



## 高容量リチウム過剰系リチウム電池の劣化メカニズムを解明

東京大学大学院工学系研究科総合研究機構の幾原雄一教授 (JFCC 主管研究員, 東北大学 AIMR 教授兼任) らは, 集束イオンビーム (FIB) 加工と原子分解能・走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を駆使し, リチウム過剰系正極材料である  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  のリチウム脱離過程が酸素放出と転位の上昇運動を伴うことを明らかにした<sup>1)</sup>。

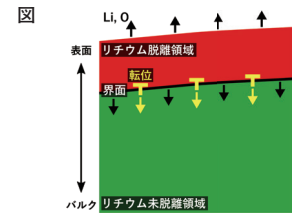
リチウムイオン電池の更なる高容量化・長寿命化を目指し, 新たな正極材料の開発が各国で進められている。特に  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  等のリチウム過剰系酸化物は, 標準的な  $\text{LiCoO}_2$  と比較して 1.6 倍もの理論容量を有するため, 次世代正極材料として大きく期待されている。しかし, 充放電サイクルに伴い容量や電位が大幅に低下するため, 充放電時のリチウム脱挿入メカニズムの解明が解決すべき喫緊の課題であった。

本研究では, リチウム過剰系  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  の

単結晶表面から, 化学溶液脱離法によりリチウムイオンを段階的に脱離させた試料を製作した。試料中にはリチウム脱離領域と未脱離領域からなる界面が存在するが, 集束イオンビーム (ガリウムイオン) により界面を含む領域を精密に切り出し, 原子分解能を有する STEM での原子・電子構造解析を行った。その結果, リチウムイオンが脱離した領域では, (1) 電荷補償に由来した酸素の放出, (2) 酸素放出に伴う格子膨張, (3) Mn/Li の不規則化が明らかとなった。さらに, リチウム脱離・未脱離領域の界面には, Mn が部分的に規則配列した新たな界面構造の形成に加え, 酸素放出に伴う格子膨張を補償するために界面転位が形成されることが明らかになった。  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  のリチウム脱離過程は, この界面の移動により進行するため, 酸素放出および転位の上昇運動が協調する特異な過程であることが結論された (図参照)。

今回の観察により, 単純な電子の授受だけではなく, 原子配列等の局所構造変化がリチウム過剰系における充放電過程の理解に必要な不可欠であることが明らかになった。このような局所構造変化に着目した「構造制御」の視点からの材料設計により, 高容量・長寿命の正極材料の開発が加速することが期待され

る。本研究成果は, ネイチャー・コミュニケーションズにて発表された<sup>1)</sup>。また, 本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託事業「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2)」(JPNP16001) の一環として実施された。



図

文献

- 1) K. Nakayama, R. Ishikawa, S. Kobayashi, N. Shibata, and Y. Ikuhara, Nat. Commun. 11, 4452 (2020).

(東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構 特任研究員 仲山啓  
連絡先 〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16)  
E-mail: nakayama@sigma.tu-tokyo.ac.jp  
URL <http://interface.tu-tokyo.ac.jp/>  
[2020年10月23日]

## 可視光応答形光触媒による新型コロナウイルスの不活化

奈良県立医科大学 (微生物感染症学講座 中野竜一准教授), 神奈川県立産業技術総合研究所 (研究開発部 抗菌・抗ウイルス研究グループ), 東京工業大学 (物質理工学院 材料系 宮内雅浩教授) の研究グループは, 可視光応答形光触媒材料による新型コロナウイルスの不活化を確認した。

この可視光応答形光触媒は, NEDO の「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」(PL: 橋本和仁教授 (現 NIMS 理事長)) において, 東京大学を集中研究室とする研究グループによって開発されたもので, ナノクラスター状の酸化銅 ( $\text{Cu}_x\text{O}$ ) が二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 粒子の表面に担持された構造をもつ。  $\text{Cu}_x\text{O}$  の  $x$  は,  $1 < x < 2$  の範囲をとり, Cu(I) 種と Cu(II) 種の混合原子価酸化物である。 Cu(I) 種は菌やウイルスがもつタンパク質に対して強い変成作用をもち, 暗所での抗菌・抗ウイルス効果を発揮する。一方, Cu(II) 種は  $\text{TiO}_2$  と組合せた場合に可視光照射によって界面での電子遷移を誘起し, 酸化力の強い正孔を  $\text{TiO}_2$  に生成することができる。

$\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$  粉体をガラスに担持した試験片に対して新型コロナウイルスを接種し, 暗所ならびに可視光照射下で一定時間経過後にウイルスを回収した。このウイルスを宿主細胞に接種し, ウイルスが細胞に感染しているかを判定することでウイルス量を算出した。結果を図に示したとおり, 本光触媒材料に可視光を照射することで, 1 時間で 2.5 桁のウイルス量の減少 (99.7% の減少), 2 時間で検出限界以下である 99.99% 以上のウイルス量が減少した。また, 暗所においても 4 時間で検出限界以下に減少させることができた。暗所ならびに日常空間で得られる光照射 (1000 lux) で新型コロナウイルスが不活化されることが判明し, 感染拡大防止の一助となりうることがわかった。本研究成果をもとに, 学校, 病院やその他多くの人が利用する公共施設等における飛沫の付着や人が触れる場所に対して, 持続的な抗ウイルス効果を付与させることが可能になると期待される。

$\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$  光触媒の構造や抗ウイルス機構については, 専門誌「Catalysts」に詳細を報告している (M. Miyachi, K. Sunada, K. Hashimoto, Catalysts 10, 1093, 2020. <http://www.mdpi.com/2073-4344/10/9/1093>).

