



本件の報道解禁につきましては、平成 30
年 8 月 9 日(木)午後 10 時以降にお願いい
たします。

平成 30 年 8 月 7 日

世界初！室温で1つの分子に情報記録
～強誘電性を示す分子の開発により、記録密度が1000倍以上に～

【本研究成果のポイント】

- 強誘電性は一般的に単一分子で発現することはないとされてきましたが、単分子であって強誘電性を示す「単分子誘導体 (Single Molecule Electret, SME)」を世界で初めて実証しました。
- 本研究で開発した「SME」をメモリーとして実装することで、現在 HDD などに使用されている強磁性体メモリーの記録密度と比較して、1000倍以上向上させることが可能になります。
- 「SME」特性は室温以上で観測されることから、実用化に適しています。

【概要】

近い将来、記録密度の限界【1 Tbit/inch² (1×10¹² bit/inch²)】が訪れ、それ以上の記録密度の向上は見込めないとされてきました。ところが、広島大学大学院理学研究科の西原禎文准教授、加藤智佐都博士(元大学院生)らの研究チームは、室温で強誘電性(メモリー効果)を示す分子の開発に世界で初めて成功しました。今回開発した物質を用いることで、現在 HDD などに使用されている強磁性体メモリーの記録密度と比較して1000倍以上向上させることが可能になります。

本研究成果は、平成30年8月9日午後10時(日本時間)に、ドイツの科学誌 *Angewandte Chemie International Edition* のオンライン版に公開される予定です。

【発表論文】

論文題目

Giant Hysteretic Single-Molecule Electric Polarisation Switching above Room Temperature

著者

Chisato Kato, Ryo Machida, Rio Maruyama, Ryo Tsunashima, Xiao-Ming Ren, Mohamedally Kurmoo, Katsuya Inoue, Sadafumi Nishihara*

* Corresponding author (責任著者)

掲載雑誌

Angewandte Chemie International Edition

DOI

10.1002/anie.201806803 and 10.1002/ange.201806803

【背景】

強誘電体とは電場がなくても分極が整列しており(自発分極)、且つ分極の方向が電場によって反転する物質を指します。この自発分極の方向を0と1とに対応させることで、情報記録材料として用いることができます。実際、強誘電体を組み込んだ記録デバイスが実用化されており、FeRAM (ferroelectric random access memory)

と呼ばれています。

しかし、強誘電性は一定のサイズよりも小さくすると熱ゆらぎによって分極方向を保持できなくなってしまうという弱点を有しています。このサイズ効果によって微細化に物理的な限界が存在しており、これまで課題とされてきました。

【研究成果の内容】

今回、広島大学大学院理学研究科の西原禎文准教授、加藤智佐都博士らを中心とする研究チームは、これまでの強誘電体の理論を覆す新しい機構によって、本来強誘電性が出現しないとされていた単一分子で、強誘電体特有の自発分極と分極ヒステリシス（メモリ効果）を発現させることに成功しました。

この現象は、30個のタングステン、110個の酸素、5個のリン原子からなるかご状の無機分子「Pleyssler 型ポリオキシメタレート」で観測されました【図1】。この分子は内部に筒状の空洞を持ち、その中に1つのテルビウムイオン (Tb^{3+}) が格納されています。この分子に格納された Tb^{3+} イオンは、空洞の中心からずれた2箇所安定サイトのどちらか一方に存在しています【図1a】。この時、図1の分子は Tb^{3+} イオンの停止サイトに依存した分極を有しており、イオンが他方のサイトに移動することで分子分極の反転が起こると考えられます【図1b】。このイオン移動にエネルギー障壁 (U_E) が存在するとき、障壁よりも十分低い温度域ではイオンが移動できないために、分子分極の凍結が起こります。一方、この温度域で電場を印加すると、イオン移動を強制的に誘起することが可能となり、電場による分極反転を実現できます。実際、この材料は強誘電転移を示さないにも関わらず【図2a】、室温以上で強誘電体の性質である分極ヒステリシス【図2b】や自発分極【図2c】を示すことが明らかになりました。さらに、この分子を高分子内に分散させ、分子間相互作用を断ち切った状態であっても自発分極と分極ヒステリシスを確認したことから、単分子として強誘電的な性質を発現させることに成功しました。

上記の結果、 Tb^{3+} イオンを内包した Pleyssler 型ポリオキシメタレートが単一分子で強誘電体に特徴的な自発分極と分極ヒステリシスを示すことを明らかにしました。これは、従来の強誘電理論に則った一般的な強誘電体とは発現機構が異なり、単一分子で強誘電体の特徴である分極ヒステリシス（メモリ効果）を示す材料となります。言いかえると、従来の理論に基づいて算出された記録密度の物理限界に縛られない、新しい物質群であると定義することができます。

