



先端エネルギー材料理工共創研究センター

Collaborative Research Center on Energy Materials

NEWS LETTER

Vol3, No2. Dec. 2017



東北大学金属材料研究所

《目次》

新たな取組「若手研究者のためのエネルギー材料萌芽研究助成」:

助成研究課題1. 代表研究者 関根良博 助教

助成研究課題2. 代表研究者 和田武 准教授

ベンチャー企業設立

「PanSolution Technologies」. 藤原航三 教授:光エネルギー材料研究部

産学連携先端材料研究開発センター(MaSC)における取組

河野龍興 時任教授:材料プロセス・社会実装研究

指定国立大学法人に伴うE-IMRの今後の取組

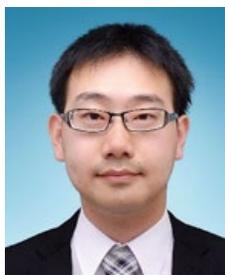
湯本道明 特任教授:E-IMR研究コーディネータ 主席URA

最近の動向

E-IMR第3回ワークショップを開催

新たな取組「若手研究者のためのエネルギー材料萌芽研究助成」その1

研究課題名：分子性磁性薄膜を基盤とした新規磁気スイッチング材料の開発



関根良博 助教：錯体物性化学研究部門



谷川智之 講師：電子材料物性学研究部門

【本研究助成の研究目的】

本研究は、結晶試料と比較して外場応答速度が速い薄膜試料形態に着目し、刺激応答性スイッチングやセンサー素子として展開可能な新規の機能性薄膜材料の開発を行うことが目的です。対象とする物質群は電荷移動型集積体からなる分子性薄膜であり、薄膜の電荷状態や磁気的性質の外場変調（磁石としての機能のON/OFF）について明らかにするために、従来未開拓であった電荷移動型集積体薄膜の構築法の確立を目指し、本研究を遂行いたしました。

【研究内容】

電荷移動錯体は、電子ドナー/アクセプター（D/A）間の電荷移動に伴い電子や磁気スピンの相乗的に機能する為、興味深い物性を示します。また、金属錯体を用いた電子ドナー(D)と電子アクセプター(A)を組み合わせることで、様々な電荷状態や次元性を持つ集積体を得ることができます。本研究では水車（paddlewheel）型ルテニウム二核(II,II)錯体(以下[Ru₂])を電子ドナー(D)とし、有機電子アクセプター(A)として知られる7,7,8,8-tetracyano-pquinodimethane (TCNQ) 誘導体と自己集積させることで、一次元から三次元まで多様な構造、電荷状態をもつ電荷移動型集積体（Donor/Acceptor-Metal-Organic Framework, D/A-MOF）の構築に成功してきました。これらは、構築分子のドナー性・アクセプター性を精密に制御することで分子間の電荷移動量を制御し、多様な電荷状態に基づく磁性(非磁石や磁石)の発現が可能な化合物群です。すなわち、酸化還元活性な集積化合物であるD/A-MOFは、化学修飾や分子設計により分子の電荷・スピン・格子を協奏的に制御可能な分子デバイスへと展開できる物質群です。研究体制として、関根が代表（統括試料合成・測定）を務め、構築したD/A-MOF薄膜の膜厚評価・表面形状評価については谷川氏に分担して本研究を遂行しています。本研究ではD/A構築ユニットが酸化還元活性な点に着目し、電気化学的析出法によるITO基板上への薄膜作成手法を検討しました（図1a）。その結果基板上に緑褐色状薄膜を作製することに成功し（図1b）、電析時間を変化することで構築する薄膜試料の膜厚を制御可能なことを見出しました。D/A-MOF薄膜の電気化学的応答性について検討したところ分子の電子状態変化に起因した吸収スペクトル変化を示し、可逆かつ高速に変換可能なエレクトロクロミック薄膜として振舞うことを明らかとしました。本研究で確立した薄膜構築法を用いることで、構築分子の化学修飾及び組み合わせによって多様なD/A-MOF薄膜の構築が可能であり、構造と電子状態が制御された分子性薄膜構築法に適用可能なことを見出しました。今後は、電場印加に伴うD/A-MOF薄膜の磁気機能制御について明らかにしていく予定です。

