

# トピックス

## 3次元像を1回の2次元走査のみから取得する新しいレーザー走査型蛍光顕微鏡法を開発

レーザー走査型蛍光顕微鏡法は、試料の3次元像を取得できる観察法として、生命科学を始めとした様々な学術・産業分野において広く普及している。一方で、3次元画像を得るためには、観察面を移動しながら2次元画像取得を繰り返す必要があることから時間を要するという課題があった。

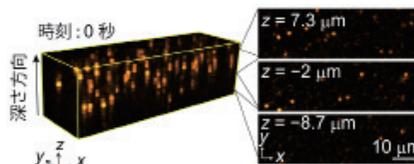
東北大学と大阪大学の研究グループは、試料の深さ方向に伸びた針状の強度分布を持つレーザー光を使ったイメージング法を新たに開発した。このような針状の走査スポットを用いると長焦点深度の画像を高速に取得できることから近年注目を集めているものの、得られる画像は試料の深さ情報が失われた2次元像であり、試料の3次元画像を得ることは不可能であった。

そこで本研究グループは、試料からの蛍光信号に対して波面操作を行う新たな方法を考案した。具体的には、発光物体の深さ位置に応じて像面で異なる面内位置に像を形成する波面制御パターンを設計した。これにより、針状スポットの深さ方向に沿って存在する発光物体の情報を像面での面内方向の情報として変換し、異なる深さ情報を同時に検出することが可能になる。構築したシステムでは、波長1μmの超短パルスレーザーを照明光として、通常の集光スポットの20倍以上の長さを持つ針状スポットを形成し、その1回の2次元走査のみから深さ20μmの範囲の3次元像を一挙に取得することに成功した。また、水中に浮遊する蛍光ビーズのブラウン運動の3次元的な軌跡を動画として記録できる性能を実証した。

開発したイメージング法は、通常のレーザー走査型顕微鏡装置と同様の構成において、照明光であるレーザー光と試料からの検出信号に対する光の波面操作で実現するものであり、高い拡張性と汎用性を有している。このため、生体試料だけでなく、材料科学研究で必要と

なる表面形状の観察や、産業現場における高速な3次元検査装置などへの応用展開も見込まれる。

本成果はBiomedical Optics Express誌に掲載された (DOI: 10.1364/BOE.449329)



東北大学多元物質科学研究所  
准教授 小澤祐市

連絡先: 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

E-mail: y.kozawa@tohoku.ac.jp

URL: <http://satolab.tagen.tohoku.ac.jp>

[2022年4月1日]

## 水分子の脱挿入により低温廃熱を繰り返し蓄熱できる層状構造酸化物を発見

余剰熱を蓄え必要に応じてその熱を放出することが可能な蓄熱材料には、顕熱型、相変化型、化学吸着型や化学反応型などの種類がある。しかし、顕熱型や相変化型は、吸放熱の可逆性に優れるものの蓄熱エネルギー密度が低く、化学吸着型や化学反応型は、蓄熱エネルギー密度が高いものの潮解性や大きな体積歪の発生などの原因により可逆性が乏しいという課題がある。そこで、蓄熱材料に求められる全ての特性を兼ね備える新しい蓄熱機構の材料が望まれている。

デルタ型層状二酸化マンガン ( $\delta$ - $K_{0.33}MnO_2 \cdot nH_2O$ ) は、結晶構造が異なる種々の二酸化マンガン多形の一つであり、層間にカリウムイオンや構造水を含む特徴がある。本研究で水蒸気雰囲気下での示差熱・熱量分析、示差走査測定、昇温下の粉末X線回折を行った結果、室温での相対湿度が約60-80%の湿潤雰囲気下での加熱冷却に伴い、層間構造水量が  $n \sim 0.5$  程度で層状構造を堅持したまま水分子が可逆的に脱挿入する挙動 (インターカレ-

ション反応) が生じることを実証した。

このインターカレーション機構では、従来の顕熱型、相変化型、化学吸着型や化学反応型の蓄熱材料とは異なり、ほぼ構造不変のまま水分子が高速に固体内部まで取り込まれるため、吸放熱の可逆性が高まるだけでなく、吸放熱速度や蓄熱エネルギー密度 (1007 MJ/m<sup>3</sup>) の面でも極めて優れている。また、層状二酸化マンガンは酸化耐性や耐水性が高いため、全側面でバランスのとれた蓄熱材料として機能することが分かった。