【今後の展開】

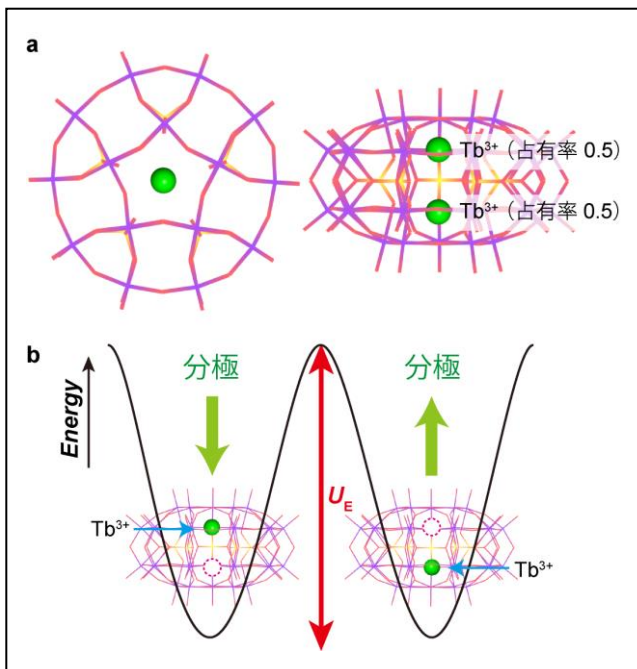
IoT、ビッグデータ、クラウドの時代を迎え、今後ますます大容量ストレージへの需要が高まってくることが予想されています。一方で、近々、記録密度の限界を迎えることが指摘されており、重要な社会問題の1つに挙げられています。この様な中、我々が開発した物質をメモリーとして実装できれば、既存の記録密度を1000倍上回る事が可能になります。実際、この分子を用いた際の理論的な記録密度は、1 Pbit（ペタビット）/inch²（ 1×10^{15} bit/inch²）程度と算出されており、これは既存の平面記録密度の限界値とされている1 Tbit（テラビット）/inch²（ 1×10^{12} bit/inch²）を大きく上回っています。従って、本研究成果はこれまで課題とされていた記録密度限界を突破することのできる重要な発見であり、今後、情報社会を大きく変えるポテンシャルを有していると言えます。

具体的には HDD やフラッシュメモリーなどの記録装置の超小型化が可能になります。

本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金（16H04223）及びキャノン財団「産業基盤の創成」事業の支援を受けて実施されたものです。

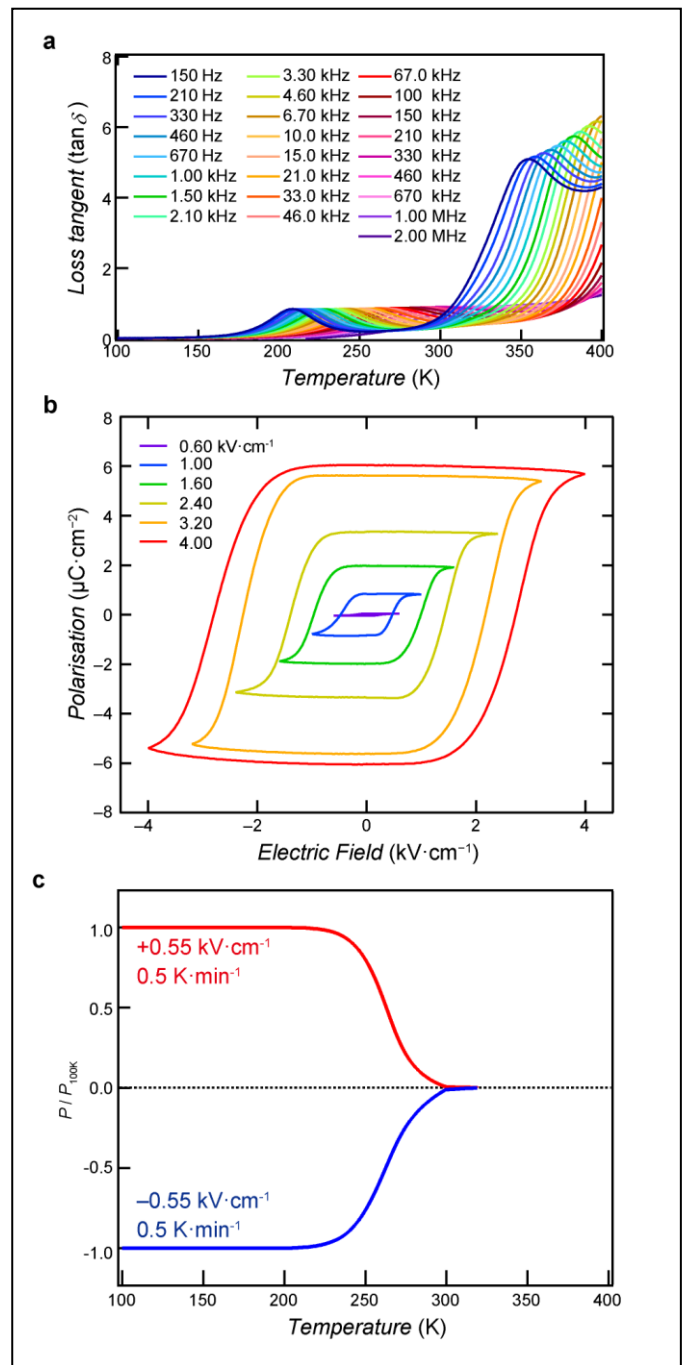
【参考資料】

図 1



- (a) ポリオキシメタレートの構造。分子内部に1つの Tb^{3+} イオンを含んでおり、その安定サイトが2箇所ある様子。
- (b) Tb^{3+} イオン停止するサイトによって分子分極が反転する様子。分極反転エネルギーよりも低い温度領域では、分子分極を凍結できる。

図 2



- (a) 誘電率測定から見積もった誘電損失の温度依存性。400K 以下で明確な強誘電転移は観測されなかった。
- (b) 290K における分極ヒステリシスの電圧依存性。明確な分極ヒステリシスが観測された。
- (c) 自発分極の温度依存性。300K 付近まで自発分極有している。

【お問い合わせ先】

広島大学大学院理学研究科
 准教授 西原 禎文 (にしはら さだふみ)
 TEL : 082-424-7418、090-2846-5873
 E-mail : snishi@hiroshima-u.ac.jp
 発信枚数 : A 4 版 3 枚 (本票含む)