



## PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 2 年 7 月 30 日

### 蓄電池過充電時の金属析出メカニズムを解明 ～発火事故を防ぐための安全性評価に貢献～

#### ◆発表のポイント

- ・スマートフォンなどに幅広く利用されているリチウムイオン電池や次世代二次電池であるナトリウムイオン電池は、過充電されると電極内に金属（リチウム、ナトリウム）が析出し、これが内部ショートや発火の原因となりますが、これまで電池内部での金属析出の様子を直接観察することは困難でした。
- ・核磁気共鳴分析（NMR）を利用して析出の様子をリアルタイムで観測することに成功し、電極構造の違いによる金属析出のしやすさを明らかにしました。
- ・過充電に対する電池ごとの安全限界を見極めることが可能になります。

岡山大学大学院自然科学研究科・後藤和馬准教授のグループは、物質・材料研究機構（NIMS）先端材料解析研究拠点・端健二郎主幹研究員のグループと共同で、リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池が過充電された際に負極に生じる金属析出現象をリアルタイムで観測することに成功し、電池の発火事故の原因となる過充電のメカニズムを解明しました。本研究成果は、5月19日付で英国科学雑誌「*Journal of Materials Chemistry A*」のオンライン版に掲載され、また2020年の同誌 Hot Papers に選出されるとともに7月28日号の内表紙に採択されました。

リチウムイオン電池はスマートフォンやノートパソコン、電動工具などの電源として幅広く利用されていますが、電池を過充電すると電極内に金属（リチウム）が析出し、これが内部ショート、発火の原因となります。本研究では、これまで直接観察が難しかった電池電極内部での金属の析出の瞬間について、核磁気共鳴分析（NMR）によりリアルタイムで観測することに成功し、電極構造の違いによる金属析出のしやすさを明らかにしました。

本成果は二次電池の過充電に対する安全性限界を見極める技術として、既存電池や新規電池の特性評価や電気自動車（EV）用リユース電池の安全性評価等に有効であり、電池利用技術の発展に大きく貢献することが期待されます。

#### ■研究者からのひとこと

現在利用されている電池やこれから実用化される新しい電池の安全性向上に、本研究成果が役立てば大変うれしいです。



後藤准教授

## PRESS RELEASE

### ■発表内容

#### <現状>

リチウムイオン電池はスマートフォンやノートパソコン、電動工具などの電源として幅広く利用されていますが、使用の広がりとともに非純正バッテリーの過充電による発火事故なども増加しています<sup>1)</sup>。リチウムイオン電池が過充電されると、電池内部の負極表面に針状の金属リチウム（デンドライト）が析出し、これが負極と正極を隔てているセパレータを突き破る（図1）ため、内部短絡（ショート）が発生し、破裂、発火します。よって、過充電は電池の安全性確保のために最も注意を払わなければならない現象です。

長期使用や物理的衝撃により電極内部の形状が変化すると、変形部分に局所的に過充電状態が生じるため、デンドライトが析出しやすくなることも知られており、車載用次世代電池の長期使用に向けた品質管理のためにも評価が必要とされています。しかし、これまでの観察手法では電池電極表面のデンドライト観察はできるものの、電極内部に析出するデンドライトをリアルタイムで検出することは困難でした。

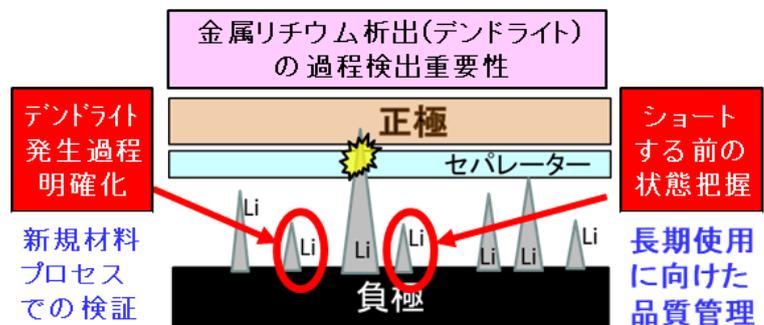


図1 電極上の金属（デンドライト）析出のイメージ

#### <研究成果の内容>

本研究ではリチウムイオン電池、およびリチウムイオン電池や（リチウムイオン）全固体電池の次世代の電池として期待されているナトリウムイオン電池について、電池内部の様子をリアルタイムで把握できる「オペランド核磁気共鳴分析（NMR）」を適用しました。共同研究グループである NIMS が作製を担当した独自の NMR プローブ（検出器）を用い、電池を過充電させながら同時に負極内金属（Li、Na）の状態変化について詳細な観察を行った結果、金属析出の開始

