



自然エネルギーの有効活用には、発電した電気を貯蔵する蓄電池の存在が重要です。Li二次電池はその高いエネルギー密度から、電気自動車用電源などの大規模デバイスなどにも適用されていますが、これらの需要増大にともないLiの資源問題が深刻さを増してきています。私達は、Li資源に依存しない次世代蓄電池として、 H^+ 、 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} を用いることを検討しています。また、金属電析（めっき）において、その形態や組成を自在に制御することに取り組んでいます。これらの研究を通して低炭素社会の実現に貢献します。



准教授 清水 雅裕

2016年3月 鳥取大学大学院工学研究科修士、博士（工学）取得。同大GSC研究センター研究員(2013)、学術振興会特別研究員DC2（2014-2015）を兼任。2023年より現職。
専門分野：電気化学

>> 私の学問へのきっかけ

学部4年生のときに電気化学を扱う研究室に配属され、室温溶融塩をリチウム二次電池の電解液に展開する研究に携わりました。化学反応は肉眼では到底見ることでない極めて小さな世界で進行しており、虫眼鏡みたいなもので「分子やイオンの動きを見ることができたらな」といつも強く思います。さまざまな機器を駆使して現象解明を行うことができたときの喜びは今も忘れることはできません。現在も電気化学の分野において、蓄電池や金属電析を行っています。

>> 研究から広がる未来

自然エネルギーの有効活用にとともに、大量の電気を貯蔵できる長寿命な蓄電池の開発が重要です。希少金属を使用せず豊富に存在する資源を活用した次世代蓄電池デバイスの創製は、資源問題への解決にも繋がることと期待されます。

>> 卒業後の未来像

電気化学や溶液化学の学問習得だけでなく、機器分析のスキルを身につけ研究開発において活躍できる人材を育成します。材料の特性評価には様々な分析機器が必要となり、それらを扱った経験は、卒業後に大きなアドバンテージとなります。研究室を修了した学生は研究開発・技術職として広く活躍しています。

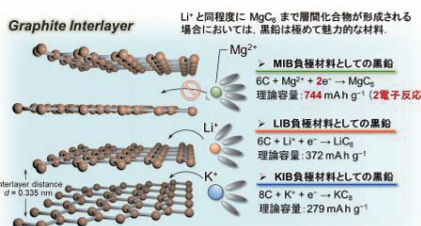
	Abundance in Earth's crust / %	Cost	Ionic radius / pm	Potential / V vs SHE	Theoretical capacity / mAh g ⁻¹	Theoretical capacity / mAh cm ⁻³
Li	0.002	High	76	-3.045	3880	2060
Na	2.3	Low	102	-2.710	1170	1130
K	2.1	Low	138	-2.930	690	590
Mg	2.3	Low	89	-2.370	2205	3830

メリット：
Na, K, Mg 資源は豊富に存在（Li資源は希少な資源に属する）
地殻存在度が大きい
Li資源の1/10以下のコスト

デメリット：
強いリチウムイオン（ Mg^{2+} ）の表面の不動態化（金属）
2電子反応、体積当たりの容量が大きい
材料の安定供給・低コスト化

析出-溶解の高効率化、材料探索が必要

蓄電池デバイスにおける各キャリアイオンの性質：資源制約フリーの蓄電池を目指します。この他、卑金属電析などの研究を行っています。



資源制約を受けない蓄電池デバイスとして、 Mg^{2+} などの多価カチオンを活用することを目指しています。その1つの例としてLIB負極に用いられている黒鉛を対象に、その層間に Mg^{2+} を電気化学的に挿入-脱離できるような電解液組成の探索を行っています。

先鋭融合

応用化学

環境・エネルギー材料

研究キーワード

金属電析、室温溶融塩、インターカレーション、水晶振動子、プロトン

研究シーズ

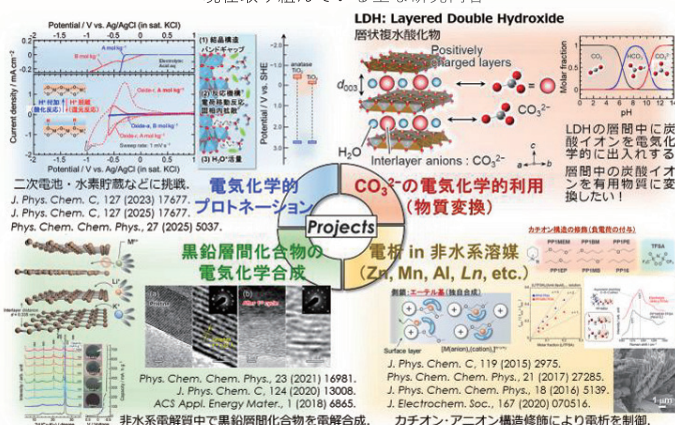
黒鉛層間化合物の電気化学合成と蓄電池材料への展開
 (Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} などの多価カチオンの電気化学的挿入)
 室温溶融塩中における金属電析
 (金属析出挙動におよぼすカチオン・アニオンの分子構造効果)
 空気電池を志向したZn金属負極の析出形態制御
 (溶媒と構造制御、電極構造の修飾、水晶振動子解析など)
 プロトン二次電池の開発
 (H^+ のキャリアイオンとしての検討：活物質・電解液開発)
 カーボンニュートラルに貢献する炭酸イオンの電気化学利用
 (層状複水酸化物をホストとするアニオンの挿入-脱離)
 その他：有害イオンの電気化学的除去・金属負極の表面処理など

