

目次

| | |
|---|---|
| 先端エネルギー材料理工共創研究センターの市坪哲教授と折茂慎一教授が科学技術振興機構『革新的 GX 技術創出事業 (GteX)』に採択されました。 | 1 |
| 岡本範彦准教授が科学技術振興機構『先端的カーボンニュートラル技術開発 ALCA-NEXT』に採択されました | 1 |
| 組織とメンバー：2023 年度 | 2 |
| 先端エネルギー材料研究紹介 1～3 | |
| Developing Advanced Porous Intermetallic Compound for HER Catalysts via Liquid Metal Dealloying | 3 |
| 次世代蓄電池材料としての錯体水素化物の開発 | 4 |
| コロイド結晶を利用したエネルギー変換材料の開発 | 5 |
| 報告 | |
| E-IMR Summer Meeting 2023 | 6 |
| 『2023 年度若手研究者のための革新的エネルギー材料・複合モジュール創製研究助成』の採択課題 | 6 |

先端エネルギー材料理工共創研究センターの市坪哲教授と折茂慎一教授が科学技術振興機構『革新的 GX 技術創出事業 (GteX)』に採択されました。

世界各国においてカーボンニュートラルの実現に向けた動きが加速し、GX（グリーントランスフォーメーション）関連投資も急速に加速しています。国も、2020 年 10 年に 2050 年カーボンニュートラル宣言を、2021 年 4 月に 2030 年度温室効果ガス排出量 46%削減目標を掲げ、グリーン成長戦略等を策定して今後の進むべき方向性を示すとともに、最近では「クリーンエネルギー戦略」検討会合や GX 実行会議等において、GX を実現するために必要となる政策や研究支援に関する議論が進めてきました。令和 5 年 2 月に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」を踏まえ文部科学省は、この課題に対して日本のアカデミアの将来的貢献が特に期待できる領域として「蓄電池」「水素」「バイオものづくり」を設定し、トップレベル研究者がオールジャパンの統合的な「チーム型」で行う研究開発に着手しました（「革新的 GX 技術創出事業 (GteX)」基

本方針 令和 5 年 4 月 文部科学省研究開発局、研究振興局）。これを受けて科学技術振興機構（JST）は、『革新的 GX 技術創出事業 (GteX)』を令和 5 年度から開始しています。

令和 5 年度の研究開発提案募集ではチーム型研究に 26 件の応募があり、15 件（東北大学 2 件、東京大学 2 件、11 大学・研究機関）が採択されました。採択された東北大学の 2 件が市坪教授と折茂教授の研究課題です。

市坪教授は、「蓄電池」領域の「資源制約フリーを実現する電池開発」において『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』に取り組みます。

折茂教授は、「水素」領域の「高密度・高耐久・低コスト化を実現する水素貯蔵システムの開発」において『革新水素貯蔵 ー水素反応の精密解析とデジタル技術の援用ー』に取り組みます。

岡本範彦准教授が科学技術振興機構『先端的カーボンニュートラル技術開発 ALCA-NEXT』に採択されました。

科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業『先端的カーボンニュートラル技術開発 ALCA-NEXT』に、先端エネルギー材料理工共創研究センターの岡本範彦准教授が提案した『環境水分を利用する高サイクル高エネルギー密度酸化物蓄熱材料』が採択されました。この

研究課題では、カーボンニュートラル及び GX 実現への貢献を目指して、未利用廃熱を熱エネルギーのまま回収し、さらに再利用できる新しい蓄熱材料の開発とその技術創出に取り組みます。

先端エネルギー材料理工共創研究センターでは、「太陽エネルギーの最大利用と 3 つの『蓄』に最大化」に取り組んでいます。この 3 つの『蓄』とは、「蓄熱」「蓄電」「蓄水素」を指しています。ALCA-NEXT に採択された岡本准教授は「蓄熱」の最大化を、GteX に採択された市坪教授と折茂教授はそれぞれ「蓄電」と「蓄水素」の最大化を目指す研究開発を加速させていきます。ご期待ください。