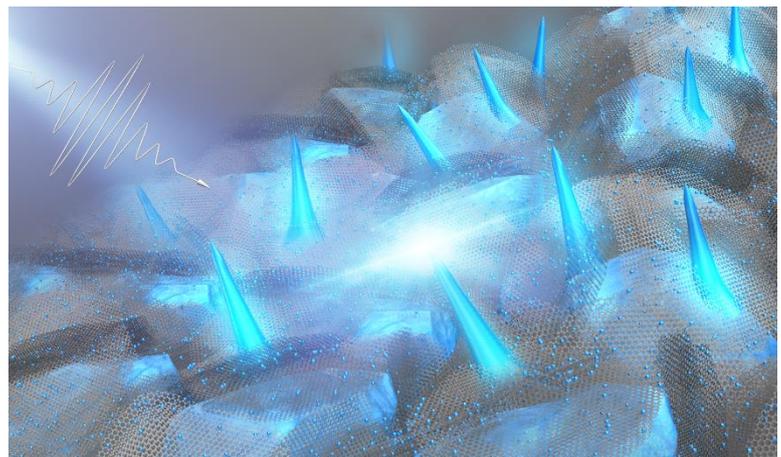


図2 磁気共鳴分析（NMR）による金属検出（掲載雑誌表紙絵より引用）

時間を正確に特定することに成功しました。異なる複数の電極材料（黒鉛、難黒鉛化性炭素）について充電速度を変えた比較実験を行った結果、（1）電池が満充電の電位を超えても、金属析出はすぐに起こらず持ちこたえるためすぐには内部ショートしないこと、（2）持ちこたえる時間は充電速度と電極材料の種類により大きく変わること、が明らかとなりました。金属析出が生じにくい炭素には構造内部にすき間があり、このすき間が過充電時にリチウムイオン、ナトリウムイオンを吸

## PRESS RELEASE

収するため、電極粒子表面にデンドライトを生じるまでの時間と余裕につながっていることがわかりました。(図3)

### <社会的な意義>

本研究は、リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池の、電極材料の種類ごとに過充電に対する安全性限界を見極める技術として広く適用できることが期待されます。今後開発される新しい電池の特性評価も応用が見込まれます。

また、長期利用された電気自動車(EV)用電池をリユースする際の安全性評価などにも有効であると考えられ、二次電池利用技術の発展に大きく貢献することが期待されます。

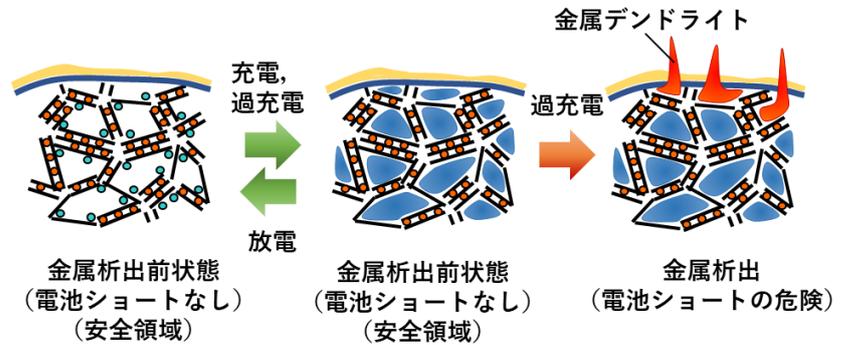


図3 細孔性炭素電極の過充電による金属析出メカニズム

岡山県および岡山大学は「大学と連携した地域産業振興に係る岡山県と岡山大学との協力に関する協定」に基づき、次世代電池分野におけるデバイス、モジュール、材料、製造プロセス、計測などに係る共同研究を目指す複数の企業及び複数の研究者が参画し、多面的な連携による共同研究の促進を図ることを目的として、岡山大学津島キャンパスに「おokayama次世代電池共創コンソーシアム」を2020年2月に立ち上げました<sup>2)</sup>。本技術を含めた電池関連技術の社会実装が期待されます。

<sup>1)</sup>(製品評価技術基盤機構・ニュースリリース, 2020年1月23日) <https://www.nite.go.jp/data/000106070.pdf>

<sup>2)</sup> [http://www.okayama-u.ac.jp/tp/news/news\\_id9120.html](http://www.okayama-u.ac.jp/tp/news/news_id9120.html)

### ■論文情報

論文名: Mechanisms for overcharging of carbon electrodes in lithium-ion/sodium-ion batteries analysed by operando solid-state NMR

掲載紙: *Journal of Materials Chemistry A*

著者: Kazuma Gotoh, Tomu Yamakami, Ishin Nishimura, Hina Kometani, Hideka Ando, Kenjiro Hashi, Tadashi Shimizu, and Hiroyuki Ishida

DOI: 10.1039/D0TA04005C

URL: <https://doi.org/10.1039/D0TA04005C>



## PRESS RELEASE

### ■研究資金

本研究は、科学研究費補助金（17K06017）および京都大学触媒・電池元素戦略研究拠点（ESICB、JPMXP0112101003）の支援を受けて実施されました。



#### <お問い合わせ>

岡山大学 大学院自然科学研究科（理学部）  
准教授 後藤和馬  
（電話番号）086-251-7776



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。