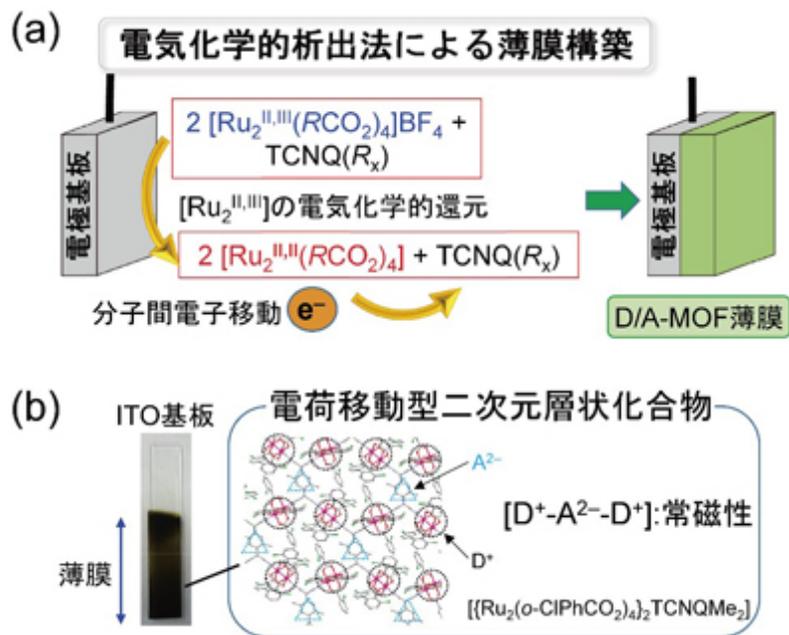


図1. (a)電気化学的析出法による電荷移動型集積体薄膜の構築模式図. 化学修飾によって多様な構築素子を選択可能. (b) ITO基板上へ析出した二次元層状化合物からなる緑褐色薄膜.

連絡先

関根良博 助教 e-mail: y-sekine@imr.tohoku.ac.jp
 谷川智之 講師 e-mail: tanikawa@imr.tohoku.ac.jp

新たな取組「若手研究者のためのエネルギー材料萌芽研究助成」その2

研究課題名：金属コア／酸・硫化物シェル構造を有する共連続ナノ多孔体の開発と
その多価金属二次電池正極への応用



和田武 准教授：非平衡物質工学研究部門

金属溶湯中脱合金化(Dealloying)を用いてナノポーラス金属を合成する基礎研究および、それらを二次電池負極、キャパシタ、水素貯蔵材料などのエネルギー材料に応用する研究に取り組んでいる。本研究ではポーラス金属作製とポーラス構造制御を担当



谷村洋 助教：生体材料学研究部門

Ge-Sb-Te等の光相変化材料の相変化機構をフェムト秒レーザーを利用した過渡的反射・透過分光法によって解明する研究に取り組んでいる。本研究ではポーラス金属表面への正極活物質合成を担当



金相侖 助教：水素機能材料工学研究部門

クラスター型錯体水素化物の合成法と結晶構造制御法の構築による超イオン導電性水素化物の創成と、その全固体電池電解質への実装によって、蓄電デバイスの性能を飛躍的に向上させる研究に取り組んでいる。本研究では二次電池作製とその評価を担当

【研究内容】

リチウム二次電池に置き換わる次世代二次電池として、多電子移動が可能な金属負極（マグネシウム、アルミニウム）を用いた多価金属二次電池が注目されている。多価金属負極では金属1モルあたり2もしくは3モルの電子が移動するため、体積当たりの容量がリチウム負極に比べて数倍大きいいため、二次電池の大容量化や小型化を可能とする。またマグネシウムやアルミニウムは資源が豊富で安価であり、空气中で安定であることから、低コストで安全性の高いという利点がある。多価カチオンを収容する正極材料としてバナジウムやチタンの金属酸化物やシェブレル相のモリブデン硫化物が研究されているが、多価カチオンと正極材料とのクーロン相互作用が大きいいため、カチオンが正極内で拡散しにくく、充放電レートが遅いことが問題となっている。

本研究ではナノポーラス金属を専門とする和田と、二次電池を専門とする谷村および金がチームを組み、それぞれの専門性を活かしてこの問題の解決を目指す、図1に示すように共連続構造を有するバナジウム、チタン、モリブデンのナノ・マイクロポーラス金属を作製し、それらの表面に酸・硫化物活物質を成長させたコアシェル構造の多価金属二次電池正極を開発する。ナノポーラス・コアシェル化することによりカチオンの正極材料内での拡散距離を短縮し、比表面積の増大を利用してカチオンの正極の出入り口を増加させ、金属コア集電体が活物質への導電パスとなる新規電極構造を開発することでレート特性やサイクル特性の改善を目指す。

