



IMR NEWS

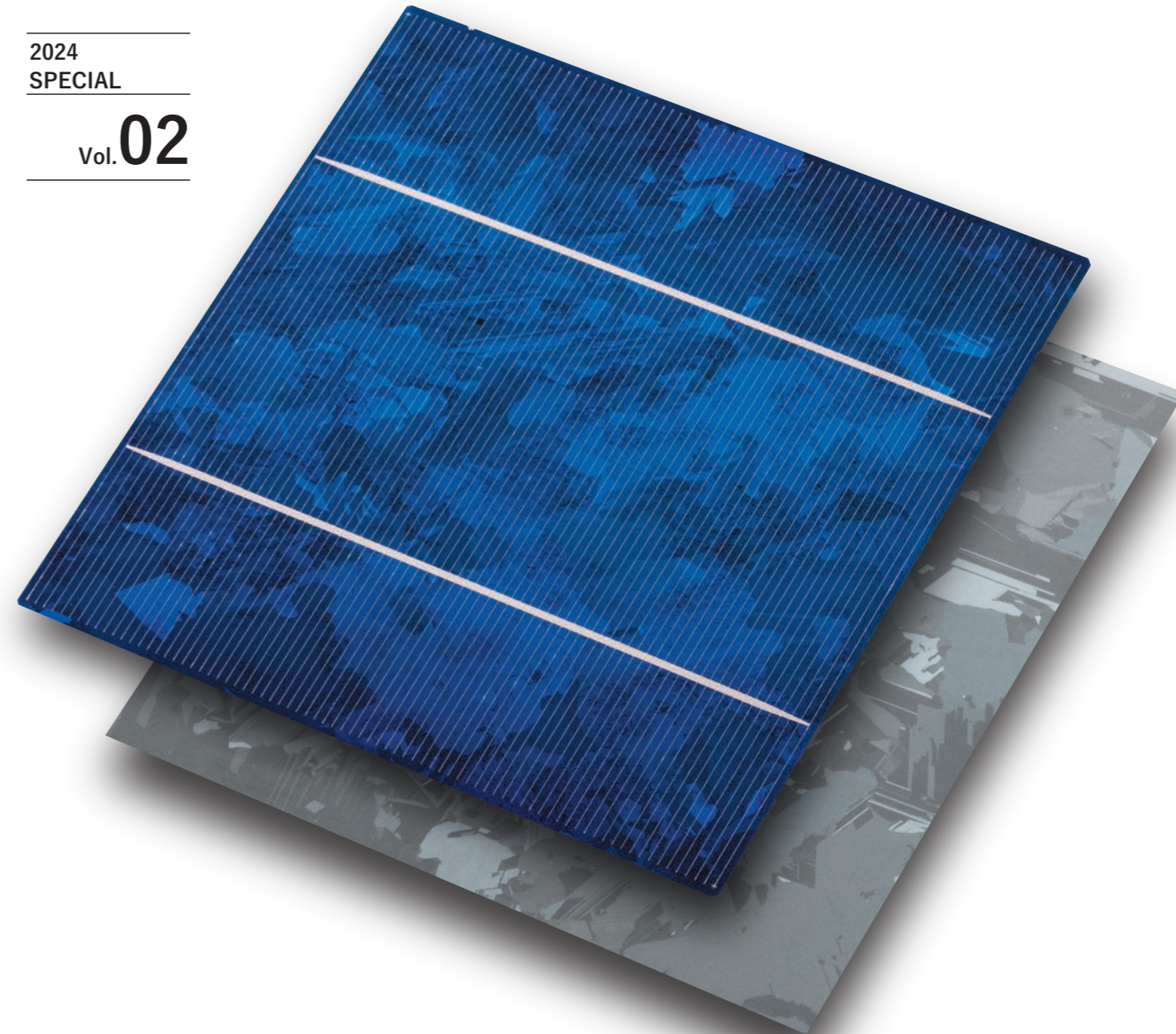
KINKEN Plus

For Society 5.0



2024
SPECIAL

Vol. 02



機能材料、 世界革新。

IMR NEWS

KINKEN

IMR ニュース KINKEN Plus
2024 SPECIAL vol.02



東北大学金属材料研究所

<http://www.imr.tohoku.ac.jp>

【発行日】令和6年3月発行
【編集】東北大学金属材料研究所 情報企画室広報担当
〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
TEL: 022-215-2144 E-mail: pro-adm.imr@grp.tohoku.ac.jp







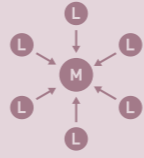
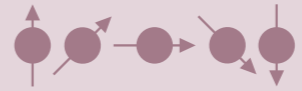
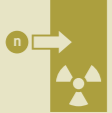