組織とメンバー：2023年度

先端エネルギー材料理工共創研究センターは、東北大学金属材料研究所を実施部局として材料科学高等研究所、大学院工学研究科、国際放射光イノベーション・スマート研究センターの参画を得て、理学系研究者と工学系研究者が連携する研究体制を構築しています。本センターは、太陽エネルギー変換材料研究ユニット、蓄エネルギー変換材料研究ユニット、材料評価・解析

研究ユニット、複合モジュール・社会実装研究ユニットで組織されています。ユニット内での研究のみならず、ユニットを超えた研究も展開しています。各ユニットでは国内外大学・研究機関所属研究者を研究戦略室メンバーとして迎えて意見交換を行い、最新の研究動向を踏まえた先端エネルギー材料・複合モジュール創製の研究を実施しています。

体制図 (2023)

■ 理学系研究部門出身

■ 工学系研究部門出身



Developing Advanced Porous Intermetallic Compound for HER Catalysts via Liquid Metal Dealloying

Ruirui SONG 特任助教

複合モジュール・社会実装研究ユニット

The “Composite Module and Social Implementation Research Unit” aims to achieve wide and practical application of advanced energy materials, which motivates the researchers to focus on advanced fabrication strategies to satisfy the application requirements. As one of the unit members, currently, I’m focusing on developing advanced intermetallic compound catalysts for hydrogen evolution reaction (HER) via liquid metal dealloying, including both the research on fundamentals of liquid metal dealloying (LMD) process and application in catalyst area.

Hydrogen will play an increasingly important role in the coming carbon-neutral era, which requires the hydrogen supply with low cost for realizing the “hydrogen society”. Even Pt and its alloys are considered as the most active HER catalysts, however, the scarcity and high cost of Pt limit the wide and practical applications for hydrogen production in water electrolyzers. Developing low-cost, yet efficient electrocatalysts based on earth-abundant transition metals, as alternatives to Pt has been the tendency. Intermetallic compounds of transition metals have attracted a lot of attention for the highly intrinsic activity and stability in extreme conditions, in which Ni, Co and Fe based intermetallic compounds have been developed with nanostructures to further improve catalytic performance via increasing the specific surface area. Three-dimensional bicontinuous nanoporous structures are attractive for the large specific surface area with rich surface defect, high electric conductivity and mass transport pathways. While the fabrication of porous intermetallic compounds with ultra-fine size is still challengeable for temperature is normally required to satisfy the competitive process of overcoming energy barrier for kinetic process and thermodynamic driving force simultaneously.

Liquid metal dealloying technique provide an accessible way to construct porous structure from nano scale to micro scale based on selective dissolution of

element B from precursor alloy into metal bath C (Figure 1a), meanwhile, the high temperature can facilitate the phase transition of remained composition A^1A^2 (Figure 1b) at appropriate temperature from hundreds to thousands degree centigrade. In our recent research, porous Co_7Mo_6 and Fe_7Mo_6 intermetallic compounds sized in ~ 30 nm were directly fabricated by LMD via appropriate composition and temperature design facilitate the disorder-to-order transition, in which nanoporous Co_7Mo_6 intermetallic compound showed highly active and stable catalytic performance towards hydrogen production [*Nature communications* 13.1 (2022): 5157]. However, the fundamentals of this transition process are still uncovered, also, further tuning of phase behaviors can be explored to develop porous intermetallic compound with application favored morphology and composition. Next, hierarchical porous intermetallic compounds will be developed via LMD towards highly active and robust catalyst for HER based on the above research experience and considerations.

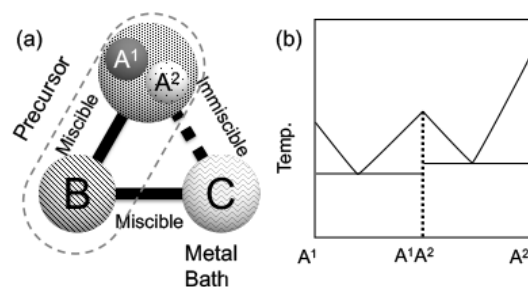


Figure Schematic images for (a) Mechanism of liquid metal dealloying strategy; (b) Composition according with A1-A2 phase diagram.