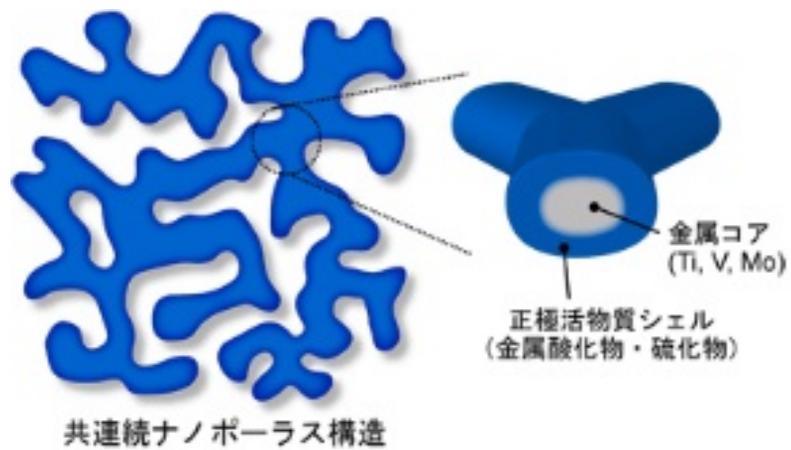


図1. 共連続ナノポーラス金属を用いたコアシェル構造の多価金属二次電池正極の模式図

連絡先

和田武 准教授 e-mail: wada-t@imr.tohoku.ac.jp
谷村洋 助教 e-mail: tanimura@imr.tohoku.ac.jp
金相侖 助教 e-mail: sangryun@imr.tohoku.ac.jp

藤原航三 教授：光エネルギー材料研究部



9月29日に、光エネルギー材料研究部の藩伍根氏らによるベンチャー企業、「PanSolution Technologies」が設立されました。このベンチャー企業では、太陽電池用Si結晶基板の新しい評価装置を提供し、太陽電池産業の発展に貢献することを主たる目的としています。従来、太陽電池用Si結晶基板の品質評価には、少数キャリア寿命（ライフタイム）の測定値が用いられてきました。ライフタイム測定は、レーザー光を基板内のある1点に当てて反射マイクロ波の減衰を測定する方法ですので、基板全体を測定するためには、レーザー光を当てる場所を変えながら、1点1点測定してマッピングをとらなければなりません。したがって、1枚の基板内の品質のばらつきを評価するには適した方法ですが、測定値から太陽電池の変換効率を予測することは困難であります。また、15.6cm角という大面積基板を測定するためには、約30分程度の時間がかかってしまいます。

今回の新しい評価装置の基礎となる技術は、藩氏が金研で長年研究を進めてきた技術であります。光エネルギー研究部に在籍中は、この技術を実用大面積基板の評価技術に発展させることに注力して研究を進めてきました。HS-CMR法（Hi Speed-Current Modulating Resistivity Method）と名付けられたこの新しい方法は、四探針抵抗率測定法を応用した技術であり、1回の測定で基板全体の品質のばらつきを取り込んだ測定値が得られるため、評価値から太陽電池の変換効率を予測することが可能となっています。測定時間は実用大面積基板1枚あたり約10秒であり、ライフタイム測定に比べると格段に時間を短縮することができます。

ベンチャー企業設立に伴い、藩氏は金研を退職されましたが、今後は、光エネルギー材料研究部で開発を進めている太陽電池用Si多結晶インゴットの評価を「PanSolution Technologies」の装置で行う、という形で共同研究を進め、お互いの技術を益々発展させていく予定です。

最後に、ベンチャー企業の設立に多大なご支援をいただいた東北大学ベンチャーパートナーズ株式会社（THVP）および先端エネルギー材料理工共創研究センター関係者の皆様に感謝申し上げます。

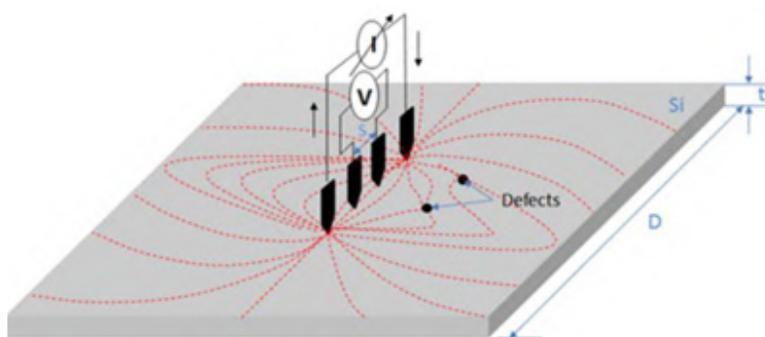


図.HS-CMR法の概略図

河野龍興 特任教授：材料プロセス・社会実装研究部

東北大学産学連携先端材料研究開発センター（Material Solutions Center：MaSC）は、東北大学と産業界が連携して、未来の社会を支えていく新しい材料を研究・開発する事を目指して設立され、片平キャンパスに5階建てビルを建設して、平成26年1月に発足したセンターです