低級廃熱程度にあたる120-160℃という低温で蓄熱でき、かつ、室温で空気中の水分 (湿気) を自然に吸収させることで放熱できるため、昼間の太陽熱を利用した夜間暖房、自動車エンジンなどの機械暖気、熱電変換あるいは中温域で稼働する蓄電池を利用するための熱源など様々な用途への応用が期待される。本研究は株式会社リガクとの共同研究であり、この成果は「Nature Communications」にオンライン掲載された。<sup>1)</sup>

1) T. Hatakeyama, N. L. Okamoto, S. Otake, H. Sato, H. Li, and T. Ichitsubo, Nat. Commun., 13, 1452 (2022).

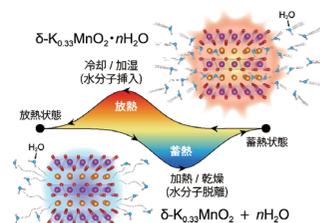


図 層状二酸化マンガンの水分子インターカレーション反応およびそれに伴う吸放熱反応の模式図

連絡先: 東北大学 金属材料研究所 構造制御機能材料研究部門

教授 市坪哲 Email: tichi@imr.tohoku.ac.jp

准教授 岡本範彦 Email: nlokamoto@tohoku.ac.jp

〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

URL: <http://ilab.imr.tohoku.ac.jp>

[2022年5月2日]

## セラミックスの微視亀裂を通电修復し、長寿命化する技術

物材機構の研究グループは、セラミックスにおける力学特性の低下要因となる微視亀裂を効率的に修復する新たな技術を提案した。

セラミックスなどの脆性材の力学特性は、材料中の微細な欠陥・損傷に極めて敏感である。そのため、製品化に向けた切断・加工処理中に微視欠陥・損傷が加工面に形成されると、セラミックス材料の特性を著しく低下させてしまう。加工処理後のセラミックス材料の力学特性の低下を防止し、その特性を最大限に活用するには、形成される欠陥・損傷の修復は重要な課題である。近年、セラミックスに対して通电処理 (フラッシュ処理) を施すと、高温における焼結や変形などの現象が促進 (低温化・高速化) されることが報告されており、新たな修復技術としてその応用が期待される。

代表的なエンジニアリングセラミックスであるジルコニア (8YSZ) 多結晶体をモデル材に、マイクロピッカース硬さ試験法を用いて人工的な微視亀裂を導入した棒状の模擬材を

作製し、亀裂修復に対する通电効果 (通电修復) の可能性を検証した。模擬材の両端に通電のためのPt線を巻き付け、電気炉内で温度800℃に加熱したところで外部電源により直流電界を試料に印加した。直流電界下でフラッシュ現象を発生させ試料温度1230℃で10minの通电処理を施すと、長さ20μm程度の微視亀裂がほぼ100%修復された。この修復速度は、無電場下において同様の熱履歴のみを与えた場合に比べ数倍大きく、通电処理が微視亀裂を低温・短時間で効果的に修復できることが確認できた。この通电修復では、事前の組成・組織調整 (修復材) が不要で、既存組成・組織のまま多くの既存部材の破損部の修復に対しても適用可能である。そのため、セラミックス部材の再利用 (資源循環型 3R 社会) に向け、環境にやさしい循環型の材料およびその修復処理に対する基盤技術用途への展開も可能で、コスト削減も期待できる。

本研究は、JST-CREST (JPMJCR1996)、科研費・基盤 (B) (No.20H02444) の支援のもと、物質・材料研究機構、名古屋大学、東京大学、千葉工大との共同研究により実施された。

文献 K. Morita, F. Naito, D. Terada, J. Euro. Ceram. Soc., 41[16] (2021) 282-289.

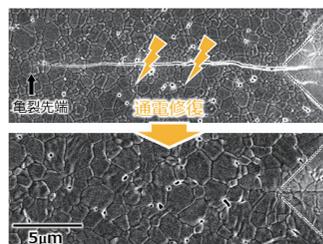


図 微視亀裂の通电修復前 (上) と修復後 (下) のSEM像

連絡先: 物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点 蛍光体部グループ・主席研究員

森田孝治

〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1

E-mail: MORITA.Koji@nims.go.jp

URL: [https://www.nims.go.jp/research/group/ luminescent-materials/](https://www.nims.go.jp/research/group/luminescent-materials/)

[2022年5月6日]