TARGETmap KINKEN

未来社会を革新するマテリアルサイエンス。

■ 構造材料

■ 機能材料

■ 量子物性

<p>耐環境材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 腐食 ■ 水素脆化 	<p>急冷材料・多孔質材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ アモルファス・金属ガラス ■ ナノ構造・複合材料 ■ デアロイング 	<p>電極材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 蓄電池 ■ リチウム ■ マグネシウム 	<p>結晶成長</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ その場観察 ■ 固液界面 ■ 新物質 	<p>薄膜界面物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ トポロジカル物質 ■ ナノ界面 ■ デバイス 	<p>有機量子物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 分子性導体 ■ バイ電子 ■ 有機エレクトロニクス 
<p>材料加工・プロセス</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ コバルトクロム合金 ■ 積層造形 	<p>金属組織制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 鉄鋼材料 ■ 相変態 ■ 表面硬化材料 	<p>水素化物</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 水素貯蔵材料 ■ 高速イオン伝導材料 	<p>単結晶材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ シンチレータ結晶 ■ 酸化ガリウム ■ 融液成長法 	<p>金属錯体</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 電荷移動錯体 ■ 分子磁石 ■ 分子吸着材料 	<p>強相関スピン物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ スピン超構造 ■ 創発現象 
<p>格子欠陥分析・原子力材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3次元アトムプローブ ■ 陽電子消滅 ■ 透過電子顕微鏡 	<p>核融合</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 核融合炉材料 ■ 粉末冶金 ■ ナノインデンテーション 	<p>先端エネルギー材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ スピン環境発電 ■ 全固体二次電池 ■ 高効率太陽電池 	<p>磁性材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ナノ磁性 ■ スピントロニクス ■ スピнкаロリトロニクス 	<p>強磁場物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 磁性 ■ 極端条件 ■ 相制御 	<p>超伝導物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 液体ヘリウム ■ 電場誘起超伝導 ■ 2次元超伝導 
<p>超大規模計算</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ スーパーコンピュータ ■ マルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション 	<p>新素材</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 新材料の創製 ■ 材料評価と分析 	<p>セラミック材料設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 第一原理計算 ■ マテリアルズインフォマティクス 	<p>超伝導材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 無冷媒マグネット ■ ハイブリッドマグネット 	<p>放射性・核燃料物質</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 放射性同位元素 ■ ホットラボ ■ 中性子照射 	<p>強相関アクチノイド物性</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ f電子系 ■ 超伝導 ■ 量子振動 
<p>産学官連携</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 大学シーズ技術移転 ■ 企業との共同研究 ■ 人材育成 	<p>材料分析支援</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 元素分析 ■ TEM解析 	<p>構造解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ シンクロトロン放射光 ■ 原子配列 ■ 非晶質・結晶質 	<p>量子ビーム計測</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 中性子散乱 ■ X線散乱 ■ ミュオンスピン回転 	<p>分析・実験技術、計算科学</p>	

CONTENTS

機能材料、世界革新。

金研スピリットを受け継ぐ者たち …… P04

附属新素材共同研究開発センター
梅津 理恵 教授
磁性材料科学研究部門
関 剛彦 教授

脱炭素社会の実現に貢献することを目指す …… P08
材料科学研究

E-IMR
市坪 哲教授・センター長 / 岡本 範彦准教授 / 木須 一彰助教

E-IMRの研究成果例 …… P11

二酸化炭素の吸着で磁石になる
多孔質材料を開発

錯体物性化学研究部門 / E-IMR蓄エネルギー材料研究ユニット
宮坂 等

無害で安価な新規太陽電池材料の発見

複合機能材料科学研究部門 / E-IMR材料評価・解析研究ユニット
熊谷 悠
結晶物理学研究部門
森戸 春彦

Laboratories …… P12

非平衡物質工学研究部門
加藤 秀実 教授

先端結晶工学研究部門
吉川 彰 教授

受け継がれる金研DNA …… P14

最先端機能材料研究プロジェクト in KINKEN …… P15

機能材料、 世界革新。

100年を超える東北大学金属材料研究所(金研)の歴史は、従来の3倍の保磁力を持つ永久磁石鋼(KS磁石鋼)の発明とともに始まった。

発明者は、金研初代所長を務めた本多光太郎博士。KS磁石鋼の発明は、日本における磁性材料の発展の基礎となるとともに、計測機器の性能を飛躍的に向上させるなど、工業の発展にも大きく貢献した。金研からは、その後も、センダスト、新KS磁石鋼、アモルファス磁性合金など、多くの機能材料が生み出され、産業界はもとより人々の生活を豊かにする材料として、世界に革新をもたらし続けてきた。

Society5.0が目指す「強靱性と持続可能性が両立する循環型社会の実現、そして一人ひとりの多様な幸せ」が求められる現代にあって、物質の電気・磁気・光の性質を高度に制御するエレクトロニクス材料や次世代のエネルギー開発につながる新規材料の創出への期待は大きい。「産業は学問の道場なり」という本多博士の言葉を今に受け継ぎ、それぞれの視点から磁性材料の研究に取り組む2人の研究者が、金研への思い、研究の現在、そして将来の展望を語り合った。



磁性材料の分野で世界をリードし続ける金研。
その誇りと使命感を胸に刻み、新たな材料の創出へ。

梅津 理恵 教授
附属新素材共同研究開発センター

関 剛斎 教授
磁性材料学研究部門

金研のポテンシャル

「材料」という観点でつながり、
理学と工学が融合。
磁性材料の分野で際立つ研究力。

梅津:100年を超える金研の歴史を振り返ると、磁性材料に関する研究の強さは際立っていると思います。金研の初代所長である本多光太郎先生の磁石材料に始まり、その後のアモルファス合金や磁性薄膜、磁歪材料の研究も含め、磁性材料の分野で、金研は世界をリードしてきたと言えるのではないのでしょうか。

関:教員になってから感じたのは『教科書に載る仕事をする』ということのすごさです。その点で、金研で展開されてきた磁性材料研究は確かにすごい。そこに連なる者の一人として、プレッシャーを感じることがあります。

梅津:国際会議などに行った際にも、金研の知名度の高さを感じますし、文献にあたった時、金研の先生方が過去にこんな研究もやっていたんだと気付くこともあります。プレッシャーと同時に、そうした歴史を引き継いでいかなければならないという強い使命感もありますね。