先端エネルギー材料研究紹介2

次世代蓄電池材料としての錯体水素化物の開発

木須 一彰 助教

蓄エネルギー材料研究ユニット
金属材料研究所水素機能材料工学研究部門

持続可能社会に向けた再生可能エネルギーの導入や電気自動車などの発展を背景として、高性能な蓄電池の開発が急がれています。その中で、カルシウムやマグネシウムなどの多価陽イオンを伝導種とした蓄電池（多価イオン蓄電池）は、コスト／エネルギー密度／安全性などの面において理想的なエネルギー貯蔵デバイスになり得る一方、材料開発や現象理解において多くの課題があり、実用化には至っていません。私はこの多価イオン蓄電池の高性能化に向けた材料開発や、電気化学的手法開発に取り組んでいます。

主要テーマは、多価イオン蓄電池の研究においてボトルネックとなっている電解質への応用に向けた、錯体水素化物材料に関する研究です。具体的には、特異な構造を有する錯体水素化陰イオンから成る材料群を中心として、伝導性および安定性などの電気化学特性が優れる材料開発を進めています。最近では、「多価陽イオンの配位環境制御」という材料設計指針を構築し、世界最高の多価イオン伝導を有する錯体水素化物の開発や、それらを電解質として用いた次世代蓄電池の構築を行っています。

蓄エネルギー変換材料研究ユニットでの成果として、2023年にカルシウム蓄電池の長期繰り返し充放電に関する成果を報告しました。カルシウムは地殻中に5番目に多く存在し、リチウムなどの貴金属と比較すると安価で入手しやすい元素です。このカルシウムの金属を負極材料として用いることで高いエネルギー密度化も実現可能であることから、次世代の蓄電池として注目され始めています。一方、電極に対する安定性を有する電解液や、イオン脱挿入の可逆性を有する正極材料が見出されておらず、数十サイクル以上の繰り返し充放電は不可能とされていました。私たちは、水素とホウ素から形成された水素クラスターを含む錯体水素化物を新たに開発し、電解質として応用することで、優れた電極安定性を有することを見出しました。さらに天然鉱物としても知られるコベライト（硫化銅）に着目し、ナノ粒子化と炭素材料との複合化を行うことで、カルシウムイオンを可逆に脱挿入可能な正極材料

として開発しました。錯体水素化物電解液とコベライト正極、カルシウム金属負極と組み合わせた蓄電池を構築することで、実用化の指標となる500回以上の繰り返し充放電を実現しました。将来的には本研究を進展させ、電気自動車用の蓄電池システムへ応用することで、電気自動車の普及とそれに伴うCO₂排出量削減などに貢献したいと考えています。

