

## インタビュー

## 高橋研究室（千葉工業大学）



准教授・高橋 伊久磨

## プロフィール

千葉工業大学 工学部 先端材料工学科

所在地：千葉県習志野市津田沼 2-17-1

電話：047-478-0484

E-mail: ikuma.takahashi@p.chibakoudai.jp

## Q1. 研究室の概要についてお聞かせ下さい。

私たちの研究室では、持続可能な社会の実現に欠かせない再生可能エネルギーの有効活用を目指し、エネルギー変換・貯蔵技術に関する研究を進めています。材料作製プロセスの開発と電気化学反応の解析を基盤に、次世代電気化学デバイス材料の創製とともに、実際のデバイス作動環境下で生じる現象の解明にも取り組んでいます。基礎から応用まで幅広く展開することで、次世代エネルギー技術の発展に貢献することを目指しています。

## Q2. 研究テーマについてお聞かせ下さい。

現在、本研究室ではリチウムイオン電池、金属空気二次電池、燃料電池、電気透析を用いたリチウム回収などのテーマに取り組んでいます。ここではその中から、次世代リチウムイオン電池材料の研究と金属空気二次電池の電極触媒の研究の二つの研究テーマについて紹介いたします。

## Q3. 次世代リチウムイオン電池材料の研究についてお聞かせください。

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など私たちの日常生活を支える重要な電源として広く利用されています。現在主流の正極材料は  $\text{LiCoO}_2$  や三元系リチウム酸化物 ( $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2, x+y+z=1$ ) であり、作動電圧は約 3.8 V、容量は 160 mAh/g 程度にとどまります。これらは実用上十分な性能を持っていますが、電気自動車や大型蓄電池の普及に伴い、さらなる高エネルギー密度化が求められています。

その有力候補の正極材料の一つが  $\text{LiNiO}_2$  です。4.2 V 以上の高電圧まで作動させると約 250 mAh/g の高容量を示し、従来材料を上回る性能が期待されます。しかし充放電に伴う結晶構造の不安定化や副反応などの課題が多く、長期的な安定性に欠けるため、実用化には至っていません。

近年、この課題を解決するアプローチとして、高濃度電解液が注目されています。従来の電解液は約 1 mol/L のリチウム塩を有機溶媒に溶かしたものですが、5 mol/L 以上の高濃度電解液を用いると、正極の安定化によりサイクル特性が改善されることが報告されています。

本研究室では、この「 $\text{LiNiO}_2 \times$  高濃度電解液」の組み合わせに着目し、高エネルギー密度と高寿命の両立を目指しています。X 線回折による結晶構造解析、高エネルギー X 線光電子分光、放射光を用いた X 線吸収分光などの先端的分析手法を駆使して、高濃度電解液が  $\text{LiNiO}_2$  の構造や反応に与える影響を総合的に解明しています。

さらに、次世代リチウムイオン電池として期待されているのが全固体リチウムイオン電池です。これは液体電解質の代わりに固体電解質を用いるもので、安全性と高エネルギー密度を兼ね備えた次世代電池と位置づけられています。現在主流の硫化物系電解質は高いイオン伝導度を持ちますが、水分と反応して有害な硫化水素を発生させるため、安全性や取り扱いに課題があります。

本研究室では、硫黄の代わりにハロゲン化物を用いた固体電解質材料開発に取り組んでおり、安全性と高いリチウムイオン伝導度を両立させる次世代全固体電池の実用化に貢献することを目指しています。

#### Q4. 金属空気二次電池用電極材料の研究についてお聞かせください。

次世代蓄電池の有力候補の一つに亜鉛空気二次電池があります。この電池は、電解質にアルカリ水溶液、負極に亜鉛、正極には触媒を用いて空気中の酸素を直接活物質として利用する点に特徴があります。理論エネルギー密度はリチウムイオン電池の5倍以上と非常に高く、大容量蓄電池の候補として注目されています。すでに一次電池では補聴器用ボタン電池などで実用化されていますが、二次電池化には依然として大きな課題が残されています。

その主要な課題の一つが正極触媒です。放電時には酸素還元反応（ORR: Oxygen Reduction Reaction）、充電時には酸素発生反応（OER: Oxygen Evolution Reaction）が進行しますが、この二つの逆反応に対して同時に高い活性を示す材料は限られており、エネルギー効率や耐久性の向上がボトルネックとなっています。

本研究室では、この課題解決へのアプローチの一つとしてスピネル型酸化物（ $AB_2O_4$ ）に着目しています。スピネル構造は、A サイト（四面体サイト）と B サイト（八面体サイト）に異なる金属イオンを配置できる結晶構造を持ち、金属種の選択や合成条件によって正スピネル型や逆スピネル型といった多様な配列を作り出すことができます。この柔軟な材料設計性を活かすことで、ORR と OER の両立に適した電子構造を創り出すことが可能となります。

さらに、スピネル型酸化物は立方晶の対称性を持つため、ナノレベルで形状制御することで特定の結晶面を優先的に露出させることができます。これにより四面体サイトや八

面体サイトの特定サイトを反応場として活用でき、触媒性能の向上につながります。

本研究室では、多元素化（ドーピング・複合化）と形状制御を組み合わせることで、ORR と OER の両反応に優れた新規触媒の創製を進めています。

これらの研究は亜鉛空気二次電池の開発にとどまらず、アルカリ水電解の酸素発生電極触媒としても応用可能です。再生可能エネルギーを利用した水電解による「グリーン水素」製造は、脱炭素社会の実現に直結する重要テーマであり、本研究成果は次世代のエネルギー変換の材料技術への貢献も期待できます。

#### Q5. 教育方針についてお聞かせ下さい。

研究室では、学生が社会に出てからも通用する力を身につけることを重視しています。具体的には、課題発見力、計画力、実践力を養うことを教育方針としています。また、各テーマでチームを組んで、協力して研究を進める体制としています。これらの研究活動を通じて、課題の本質を自ら見つけ出し、解決へと導く力を磨くとともに、チームワーク力を身につけた持つ研究者・技術者として成長してほしいと考えています。

お忙しい中インタビューに応じて頂きました。記して感謝の意を表します。

（日本材料科学会 編集委員長 井上泰志）



2025 年度 高橋研究室集合写真（津田沼キャンパスにて）