関:金研の一員として感じるのには、理学系と工学系の研究者が共にいることの面白さです。両者が「材料」という観点でつながり、違う色を持った先生方とコラボレーションできることが、金研では、とても有効に働いていると思います。

梅津:私は物理学を学んだ後、博士課程から工学の世界に足を踏み入れました。ものが出来上がった後に物性を測ることが中心である物理に対し、工学の関心はやはりものづくり。材料が完成するまでのプロセスが重視される工学的知識とともに、物性を測り性質を議論するという理学的視点の双方を学んだことは私自身の強みです。それと同様、理学と工学の研究者が共にいることは、金研にとって大きなアドバンテージとなっているのではないのでしょうか。

金研スピリットを 受け継ぐ者たち

研究の力点

ハーフメタルの基礎物性の解明(梅津)
スピントロニクスの新展開への挑戦(関)

梅津:磁気機能性材料の基礎物性という私の関心事に対し、関先生は、デバイスやスピントロニクスなど、私から見ると出口に近いところを研究対象とされていますね。

関:エレクトロニクス材料として役立つものを作る。そして、エネルギーを作り出すような材料を磁性材料で作るという2つの目標を持って研究を進めています。エレクトロニクス材料の方は、「スピン軌道相互作用」をキーワードに、ナノサイズの磁石の方向を精密に制御することで、情報記録の精度を上げ、情報を書き込む際の消費エネルギーを低減することのできるエレクトロニクスデバイスの開発に取り組んでいます。エネルギー材料の方では、温度勾配があると電気が流れる、熱流と電流を変換する磁性材料に注目し、その効率をどのように向上させるかという研究を行っています。この研究では、「異常ネルスト効果」に注目し研究を進めているところです。

梅津:私が特に関心を持っているのは、磁場を感じると電気抵抗が変わったり、磁場をかけると歪んだり、結晶構造が変わってしまう、「磁気付随現象」と呼ばれるものです。それに加えてハーフメタルです。ハーフメタルは100%のスピン分極率



という特異な電子状態を持つ磁性体です。理論で予測されている特異な状態を本当に有しているのかを基礎的な観点で調べています。ハーフメタル磁性体の中でも私はホイスラー合金を中心に研究していて、この数年は大型放射光施設(SPring-8)で電子状態を直接観測してきました。今後はこれ

までの研究の成果をベースに、引き続き面白そうな物質を提案しては諸物性を調べ、それを制御するためにはどのような物質設計が必要なのか検討を進めたいです。

関:梅津先生がバルクを使って研究しているのに対し、私はナノオーダーの厚さを持つ薄膜が研究のターゲットであるところが一番の違いです。理想的なものを作り

やすい薄膜のメリットを生かしながら、いい材料を生み出した後、いざバルクでとなった時、梅津先生ともコラボレーションできたらと考えているのですが、いかがですか。

梅津:基礎研究をやっている側からすると、私たちの研究成果が、薄膜での応用等につながっていけばいいなと考えていました。今、関先生から、逆のパターンも期待されているとお話があって、新たな気付きでもありました。

関:バルクでは難しくても薄膜ならできるというのは、薄膜研究の一つの面白みでもあります。逆に、例えば中性子回折による構造解析で磁気特性を調べようとする、感度の観点から十分な体積が必要になるため、薄膜では難しい。熱電の研究でも、薄膜である程度の性能指数が出たら、最終的にはバルクを開発する必要が出てきます。バルクと薄膜それぞれの得意なところで研究を進めながら、すごくいい特性が出た時に、薄膜でもやってみる、バルクでもやってみる、といったバルクと薄膜を両輪としたコラボレーションが、今後はより重要になるように感じます。



課題と展望

社会実装を視野に、
さらなる材料探索と
基礎物性の解明を。

関:エレクトロニクス材料として磁性材料を使おうとする時、電流を流してスピン流をいかに作るか、エネルギー材料の場合には、温度差から電圧を取り出す変換の効率をいかに上げていくかという課題があります。変換効率の良い材料はいくつか見つかってはきていますが、実際にデバイスに応用しようとすると、他を構成する材料や半導体プロセスとの融合など、まだ多くのハードルがある。また、ナノの世界でのスピンの構造はとても複雑で、それらを整理し理解できて初めて、僕らが思い描くナノレベルでの磁気制御ができると考えて研究に取り組んでいます。エネルギー材料の方も、まだ性能指数が低いので、性能指数を上げていくための材料探索を続けているところです。

梅津:スピントロニクスのキーマテリアルとされるハーフメタルは、これまでは強磁性体がメインの研究対象でした。最近になって反強磁性体がトレンドになり、世界で3つ目となる候補物質を私たちが発見しました。現在はさらに4つ目、5つ目の候補物質を提案し、その電子状態を明らかにしようとしています。また、エネルギー材料として注目されている磁歪材料の電子状態に

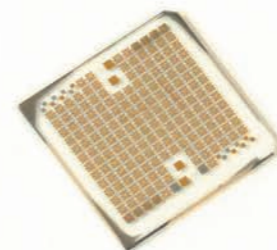


も興味があります。これらの解析には現在仙台に建設中の次世代放射光施設(NanoTerasu)を使うことにも期待していて、さまざまな基礎物性測定と組み合わせてその起源を明らかにしていきたいです。こうした私の基礎的な成果が、

結果として、デバイスなどの社会実装につながればいいなと思っています。

関:梅津先生は非常に良い単結晶を創る高度な技術をお持ちで、とても丁寧なお仕事をされています。新たな候補物質の探索には良質なサンプルから得られた材料特性のライブラリが不可欠です。電子状態から磁気特性、電気特性、さらに磁歪などをひと揃いのデータセットと