(<http://www.masc.tohoku.ac.jp/index.html>)。建設費は、平成23年度の経済産業省産業技術研究開発施設整備補助金を基にして、金属材料研究所、流体科学研究所、多元物質科学研究所、及び大学本部からの資金で設立し、運営はスペース・設備等の利用料金でまかなう独立採算制の組織となっています。本センターにおける主な研究テーマとしては、(1)社会基盤材料(2)エレクトロニクス材料(3)エネルギー材料の3つの分野から構成され、個々の研究課題は公募により決定されます。

さて本研究室では再生可能エネルギーから発電した電気を効率良く変換・貯蔵・利用する技術確立し、大容量で安定的なクリーンエネルギーシステムの構築を目指しています。東日本大震災以降、日本のエネルギー自給率は6%程度と低くなっており、電力コストの上昇、CO2排出量の増大が大きな問題となっています。この問題解決には不安定な再生可能エネルギーの導入拡大が鍵となります。現在、図1に示すような再エネ利用のエネルギーマネジメントシミュレーターを新たに開発し、最適化の観点から各プロセスにおける材料に求められる因子の解析を実施しています。また流体科学研究所と連携して上記因子を数理モデル化し、高次元設計空間の俯瞰的可視化を行い、進化計算とデータマイニングを用いた「多目的設計探査」手法を活用して、システム効率の最大化を目指しています。

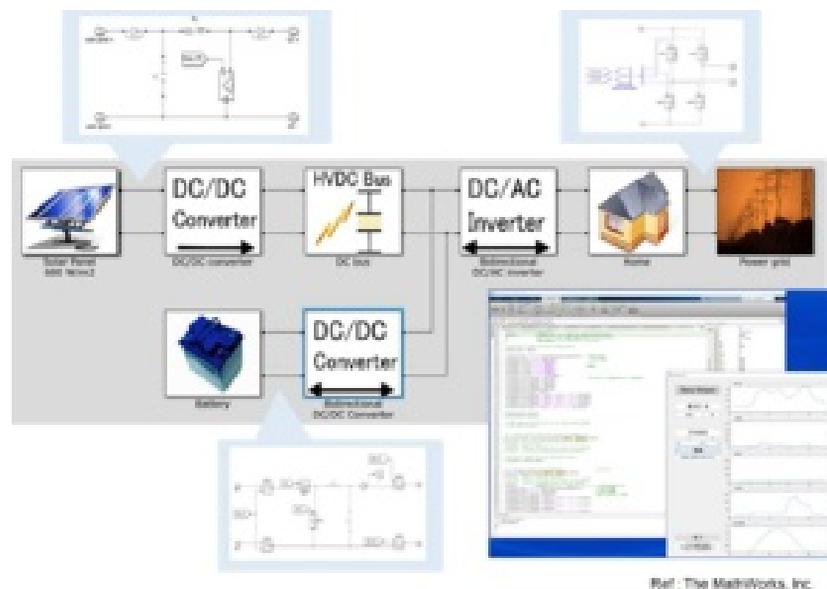


図1. エネルギーマネジメントシミュレーターの一例

指定国立大学法人に伴うE-IMRの今後の取組

湯本 道明 特任教授：E-IMR研究コーディネータ 首席URA



東北大学は、平成29年6月に東京大学と京都大学とともに指定国立大学法人に指定されました。この指定に伴い、東北大学では「創造と変革を先導する大学」として人材育成、大学経営革新、研究力強化、社会との連携に向けた様々な取組に着手しています。本稿では、指定国立大学法人制度について簡単に紹介し、東北大学が行おうとしている研究力強化の中でのE-IMRの取組について報告します。

指定国立大学法人制度は国立大学法人法の一部を改正する法律（平成28年法律第38号）により創設された新しい制度であり、我が国の大学における教育研究水準の向上とイノベーション創出を図るために、文部科学大臣が世界最高水準の教育研究活動の展開が相当程度見込まれる国立大学法人を指定国立大学法人として指定するものです。その「指定に当たっては、優秀な人材を引くつけ、研究力の強化を図り、社会からの評価と支援を得るという好循環を実現する戦略性と実効性を持った取組を提示でき、かつ自らが定める期間の中で、確実な実行を行いうる大学に限り指定する」としており、指定国立大学法人には「社会や経済の発展に与えた影響と取組の具体的成果を積極的に発信し、国立大学改革の推進役としての役割を果たすことが期待」されています（文部科学省 28文科高第791号）。

