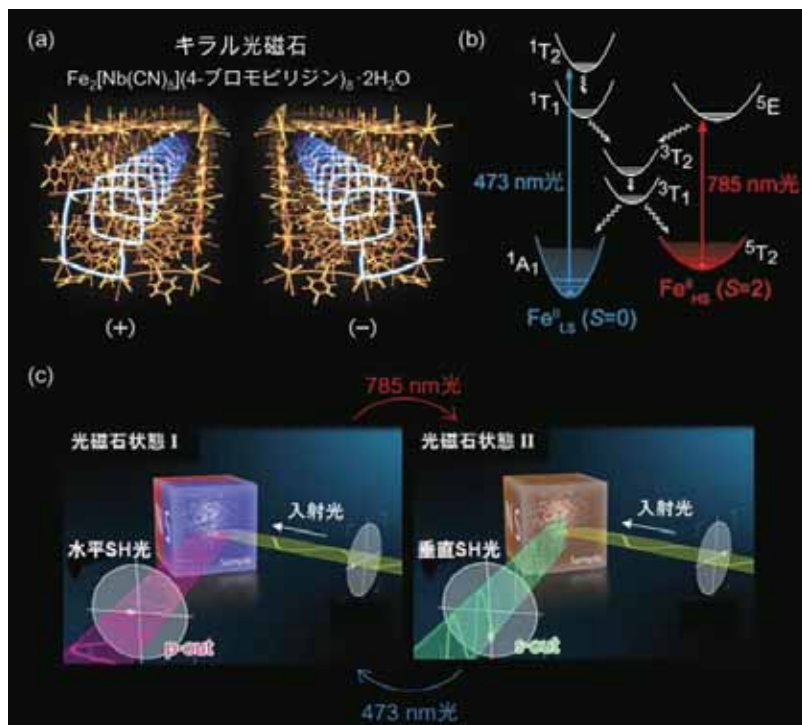
◇ 光で物理的性質が変化する物質、とくに光により磁性が変化する材料である光磁石は、新しい高密度磁気記録などにつながるため、開発が望まれている。今回、私たちは、キラル構造を有する光磁石 (キラル光磁石) を初めて合成し、磁石から出てくる光の波面を水平と垂直の間で可逆的に光スイッチングするという新現象を発見した。この原理を応用すると、「0」と「1」の2進法だけでなく、10進法などの多進法記録も実現できる可能性があり、新しい光記録デバイスや光センサーなどへの応用が期待される。

光相転移材料や光変換材料といった光で物性が変化する物質の研究は、学术界および産業界を通じて広く進められている。その成果のひとつとして、現在の光書き換え型の DVD やブルーレイなどの材料が挙げられる。いっぽう、磁性物質では、磁気テープやハードディスクといった磁気記録材料が長年にわたり用いられてきた。もし、光により磁気物性そのものを交換できるような光磁石があれば、光での微細な直接書き込みが可能となるため、新しい光磁気メモリーを実現できる可能性がある。これまで私たちは、光によって、磁極の反転もしくは磁化の大きさや磁気ヒステリシスなどの制御ができる光磁石を数多く報告してきた。

今回、私たちは、光磁石にキラル構造を付与することで、磁石から出てくる光の波面 (偏光面) を水平と垂直の間で可逆的に光スイッチングできる新現象を見出した。今回開発した物質は、鉄イオン、ニオブイオン、シアノ基からなるキラル構造をもつ磁石で、この物質に青色光 (波長 473 ナノメートル) と赤色光 (波長 785 ナノメートル) を交互に照射すると、可逆的に磁力を変えることができる。この新しいタイプの磁石をキラル光磁石とよぶことにするが、この物質が世界で初めての例となる。このキラル光磁石を用いて、非線形光学効果のひとつである第 2 高調波発生 (物質にある波長の光を入射すると、半分の波長の光が出射してくる現象) の研究を行った。その結果、青色と赤色の光で磁石の状態を変えることで、第 2 高調波として出射される光の波面が水平 (0°) と垂直 (90°) の間で可逆的に 90 度スイッチングできることを発見した。この現象は、キラル構造と磁氣的性質とが関連したことに起因する。

キラル光磁石では、90 度スイッチングのみならず、光誘起磁化の値に依存して第 2 高調波の波面を 0° から 90° の間で自由に変えることができ、たとえば 0°, 10°, 20°, … と刻めば 10 通りの波面をつくることのできる。すなわち、2 進法のような「0」と「1」の値だけでなく、10 進法を用いた全く新しい多進法高密度光磁気記録メモリーを実現できることを示唆しており、光記録デバイスや光センサーなどへの応用が期待される。本研究成果は、S. Ohkoshi *et al.*, *Nature Photonics* **8**, 65 (2014) に掲載された。また、同誌の表紙としてハイライトされると共に、研究エピソードなどのインタビュー記事も掲載された。

(2013 年 11 月 25 日プレスリリース)



(a) 新規に合成したキラル光磁石の結晶構造。(b) 本キラル光磁石の光磁性メカニズム。(c) 本キラル光磁石で観測された、第 2 高調波 (SH) 光の波面の 90 度光スイッチング現象。