して世の中にコンスタントに出していただけたら、マテリアルDXの流れにも大きく貢献することができるのではないのでしょうか。我々も得られたデータを大いに活用して、面白い特性を持つ磁性薄膜材料の作製につなげていけることを期待しています。



梅津 理恵 教授

奈良女子大学理学部物理学科を経て、2000年博士(工学)(東北大学)。東北大学多元物質科学研究所助教を経て、2010年東北大学金属材料研究所助教、2013年同特任准教授。2016年同准教授、2020年同教授。2019年に第39回猿橋賞を受賞。

<http://www.crdam.imr.tohoku.ac.jp/>



関 剛斎 教授

2006年博士(工学)(東北大学)。東北大学金属材料研究所研究支援者・日本学術振興会特別研究員等を経て、2010年東北大学金属材料研究所助教、2016年同准教授。2023年12月より同教授。2019年に科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞。

<http://magmatelab.imr.tohoku.ac.jp/index.html>



脱炭素社会の実現に 貢献することを目指す 材料科学研究

市坪 哲 教授・センター長 | 岡本 範彦 准教授 | 木須 一彰 助教 | E-IMR



Society5.0の視点

- 安全・安心を確保する強靱性等に貢献するエネルギー材料の創製
- カーボンニュートラルに向けた新しいエネルギー材料技術の確立

E-IMRの目標

太陽エネルギーの利用と
3つの『蓄』の最大化に貢献する
革新的エネルギー材料を創製

附属先端エネルギー材料理工共創研究センター(E-IMR)は、金研の各研究室に所属する理工双方の研究者が共創し、蓄エネルギー材料の創製とその実用を可能にするモジュール化、システム化に取り組む組織です。2022年から、「太陽エネルギーの利用と3つの『蓄』(蓄熱・蓄電・蓄水素)の最大化に貢献する革新的エネルギー材料・複合モジュール創製」というプロジェクトを立ち上げ、脱炭素社会や2050年のカーボンニュートラルの実現に貢献すべく研究を加速させています。

■視点① 太陽エネルギー

太陽エネルギーには、単位時間あたり、日本で消費される一次エネルギーの7千倍ものエネルギーがあると言われていますが、現状は日本で使用される一次エネルギーのうち10%程度しか利用できていません。太陽エネルギーで国内年間消費電力をすべて賅うには、国土の数%を太陽電池パネルで覆う必要があります。変換効率を材料研究により高めることができれば、その分必要なパネルは減らせます。このことから太陽電池の性能向上は必須の課題です。

■視点② 蓄電

太陽エネルギーを電力として安定して利用する際に問題となるのが、天候や日照条件に左右される点です。そこで電気を貯めておき、必要な時に使う「蓄電」が重要になります。現在主流のリチウム蓄電池の性能向上のみならず、デンドライトの発生の抑制、レアメタルに依存しない電極材料の開発など、チャレンジすべき多くの課題があります。

■視点③ 蓄水素

水素社会の実現には、安全で効率的な水素輸送・貯蔵技術が求められます。蓄水素には、何年も貯めておけるという熱力学的なメリットもあり、安全かつ高密度に水素を貯蔵できる水素化物などの材料研究を進めています。

■視点④ 蓄熱

通常、太陽熱は電気エネルギーに変換して蓄電します。このプロセスを経ずに熱を熱のまま蓄える、それが「蓄熱」です。まだメジャーな分野ではないですが、高効率・高性能な新規蓄熱材料の創出によって、太陽熱に限らず、産業や日常生活で生じる未利用の廃熱も無駄なく利用することが可能となります。

研究課題 ▶ 蓄電

蓄電池ラインナップの拡張
— 革新リチウム蓄電池、資源性に
優れるマグネシウム蓄電池の開発

市坪

携帯電子機器や家電機器の電源として欠かせないデバイスとなっているリチウムイオン電池を、電気自動車の動力源や再生可能エネルギーの蓄電デバイスとしてさらに活用を進めていくには、エネルギー密度のさらなる向上が不可欠です。そのための試みの一つとして、アルミニウムなどの合金系負極の開発が進められていますが、充放電時の膨縮による電極構造の劣化が課題となっていました。これに対し、高純度アルミニウム箔の硬さを最適化することで、充放電時の膨縮の制御が可能であることを見だし(住友化学株式会社との共同研究)、2020年にその成果を発表しました。

ポストリチウムイオン電池として、私がいま特に注力しているのが、負極材料にマグネシウム金属を利用するマグネシウム蓄電池です。マグネシウム蓄電池には、金属負極電池ならではの高いエネルギー密度とともに、発火の要因となるデンドライトができにくいというメリットもあります。課題は、主に正極材料の開発にあり、室温で動かすことのできる正極材料の開発が今後の目標となります。こうした研究を成し遂げ、今後3年以内にプロトタイプを製作、10年以内の市場化を目指したいと考えています。



市坪 哲 教授

2000年博士(工学)(京都大学)。
2006年京都大学大学院工学研究科
准教授を経て、2016年東北大学金属
材料研究所教授に就任。2019年より
附属先端エネルギー材料理工共創研
究センター(E-IMR)所長に就任。

研究課題 **蓄熱**

未利用廃熱を熱エネルギーのまま
回収・再利用するための
新規蓄熱材料を開発

岡本

現在、一次エネルギーの約6-7割が未利用のまま廃熱として放出されています。中でも再利用が難しい100-200°Cの低温域の廃熱は60%以上を占めます。この未利用の廃熱を回収し、再利用するための蓄熱材料の研究開発に取り組んでいます。例えば、屋間の太陽熱を利用した夜間暖房、自動車の排熱を利用したエンジンの暖気運転など、熱を熱のまま貯蔵・再利用できれば、効率的なエネルギー活用が実現できます。