そして、東北大学は、これまで培ってきた教育研究の成果や伝統を基盤として、絶えざる卓越した教育研究を通じて人類社会に貢献する知の創造と新たな時代に向けた社会・経済システム変革の先導を目指し、『創造と変革を先導する大学』への進化を図ることを構想として掲げ、「自らの強みと弱みを的確に分析した上で、「材料分野」、「スピントロニクス」、「災害科学」、「未来型医療」という強い分野を確実に伸ばし、段階的に新分野を育てる戦略が明確となっている。」ことなどが評価され、指定国立大学法人に指定されました。

東北大学は、先に記しましたように、指定国立大学法人として人材育成、研究力強化、社会との連携、大学経営革新に向けた取組を行います。そのうちの研究力強化はE-IMRが直接的に関係してくるものですが、この研究力強化の取組においては、世界トップレベル研究拠点の形成を進め、具体的には①「高等研究機構」を頂点とした「研究イノベーションシステム」の構築、②材料科学、スピントロニクス、未来型医療、災害科学の4領域における世界トップレベル研究拠点の形成、③総長のリーダーシップにより「高等研究機構」に本学独自の若手研究者育成システムを構築、するとしています。

材料科学の領域における世界トップレベル研究拠点（以下、材料科学拠点と記します。）には、物質・材料科学研究に取り組む材料科学高等研究所、金属材料研究所、多元物質科学研究所、工学研究科、理学研究科に所属する物質・材料科学の教員が参画して、基礎研究から応用研究までの一貫通貫型の研究体制を形成し、横断的分野融合研究を推進します。その横断的分野融合研究の一つとして、世界的にも重要性が高まっている高効率エネルギー変換・貯蔵材料研究に取り組むこととなっています。

現在、高効率エネルギー変換・貯蔵材料研究に取り組むための研究体制構築に着手していますが、その中心的役割を果たすのがE-IMRです。これまでE-IMRでは、先端エネルギー材料の創製や機能の高度化に向けて理学系研究部門と工学系研究部門とが共創して研究教育活動を進めてきました。また、指定国立大学法人指定に向けた学内取組とは別に、学内のエネルギー研究連携の推進にも関与し、流体科学研究所や環境科学研究科、多元物質科学研究所、工学研究科とも部局横断型のエネルギー研究連携の在り方について検討を進めてきました。さらに、その連携の方向性については、東北大学「社会にインパクトある研究」の「A. 持続可能環境の実現 エネルギーの新しい価値観創造と展開」において学内的議論を深め、プロジェクト理念を定めるに至っています。

このようにE-IMRは、先端エネルギー材料創製に向けて理工共創研究を進めるとともに、エネルギー研究に関する学内連携体制の構築にも関与してきました。これまでの取組によって横断的分野融合研究の素地は整っています。今後は、それらの取組を踏まえた上で、指定国立大学法人の研究力強化のもとで形成された材料科学拠点において学内部局が連携する研究活動を先導し、高効率エネルギー変換・貯蔵材料の創製に関わる基礎から応用の研究を展開することによって、持続可能環境の実現に貢献してまいります。

【参考】

文部科学省，2017，第3期中期目標期間における指定国立大学法人指定について

(平成29年6月30日)

東北大学，2017，東北大学は指定国立大学に指定されました

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2017/06/news20170630.html>

東北大学「社会にインパクトある研究」 <http://impact.bureau.tohoku.ac.jp/>

「A.持続可能環境の実現 エネルギーの新しい価値観創造と展開」

http://impact.bureau.tohoku.ac.jp/contents/a3_energy.html

連絡先: yumoto@imr.tohoku.ac.jp

E-IMR第3回ワークショップを開催いたしました

平成29年12月15日（金）東北大学金属材料研究所にて第3回先端エネルギー材料理工共創研究センター（E-IMR）のワークショップを開催いたしました。「基調講演」として科学技術振興機構研究開発戦略センター 企画運営室長・フェロー 中山智弘氏にご講演をいただきました。E-IMRの各エネルギー研究部からは、平成29年度の取組について報告を行いました。質疑応答も活発に行われ、大変有意義な意見交換の場となりました。

また、異分野融合に関する高度な研究能力をもつ若手人材の育成として「若手研究者のためのエネルギー材料萌芽研究助成」を平成29年度から新たに開始し、本年度は2研究グループを採択し、本ワークショップにて研究報告を行いました。