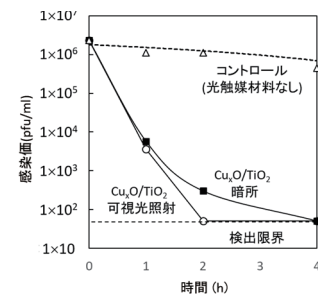


図 新型コロナウイルス感染価の変化 (評価は JIS R 1756 を参考にして実施)。可視光は 400 nm 以下の紫外光をカットした白色蛍光灯を 1000 lux で照射した。

東京工業大学物質理工学院, 教授, 宮内雅浩,  
連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1, S7-9, E-mail: mmiyauchi@ceram.titech.ac.jp  
URL: <http://www.eim.ceram.titech.ac.jp/index.html>

[2020年11月2日]

## 5G 対応の低誘電正接 LTCC 用材料を開発

日本電気硝子株式会社は, 5G 通信に用いられる部品やデバイスに適した誘電正接の低い LTCC 用材料を開発した。

5G 通信は, 高速・大容量, 低遅延通信, 多数同時接続を可能にする次世代の通信技術として注目されており, システム構築が急がれている。5G 通信では, ミリ波領域といわれる 28~40GHz の高い周波数が利用されており, 信号を処理する部品やデバイスにはさまざまな LTCC 基板が使われている。それらにおいては, 周波数, 誘電正接に比例して信号が減衰し通信品質が低下するため, 特にミリ波のような高周波数の場合, より効率的な通信を実現するには低誘電正接の材料を用いて信号減衰を抑制することが必要になる。

この度, 同社は, 低誘電正接を特長とする 3 タイプ (低誘電率, 高膨張, 高強度) の LTCC 用材料を開発した。誘電正接はいずれも従来材料の 1/4 ~ 1/2 に抑えられ, 信号減衰の低

減に寄与する。

低誘電正接を実現するには結晶性ガラスを結晶化させて誘電正接を低下させることが一般的であるが, 誘電率も低い結晶性ガラスはなかった。低誘電率タイプは新たに開発した低誘電正接ガラスと低誘電率ファイバーの複合化により, 誘電正接 0.0016, 比誘電率 3.8(28GHz, 40GHz) と低誘電正接, 低誘電率を両立させた。これらの製品は, 5G の急速な進展により市場ニーズが高まっていた材料であり, さらに, より高い周波数を利用するミリ波レーダー部品や 60GHz 帯 WiFi にも有効である。



## 技術情報

[https://www.neg.co.jp/uploads/news\\_20200826\\_jp.pdf](https://www.neg.co.jp/uploads/news_20200826_jp.pdf)

## 連絡先

日本電気硝子株式会社 〒532-0003 大阪市淀川区宮原 4 丁目 1-14  
電子部品事業本部 営業部  
電話: 06-6399-2722

[2020年11月9日]

「次世代ジルコニア創出社会連携講座」設置：  
夢の新素材の研究と人材育成に向けて

次世代ジルコニア創出社会連携講座」設置：夢の新素材の研究と人材育成に向けて国立大学法人東京大学大学院工学系研究科、一般財団法人ファインセラミックスセンター、株式会社ワールドラボ及び東ソー株式会社は、従来のセラミックス素材の概念を覆す、ジルコニアセラミックスの飛躍的な特性向上実現とその技術分野を支える人材育成を目的に、東京大学に「次世代ジルコニア創出社会連携講座」を2020年7月1日に設置した。

代表的な機能・構造セラミックス材料であるジルコニアは、様々な分野で実用化されている。東京大学と東ソーは、過去20年にも及ぶ共同研究を実施し、ジルコニアの本質である粒界偏析誘起相変態の発見、画期的な超高耐久性ジルコニアの開発など世界に先駆けて

多くの成果1を挙げてきた。これらの成果を基に、本社会連携講座では、最先端の電子顕微鏡・計算材料科学・焼結技術を駆使してジルコニアの本質を理解し、その知識を応用して機能を極限にまで高める研究を実施する。具体的には、ジルコニアの力学特性、加工性、イオン伝導性、高透光性を追求して、金属並みの力学特性と加工性、新たなクリーンエネルギーのための超高速イオン伝導性、新たな光学材料開発のための高透光性を実現させ、かつ、それらの機能融合によりジルコニアの新展開を目指す。あわせて、高度な材料開発研究が推進できる有能な人材の育成・輩出により、社会の諸課題の解決に向けた技術開発を加速し、持続可能型未来社会の実現に貢献していく。

研究体制は、最先端ナノ構造解析及び新規焼結体開発を担う東京大学、粉末開発製造を担う東ソーに加えて、卓越したセラミックス計算材料科学技術を有するファインセラミッ

クスセンター、高度なセラミックス組織制御技術を有するワールドラボとの協業により、次世代ジルコニアの開発を推進する。担当教員は、特任教授 幾原雄一（総合研究機構）、特任教授 吉田英弘（マテリアル工学専攻）、特任准教授 馮斌（総合研究機構）。設置期間は5年間、費用は7億1800万円である。

1. K. Matsui, H. Yoshida, and Y. Ikuhara, Int. Mater. Rev., 63, 375-406(2018).

（東京大学総合研究機構次世代ジルコニア創出社会連携講座・東ソー株式会社 上席研究員 松井光二

連絡先：〒113-8656 東京都文京区弥生2-11-16  
E-mail：ngzirconia@gmail.com)

URL：https://park.itc.u-tokyo.ac.jp/NextZirconia/index.html

[2020年11月10日]