蓄熱材料には、①高い蓄熱エネルギー密度、②速い放熱速度、③蓄熱反応の可逆性、④物質の安定性・安全性、といった特性が求められます。こうした特性を兼ね備える蓄熱材料として注目しているのが層状構造の二酸化マンガンです。研究の結果、層状二酸化マンガンの吸放熱反応は、大気中の水分子

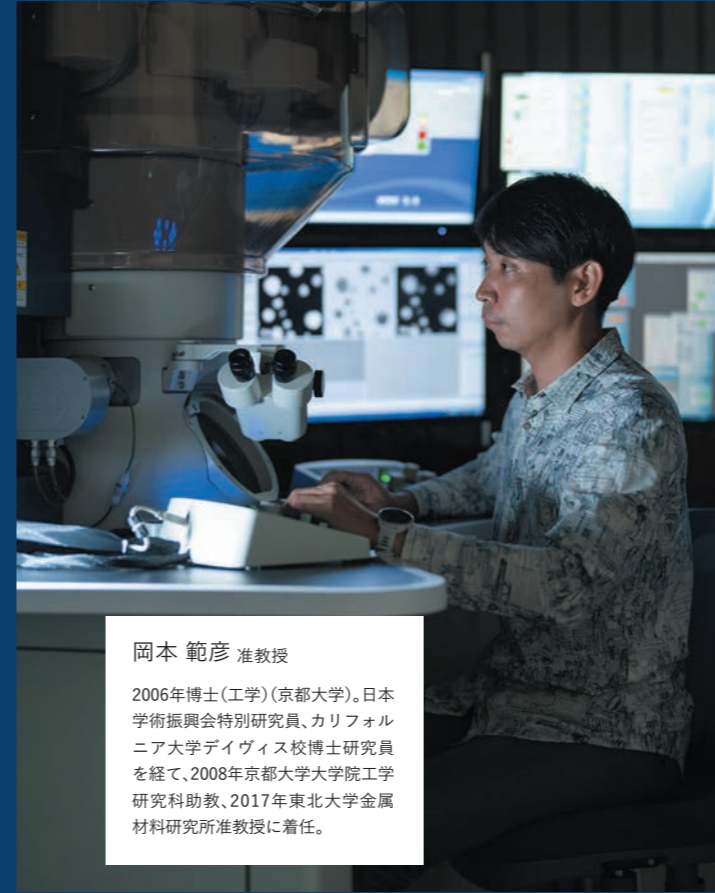
が層間を出入りするインターカレーション反応によって起こることを解明しました。そしてこの特徴的な仕組みによって、既存の熱電材料よりも優れた①-④の特性をもち、特に低温域廃熱の蓄熱に適した材料であることを示してきました。

今後、蓄熱システムへと実用化に展開していくには、蓄熱エネルギーの高密度化や、蓄放熱の温度域の拡大、さらにはバルク体としても優れた吸放水特性を最大限発揮させることが課題です。2023年には、本研究が科学技術振興機構(JST)の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)に採択されました。これを機に、新規蓄熱材料の開発を加速させ、日本の年間総排出量の約4%に相当する二酸化炭素の排出削減を実現したいと思います。



水熱法により合成した
層状二酸化マンガン粉末試料

さまざまな合成手法により結晶子サイズや層間カチオン種の異なる層状二酸化マンガンを作製し、収容可能な水分子量の最大化、ひいては蓄熱エネルギー密度の最大化を図り、蓄放熱温度制御の材料設計指針を確立します。



岡本 範彦 准教授

2006年博士(工学)(京都大学)。日本学術振興会特別研究員、カリフォルニア大学デイヴィス校博士研究員を経て、2008年京都大学大学院工学研究科助教、2017年東北大学金属材料研究所准教授に就任。

研究課題 **蓄電**

次世代蓄電池として期待の高い
カルシウム蓄電池の
さらなるレベルアップを

木須

私が所属する水素機能材料工学研究部門(折茂研究室)は、蓄水素と蓄電を視野に、エネルギー利用のための水素化物の研究に精力的に取り組んでいます。私が2023年に発表した「長期繰り返し充放電が可能なカルシウム蓄電池」では、当室の蓄水素研の中で生じた分解物、水素クラスターが大きな役割を果たしています。

蓄電池は、正極と負極、電解質で主に構成されています。現在広く利用されているリチウムイオン電池が正極にコバルト酸化物、負極にグラファイト、電解質にリチウム塩を含む電解液を使用しているのに対し、私が開発したカルシウム蓄電池は、正極にナノ粒子化と炭素材料との複合化を行った天然鉱物コペライト(銅藍、硫化銅)、負極にカルシウム金属、



カルシウム蓄電池の
試作セル

水素クラスターを含む電解液は空気中の水分によって、特性が大きく変化するため、試作セルは不活性ガス環境下で作成されている。現状のカルシウム蓄電池は高温環境ではなく、むしろ室温において特性が最大限発揮される。

電解質に水素クラスターを含む電解液を採用、その試作電池で、実用化の指標となる500回以上の繰り返し充放電に成功しました。この研究のポイントの一つは、水素クラスターという水素化物を電解液と組み合わせる点にあります。扱いの難しい水素化物を使いこなし、電池に応用できたのは、蓄水素研究に取り組む当室ならではの成果です。