共同研究・外部資金獲得実績

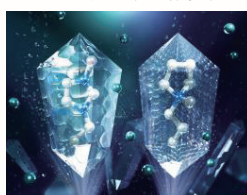
2024-2027年 科学研究費補助金 基盤研究B
 「1.23 Vの電池電圧を超えるプロトン二次電池の開発」
 2020-2022年 科学研究費補助金 基盤研究B
 「対極電位から再考するMg二次電池負極としての黒鉛の可能性」
 2018-2019年 科学研究費補助金 若手研究
 「高性能金属空気電池の実現に向けたZnの析出形態制御」
 2016-2017年 科学研究費補助金 研究活動スタート支援
 「三次元多孔質集電体一体型二次電池負極の創製」
 2015-2016年 日本学術振興会 特別研究員奨励費DC2
 「Li, Naイオン電池負極材料の創製と機能性電解液の開発」
 2023-2028年 JST革新的GX技術創出事業 (分担)
 「資源制約フリーを目指したマグネシウム蓄電池の研究開発」
 2026-2027年 公益財団法人中部電気利用基礎研究振興財団 助成
 「配位環境制御に立脚した新規プロトン二次電池の開発」

最近の研究トピックス

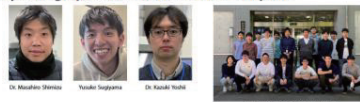
現在取り組んでいる主な研究内容：



水・非水系電解液中における電気化学反応を中心に研究しています。



Cation-Structure Effects on Zinc Electrodeposition and Crystallographic Orientation in Ionic Liquids



Invited for this month's cover picture in *Manohir Shimizu and Yusuke Sugiyama at Shinshu University and Kazuki Yoshii at National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, and Research Team at Shinshu University. The cover pic shows the effect of cation structure and ionic liquids on the crystal growth rate in electrochemical Zn deposition.*

ともに研究を行う大学院修士学生の研究内容に関する出版論文（一例）

Materials Chemistry Division

Active Control of Electrochemical Reactions Contributing to a Low-Carbon Society



With the growing demand for these applications, concerns over lithium resource scarcity have become increasingly serious. To address this issue, we are conducting research on next-generation rechargeable batteries that do not rely on lithium resources, employing $\text{H}^+ / [(\text{H}_3\text{O})(\text{H}_2\text{O})_n]^+$, Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , and Al^{3+} as charge carrier ions.



**Associate Professor
Masahiro Shimizu**

He received his Dr. degree from Tottori University in 2016. Research interests: Electrochemical synthesis of GICs, Rechargeable batteries (H^+ , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}), Electrodeposition in ILs.

»» In the Future

The importance of energy storage is increasing day by day. To make effective use of renewable energy, the development of high-performance rechargeable batteries is indispensable. We are excited to work together on elemental technologies that enable the construction of batteries from earth-abundant elements.

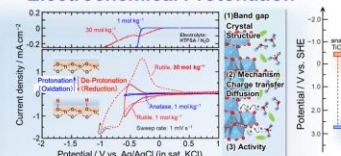
»» After Graduation

The knowledge and skills gained in electrochemistry and materials chemistry through the development of electrochemical devices will be highly valuable in industry. By building a solid foundation during your student years, you will become capable of solving even the most difficult challenges. Join us in our research!

»» Beginnings of my path to academia

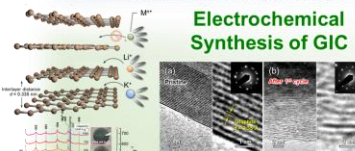
My work has focused on controlling ion insertion/extraction and metal-deposition/stripping reactions by tuning the coordination environment of ions in electrolyte solutions. Although such reactions cannot yet be controlled as easily as with Li ions, the excitement when the intended reactions proceed as expected is unforgettable. Confronting these challenges and my passion for exploring chemistry led me to pursue a career as a researcher.

Electrochemical Protonation



Rechargeable batteries, Transistor, Gate electrode, Hydrogen storage

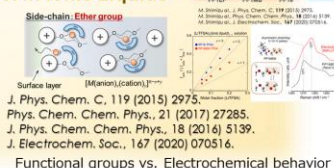
Electrochemical Synthesis of GIC



Phys. Chem. Chem. Phys., 23 (2021) 16981.
J. Phys. Chem. C, 124 (2020) 13008.
ACS Appl. Energy Mater., 1 (2018) 6845.

Electrochemical synthesis of Mg-, Ca-GIC

Electrochemical Depo. in Ionic Liquids



J. Phys. Chem. C, 119 (2015) 2975.
Phys. Chem. Chem. Phys., 21 (2017) 27285.
J. Phys. Chem. Chem. Phys., 18 (2016) 5139.
J. Electrochem. Soc., 167 (2020) 070516.

Functional groups vs. Electrochemical behavior