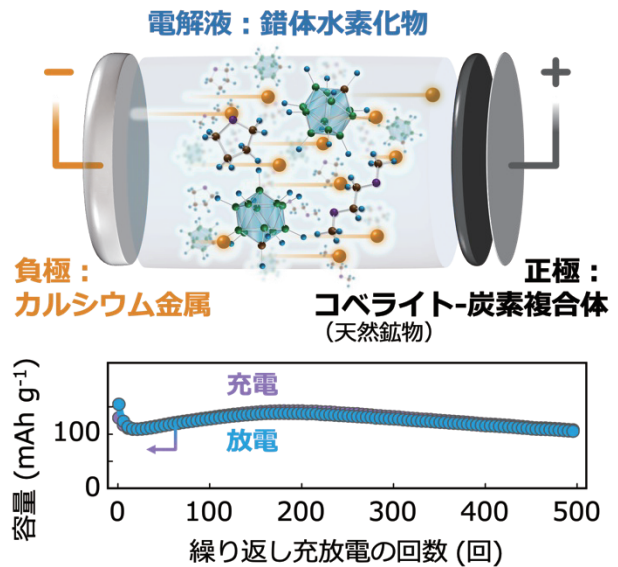


図 開発したカルシウム蓄電池の模式図（上）と繰り返し充放電の特性（下）

コロイド結晶を利用したエネルギー変換材料の開発

野澤 純 特任助教

太陽エネルギー変換材料研究ユニット

太陽エネルギー変換材料研究ユニットにおいて、太陽電池のエネルギー変換効率のさらなる向上を目的とし、高品質結晶育成技術の開発や新規太陽電池開発に取り組んでいます。本稿では、フォトニック結晶への応用が期待されるコロイド結晶成長技術において、最近得られた成果について報告します。

光の伝播を自在に制御できるフォトニック結晶は、光回路、高輝度高出力のレーザー、太陽光発電の格段の高効率化といった革新的な次世代光デバイスへの展開が強く期待されています。コロイド粒子（粒径サブミクロン程度）の規則配列構造体であるコロイド結晶は、このフォトニック結晶へ適用し得る低コストで安価な材料です。その際、必要とされる特性を発現し得るコロイド結晶の構造を制御し結晶育成することが求められています。特に、複数の粒子からなる多成分コロイド結晶は、高い特性が得られることが分かっていますが、その複雑な構造に起因して構造制御が困難であり課題となっています。

我々は、新しい結晶育成法として異種結晶基板を利用したヘテロエピタキシャル成長によるコロイド結晶育成法を提案し、実際に多様な2元系コロイド結晶の育成に成功しています (Nozawa et al., J. Colloid Inter.

Sci., 2022) (図1)。本手法は基板結晶とその上に成長する育成結晶の間に生じる粒子配列のギャップを利用するものであり、通常の方法では得られない多様な構造の2元系結晶を実現できることが明らかになっています。また、基板上では特定の構造が優先的に成長し他の相の晶出が抑制される（晶出相制御）や大面積（大型）の結晶が得られる、といった2元系コロイド結晶の育成において重要な利点を有することが確かめられています。

ヘテロエピタキシャル成長を用いたコロイド結晶育成は我々のグループ独自の手法であり、単一粒子系についてそのメカニズムに焦点を当てた研究にも取り組んでいます (Nozawa et al., J. Phys. Chem. Lett., 2022)。格子不整合に相当する基板と育成結晶の周期間隔の違いが、晶出相の構造や成長プロセスにどのような影響を及ぼすのか、また、そのメカニズムを明らかにすることに成功しています。

これまで、本手法で得られた結晶は2次元（数層）のものであり、今後、3次元結晶の育成さらには構造制御を達成することで、コロイド結晶のエネルギー変換材料への応用を加速していきたいと考えています。

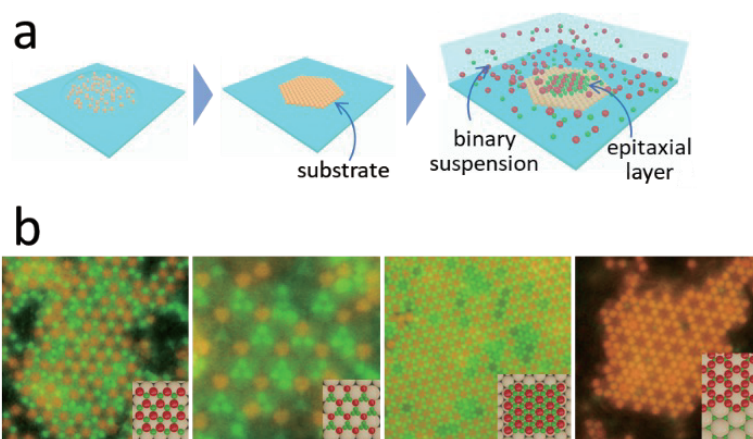


図 a コロイドヘテロエピタキシャル成長法の模式図。b 得られた多様な構造の2元系コロイド結晶。

E-IMR Summer Meeting 2023

開催日：2023年6月19日(月) 15:30 – 17:30
開催場所：東北大学金属材料研究所 講堂

2023年6月19日(木)に金属材料研究所講堂においてE-IMR Summer Meeting 2023を開催しました。このイベントは、本センターで実施されている研究活動をご紹介しますとともに、海外研究者によるご講演と今後のセンター活動の意見交換を目的としております。