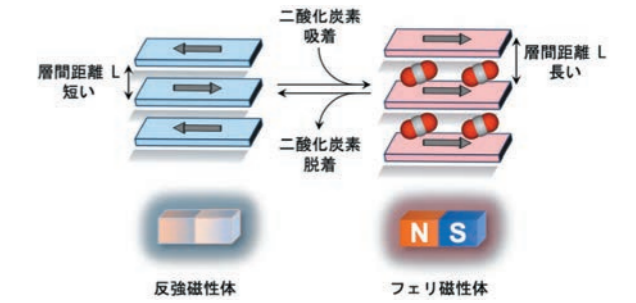
カルシウム蓄電池には、高いエネルギー密度、高い安定性、地殻中に5番目に多く存在する豊富な資源量といった大きなメリットがあります。次世代蓄電池として期待されるカルシウム蓄電池だけに、電極と電解質の界面での反応への理解を深め、固体化も視野に入れた電解質の材料探索、電極材料のレベルアップにさらに取り組んでいきます。



木須 一彰 助教

2015年博士(工学)(東京農工大学)。2014年東京農工大学特任助教、2018年東北大学材料科学高等研究所助教を経て、2021年東北大学金属材料研究所助教。

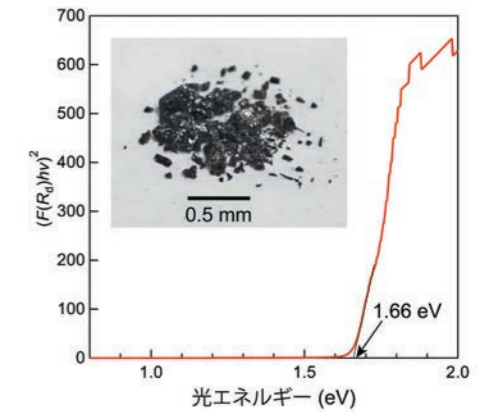
E-IMRの研究成果例



二酸化炭素の吸着で磁石になる多孔質材料を開発
結晶-結晶変化を示す柔軟な構造変化が要因

宮坂 等 (錯体物性化学研究部門/E-IMR蓄エネルギー材料研究ユニット)

本研究グループでは、二酸化炭素の吸着で磁化のON-OFFが可能な多孔質材料の開発に成功しました。今回開発した材料は分子性多孔質材料の一種で、磁石として機能する二次元層が連なった構造を持ちます。この層の間に二酸化炭素を吸着させると磁石になり、二酸化炭素を脱離させると磁石の性質を持たない元の性質(反強磁性体)に戻ります。この現象は、二酸化炭素の吸着により化合物の層間距離が伸長する、すなわち呼吸するように「構造変化」が起こること、で、磁石層間の磁気相互作用が反転するために生じます。二酸化炭素の吸着に必要な温度が76 Kと低いことが課題ですが、どこにでも存在するガス分子の吸着で生じる「構造変化」という単純な機構で磁気相変換が起こる磁石は世界初であり、他の層状構造を持つ磁性材料への本機構の応用が期待されます。



無害で安価な新規太陽電池材料の発見
人類最初のセレン太陽電池からヒントを得て

熊谷 悠 (複合機能材料学研究部門/E-IMR材料評価・解析研究ユニット)

森戸 春彦 (結晶物理学研究部門)

太陽電池の主要な材料であるシリコンはその光電変換効率が低いため、代替材料の研究が進んでいます。しかし、これまでの代替材料には有害元素が含まれており、安全で安価な材料が求められてきました。我々は、人類最初の固体太陽電池材料セレンを基に、新たな構造探索手法と第一原理計算を用いて新規太陽電池材料の探索を行いました。この結果、無害で安価な元素で構成されているリン化ナトリウム(NaP)が適切なバンドギャップ、軽い有効質量、高い光吸収係数を持つことから太陽電池として有望な材料であることを発見しました。これらの予測を実証するため、実験による合成を行いそのバンドギャップを測定したところ、計算値と良い一致を示しました。NaPは安価かつ無害な元素で構成されているため、実用化に向けたさらなる開発が期待されます。

E-IMRの詳細はこちら ▶▶▶

<http://www.e-imr.imr.tohoku.ac.jp/>



非平衡物質工学研究部門

Society5.0の視点

- 革新的環境イノベーション技術の研究開発・低コスト化の促進

急冷などに代表される非平衡プロセスを利用して、通常の金属材料とは全く異なった構造・組織を有する金属ガラスの開発研究を行っています。また、金属ガラスの合金開発研究で得た知見を基に、合金を金属浴に浸漬させることで脱成分化を行う金属溶湯脱成分法を世界に提唱し、従来法で作製し得なかったナノ複合・多孔質材料の開発に成功し、その基礎物性の解明や実用展開を進めています。

■最近の研究成果

鉄とマグネシウムの強固な機械接合に成功

—輸送機器の軽量化で環境影響を低減

次世代輸送機器には、安全性の高い大量・高速輸送を低環境負荷で実現することが求められます。鋼板を適材適所で新材料に代替するマルチマテリアルの次世代基幹材料として、マグネシウム合金が検討されていますが、鋼板等の構造材料との接合技術の開発は、マグネシウムが鉄と相分離して合金化しない「自然の摂理」に阻まれ進んでいません。