# 生命系発展的進化の生きた化石「しあわせ藻」

野崎 久義（生物科学専攻 准教授），新垣 陽子（生物科学専攻 博士課程1年）

◇ 単細胞生物が多細胞生物に転換する「多細胞化」は生命系の発展進化の重要なプロセスであるが、その初期進化は謎に包まれている。われわれはこれまでほとんど研究されていなかった4個の細胞からなる「しあわせ藻」（シアワセモ）に着目し、多細胞生物としての基本的な特徴をもつことを世界で初めて明らかにした。これは世界最小の多細胞生物の発見であり、単細胞生物と多細胞生物の境界を明確に定義し、生物学の教科書の刷新をもたらす。シアワセモを今後の研究に用いることで、多細胞化の初期過程が分子レベルで解明されると期待される。

137億年前のビッグバンで宇宙が誕生したのちに私たちヒトのような多細胞生物はどのように進化してきたのであろうか。最近の進化生物学の分野では生命系の発展的進化には以下のような4個のプロセスがあり、それぞれ、以前の生命単位（個体，individuality）が集合して新たな単位に転換すると説明される。

1) 複製能力のある分子から原核細胞。2) 原核細胞から真核細胞。3) 単細胞生物から多細胞生物。4) 個体から社会。このような生命系の発展的プロセスのそれぞれを Evolutionary Transition of Individuality (ETI) という。ETIがどのような複数の素過程を経て新たな Individuality を生み出したのかを研究することは非常に興味深い。しかし、それぞれのETIにおいて発展進化の中間段階に相当するものが現存していない場合がほとんどで、実験的手法で研究が可能なETIは唯一3番目の「多細胞化」と考えられている。これは、単細胞のクラミドモナスから500以上の細胞から構成されるボルボックスにいたるまで、単細胞生物から多細胞生物の中間段階にあたる種が現存するモデル生物群である「群体性ボルボックス目」(図)を用いた研究で実現される。

われわれは単細胞生物から多細胞生物へ転換した初期が重要であると考へ、群体性ボルボックス目の中でもっとも早く約2億年

前に出現し、細胞数をもっとも少ないシアワセモに着目した(図)。この藻は4個の細胞で構成され、大きさは全体で20～30マイクロメートル。四つ葉のクローバーのような形をしている。シアワセモは4細胞性の生物として19世紀から知られていたが、20世紀までゴニウム(図)の1種と一般的には考えられていた。2009年の米国のグループの研究ではシアワセモは単細胞生物が寄り集まっただけと解釈され、注目されなかった。日本ではこれまでにこの藻は一般的にはほとんど知られておらず、和名もなかったため、今回のプレスリリースでわれわれは四つ葉のクローバーのような形をしているので「シアワセモ」と名付けた。

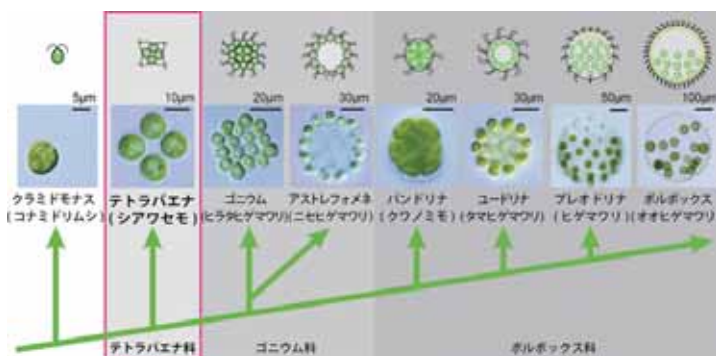
本研究ではシアワセモの細胞の特徴を分子レベルと電子顕微鏡レベルで詳しく調査した。その結果、4個の細胞が統一されて四つ葉のクローバー型の個体として全体で回転して泳ぐために、個々の細胞が単細胞生物とは異なる非回転対称構造になっていることを明らかにした。さらに、親の細胞が分裂して次世代を生み出すときに、次世代の4個の細胞が互いに手をつなぐような原形質架橋構造をもつことによって次世代の四つ葉のクローバー型をつくり出していることを電子顕微鏡による観察で確認した。したがって、シアワセモは単細胞生物とは異なり、多細胞生物だと結論付

けた。さらにゲノムを調べることで、どのような遺伝子が進化して多細胞生物ができたのか解明されると思われる。

シアワセモのわれわれの研究の始まりはこの藻の有性生殖が原始的であることを明らかにした1986年にさかのぼる(H. Nozaki, Phycologia 25, 29)。長い冬を終えてようやく芽を出したばかりの「シアワセモ」は今後の多細胞化の研究のブレークスルーとなると期待する。

本研究はY. Arakaki *et al.*, *PLOS ONE* 8, e81641 (2013) に掲載された。

(2013年12月12日プレスリリース)



図：生命系発展的進化のモデル生物群である群体性ボルボックス目と単細胞生物クラミドモナスの系統関係の模式図