研究発表の部では、塚崎敦教授、岡本範彦准教授、熊谷悠教授のよる研究活動紹介を行い、招待講演の部ではマンチェスター大学講師のMohammad Saeed BAHARAMY博士に講演いただきました。

E-IMR Summer Meeting 2023

2023.6.19 Mon. 15:30-17:30
at IMR auditorium with zoom webinar

| | Contents |
|--------------------------------|--|
| 15:25 | |
| 15:30 - 15:35 | あいさつ Opening remark 市坪 哲 教授 [東北大学金属材料研究所先端エネルギー材料理工共創研究センター長] Prof. Tetsu ICHITSUBO Head of Collaborative Research Center on Energy Materials |
| 【研究発表 Research Presentation】 | |
| 15:35 - 15:55 | 「トポロジカル物質群における磁気熱電効果」 塚崎 敦 教授 [E-IMR/低温物理学研究部門] Prof. Atsushi TSUKAZAKI [E-IMR/Low Temperature Physics Lab.] |
| 15:55 - 16:15 | 「空气中水分子を利用して低温廃熱を蓄熱できる層状二酸化マンガ」(予定) 岡本 範彦 准教授 [E-IMR/構造制御機能材料学研究部門] Assoc. Prof. Norihiko OKAMOTO [E-IMR/Structure-Controlled Functional Materials Lab.] |
| 16:15 - 16:35 | 「エレメントミューテーションによる新規太陽電池材料の提案」(仮) 熊谷 悠 教授 [E-IMR/複合機能材料学研究部門] Prof. Yu KUMAGAI [E-IMR/Multi-Functional Materials Science Lab.] |
| 16:35 - 16:40 | 休憩 short break |
| 【招待講演 Invited Presentation】 | |
| 16:40 - 17:20 | 「Emergent quantum phenomena in transition metal dichalcogenides」 Dr. ハハミ モハマト サイド [マンチェスター大学講師] Dr. Mohammad Saeed BAHARAMY [The University of Manchester, Lecturer] |
| 【意見交換 exchange of ideas/views】 | |
| 17:20 - 17:30 | 先端エネルギー材料研究に関する意見交換 Exchange of ideas/views on advanced energy materials research |

『2023年度若手研究者のための革新的エネルギー材料・複合モジュール創製研究助成』の採択課題

先端エネルギー材料理工共創研究センターでは、東北大学内の若手研究チームを対象として、脱炭素社会の実現(2050カーボンニュートラルの達成等)に貢献することを旨とする材料科学およびその関連分野の萌芽的研究を支援するため、『若手研究者のための革新的エネルギー材料・複合モジュール創製研究助成』制度を設けています。

2023年度は、谷村洋助教(金属材料研究所)・石井暁大助教(工学研究科)『パイエルス転移性NbO₂ベースの省エネルギーな結晶性相変化材料の開発』と芳野遼助教・南部雄亮准教授(金属材料研究所)『低エネルギーアンモニア分離を指向した多機能性錯体格子の開発』の2課題を採択しました。

ご案内

毎年12月に開催する『東北大学金属材料研究所先端エネルギー材料理工共創研究センターワークショップ』の第8回を右記の要領で開催いたします。講演内容の詳細については、E-IMRのホームページでお知らせいたします。ぜひご参加ください。

【開催日時】

令和5年12月26日(火) 13:00~17:00

【開催場所】

東北大学金属材料研究所講堂
※オンライン配信を予定