私たちの研究グループでは、異種金属間の混和と分離に由来して生じる脱成分(デアロイング)現象によって、相分離して強固に接合し得ない異種金属同士が、ナノ・ミクロンスケールで共連続に絡みあう特異な複合組織を自己組織化することに着目し、鉄部材とマグネシウム部材の接合面に、鉄とマグネシウムの微細な共連続複合組織を形成することで強固で理想的な機械接合を達成する“デアロイング接合技術”を確立しました。この技術は、相分離するさまざまな異種金属間の接合技術に広く応用が期待され、自動車、鉄道や航空機等の軽量化、低燃費化への貢献が見込まれます。

研究室の詳細はこちら ▶▶▶

<http://www.nem2.imr.tohoku.ac.jp/member.html>



加藤 秀実 教授

1999年博士(工学)(東北大学)。東北大学金属材料研究所の助手、助教、准教授を経て、2014年同教授。その間、マサチューセッツ工科大学客員研究員を歴任。



吉川 彰 教授

1999年博士(理学)(東京大学)。東北大学金属材料研究所助手、東北大学多元物質科学研究所助手、同准教授を経て、2013年東北大学金属材料研究所教授。2014年に科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞。

先端結晶工学研究部門

Society5.0の視点

- 産学官連携による新たな価値共創の推進

材料設計からデバイス開発までを垂直統合した異分野融合と産学連携体制により、新規機能性結晶の開発を行なっています。これまで複数の新規シンチレータを開発し、乳癌診断用PET、ハンディタイプ放射線量モニタなどの放射線検出器や装置を開発・実用化。廃炉に向けた赤外線シンチレーション材料の開発などのほか、貴金属を用いない新規単結晶育成技術の開発にも取り組んでいます。

■最近の研究成果

世界初、貴金属ルツボを使用せず

実用サイズの酸化ガリウム単結晶を作製

—超低コストの製造法で次世代パワー半導体の実用化に寄与

東北大学発ベンチャーである株式会社C&A(代表取締役社長・鎌田圭)と連携し、貴金属ルツボを使用しない新規結晶育成手法Oxide Crystal growth from Cold Crucible (OCCC) methodを開発し、次世代のパワー半導体として期待されている酸化ガリウム結晶(最大約5cm径)の作製に成功しました。

従来の結晶育成手法では、融液を保持するルツボに貴金属であるイリジウム(ルツボ材:約2.5万円/g、2023年11月相場)を使用していたため、①結晶のコスト低減が非常に困難、②製法由来の酸素欠陥が生じる、などの問題がありました。本開発では、貴金属ルツボフリーの結晶育成手法であるOCCC法をベースとし、C&Aで独自装置を開発することで、貴金属ルツボを使用することなく高品質な酸化ガリウム結晶を作製することに成功しました。この成果により、酸化ガリウム基板を安価に製造することが可能となり、低損失な酸化ガリウムパワー半導体の実現に大きく寄与することが期待されます。

研究室の詳細はこちら ▶▶▶

<http://yoshikawa-lab.imr.tohoku.ac.jp/>



受け継がれる金研DNA

金研オリジナルの機能材料

1916 KS磁石鋼

金研初代所長を務めた本多光太郎博士が高木弘博士とともに1916年に発明したのが、当時世界最強の永久磁石、KS磁石鋼だ。KSの名称は、研究費を寄附した住友吉左衛門の名に由来する。KS磁石鋼は、鉄、コバルト、タングステン、クロム、炭素等をもっとも磁力を保有する割合で配合して作られた合金で、その保磁力は、従来の永久磁石の3倍にもなった。

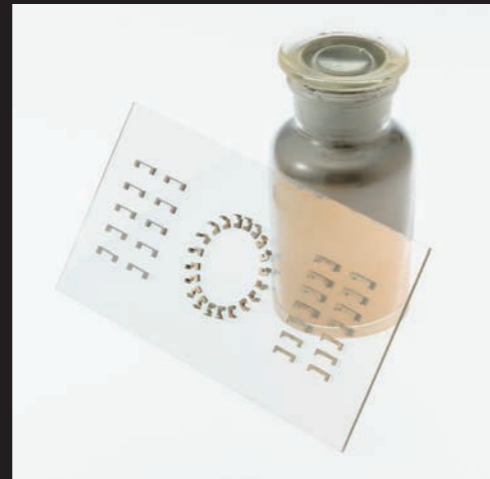
東京帝国大学三島徳七研究室がKS磁石鋼の2倍の保磁力を有するMK磁石鋼を1931年に開発するまでの間、KS磁石鋼は世界最強の磁石として君臨。MK磁石鋼の出現のわずか2年後には、本多と増本量・白川勇記の両博士により、MK磁石鋼を上まわる新KS磁石鋼を開発している。



1932 センダスト

センダストは鉄(Fe)、シリコン(Si)、アルミニウム(Al)からなる軟磁性材料で、1932年に増本量博士らが開発して以来現在に至るまで、電子機器の部品に使用されている。非常に硬くもろいため、粉状のものを圧縮して成形する。「仙台」で作られた「粉末材」が名前の由来となっている。

開発にあたっては、各金属の含有比率を少しずつ変えた150組成にも及ぶ合金を作製し、すべての透磁率を測定。Si含有率9-10%というわずかな組成の違いの間に現れる劇的な透磁率の突出を探り当てた。実験データは線を引く必要もない程、実測値で埋められており、この実験手法は金研の研究スタイルの一つの象徴にもなった。



1973 アモルファス磁性合金薄帯

アモルファス合金は、本来結晶化しやすい金属の原子をランダムに位置させることで、特異な機能を発現させた材料である。中でも、変圧器、自動車モーターなどの部品に使用されているアモルファス磁性合金は、「高強度・超耐食性・軟磁性」という三大特性をもち、省エネ化・小型化に貢献している。

アモルファス合金が発見された当初、試料は小さく低品質のため、性質はよく理解されていなかった。1969年に増本健博士らがテープ状試料の製法を開発。1973年、この方法で製造したアモルファス磁性合金薄帯によって、三大特性が世界で初めて明らかになった。1975年には現在の製造法の基礎となる「単ロール式液体急冷法」が開発された。

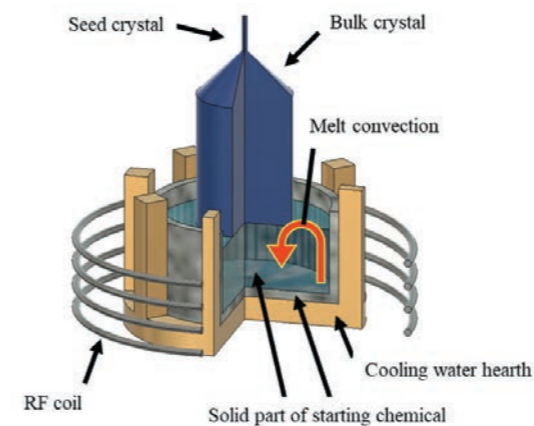


最先端機能材料研究プロジェクト in KINKEN

高品質β-Ga₂O₃単結晶育成のためのAI計算を用いた新規ルツボフリー結晶成長法の開発

代表者 吉川 彰 事業名 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業

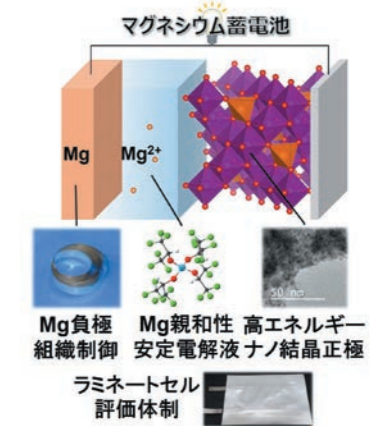
β-Ga₂O₃はSiC、GaNよりも大きなバンドギャップを有し、次世代パワー半導体として期待されています。Siと同様に融液成長可能なため、原理的には同等の価格と品質を達成できる可能性があり、将来的にパワーデバイス市場において重要な位置を占めることが期待されます。本研究では、スカルメルト法と引上げ法を組合せて貴金属ルツボフリーの革新的な単結晶作製法を開発し、転位密度を低減し、実用化を目指します。開発を加速すべく、物理法則に基づく深層学習、ベイズ最適化、画像認識処理などのAI計算手法も活用し、効率的かつ革新的に各種パラメータを最適解に収束させていきます。



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

代表者 市坪 哲 事業名 革新的GX技術創出事業(GteX)

資源制約フリーを実現する電池として、Mg金属負極を用いた蓄電池「マグネシウム蓄電池」の開発に取り組みます。本研究の目標は、安全・安価で、高エネルギー密度を有する蓄電池の開発です。この蓄電池は、特に移動体用のリチウムイオン電池(LIB)を代替するのではなく、これから必要となる電化プロセスに向けて、安全で大型な蓄電池として、分散型電源用定置用電源としての利用が期待されます。つまり、現状LIBに頼り切りの蓄電池構成において、多種蓄電池のラインナップを揃えることが求められるが、本蓄電池はその一翼を担うものです。

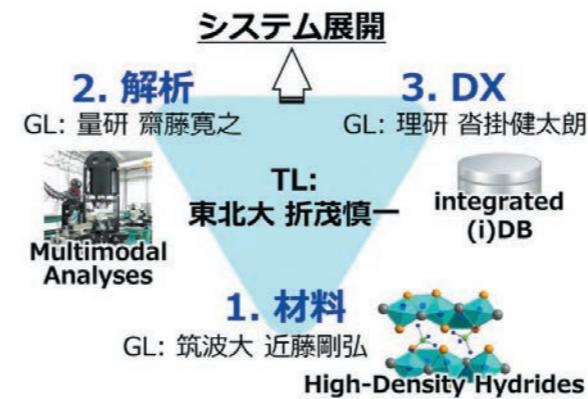


革新水素貯蔵

-水素反応の精密解析とデジタル技術の援用-

代表者 折茂 慎一 事業名 革新的GX技術創出事業(GteX)

大型トラックなどへの搭載などを目指した水素貯蔵技術の開発のためのボトルネック課題は、貯蔵水素の高密度化などを実現するための従来の延長線上にない開発指針の構築です。しかし、現状、多様な材料群を俯瞰する水素貯蔵メカニズムの理解が進んでおらず、また材料開発やその後のシステム化にも広く展開できる指針も限定的です。そこで、国内の13大学・研究機関、さらに関連する国内産業界や海外研究機関とも連携して、材料・解析・DXに関する研究イノベーションを推進、革新水素貯蔵技術に向けた開発指針を構築します。



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

代表者 岡本 範彦 事業名 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)

大気中の水分子を出し入れするとともに廃熱エネルギーを熱のまま蓄えオンデマンドで放出することが可能な層状二酸化マンガンをベースとする高性能蓄熱材料の研究開発を進めます。結晶子サイズや層間イオンの種類や濃度を最適化し、収容できる水分子の量を引き上げることで高蓄熱エネルギー密度化や蓄熱温度制御手法の確立を目指します。産業から排出される総廃熱量のうち約3分の2が再利用の難しい低品位廃熱(100~200°C)であり、これを本蓄熱技術により回収・再利用することで、CO₂排出削減に貢献することを目標とします。

