

「各務記念材料技術研究所所長を拝命して」

2024年9月より、早稲田大学 各務記念材料技術研究所（以下、材研）の所長に就任いたしました、菅原義之（応用化学科/同専攻、ナノ理工学専攻）です。材研は、日本で初めての私立大学の理工系附置研究所として1938年に「鑄物研究所」として創立され、1988年の創立50周年を機に現在の名称に変更されました。創立以来、材料研究を幅広く展開し、多くの成果を発信してきました。この歴史と伝統ある材研の所長を務めることとなり、責任の重さを深く感じております。皆様のご指導とご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

材研には、本学理工学術院に所属する18名の教員が研究拠点教員として在籍しており、所属学科や専門分野は異なりますが、材料の科学および技術に関する研究に取り組んでいます。研究対象の材料は多岐にわたり、基礎研究から応用研究まで幅広いアプローチが行われていることが、材研の大きな特徴です。各教員の研究内容については、材研のホームページをご覧ください。また、毎年秋には「ZAIKEN Festa」を開催し、若手研究者や学生によるポスターセッションを通じて研究員・学生の研究内容を紹介する機会を設けています。今年度のZAIKEN Festaはすでに終了しましたが、来年度のご参加を心よりお待ちしております。

材研は、多くの分析・加工装置を保有しており、学内外の研究者に広く利用されています。特に2018年には、「環境整合材料基盤技術共同研究拠点」として文部科学省の共同利用・共同研究拠点（以下、共共拠点）に認定され、学外の研究者との共同研究や分析装置等の共同利用が進んでいます。共共拠点では、学外の研究者と所内の研究拠点教員との共同研究や、分析装置等の共同利用が可能です。コロナ禍では来所が難しい状況が続きましたが、現在は国内外から多くの研究者が共同研究や装置の利用のために来所しています。また、遠隔地にいる研究者がオンラインによる測定・実験ができるよう装置のリモート化も推進しています。詳細は材研

早稲田大学各務記念材料技術研究所 所長 菅原義之



のホームページをご覧ください。

材研の分析装置は学内の研究支援にも活用されており、文部科学省の「先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）」では、共用設備の利便性向上に取り組んでいます。コアファシリティ構築支援プログラムは本年度が最終年度ですが、プログラム終了後も学内の研究支援に積極的に取り組んでまいります。

また、材研は材料科学の発展に向けた情報発信にも注力しています。毎年開催されている「材研オープンセミナー」では、異なるテーマを選定し、第一線で活躍する講師を招いてご講演いただいております。今年度のセミナーは12月13日に「カーボンニュートラルに向けたセラミックスおよび関連技術の展開」をテーマに開催予定です。さらに、2021年度から共共拠点で開始された「計算材料科学連続セミナー」では、計算科学を活用した材料研究の基礎から応用まで幅広く取り上げたオンライン講義を実施しましたが、2024年度からはより幅広い材料分野を対象とした「材料科学連続セミナー」を実施する予定です。なお、いずれのセミナーも無料でご参加いただけます。

今後の材研の目標としては、研究者がより研究を展開しやすい体制の整備を進め、外部資金の積極的な導入を図ることが挙げられます。さらに、歴代所長が築き上げてきた共共拠点の強化を図り、国内外の研究者との共同研究を推進するとともに、材研の装置をより多くの方々に利用していただけるよう体制を強化してまいります。また、勝藤前所長が始められた共共拠点の若手研究者支援プログラム「ZAIKEN CAFE」も引き続き実施していきます。学内の研究支援や学内情報発信にも、今後も取り組んでまいります。

これまでの材研の蓄積を活かし、さらなる発展を目指して材料科学分野での存在感をより一層高めるために全力を尽くしてまいります。今後とも、皆様のご支援とご協力を賜りますようお願い申し上げます。





早稲田大学 理工学術院教授

岩瀬 英治

Eiji Iwase

■profile■

2000年東京大学工学部機械情報工学科卒業、2002年同大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻修士課程修了、2005年同大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了、博士（情報理工学）、2006年～東京大学大学院情報理工学系研究科助手、2007年～同助教、2010年～Harvard University School of Engineering and Applied Sciences:Postdoctoral Fellow、2012年～早稲田大学理工学術院専任講師、2014年～同准教授、2019年～同教授

「平面・硬い」が当たり前を「曲がる・伸びる」に 電子デバイスの形状と保守・点検を根本から変える

微細な構造や微細な領域で発現する物理現象を利用して機能を出すことを追究する岩瀬研究室。

折り紙・切り紙構造、自己修復型金属配線などの研究を通じて、曲げたり伸びたりする電子デバイスの実現に取り組む。

微細加工をベースとした折り紙・切り紙構造と 自己修復型金属配線

——岩瀬研究室ではさまざまな研究をされていますが、大きく括るとどのような特徴があるのでしょうか。

微細加工というのが当研究室の大きな特徴で、微細な構造や微細な領域で発現する物理現象を利用して機能を出すことを強みとしています。具体的には「折り紙・切り紙構造」によるフレキシブル電子デバイス研究、そして「自己修復型金属配線」と呼ぶフレキシブル電子デバイス用にも使える配線の研究などの研究を行っています。例えば、自己修復型配線では、断線が生じた微小な領域にナノサイズの微小な粒子が集まってくるという物理現象を利用して、自己修復というマクロな機能を出す、ということになります。

現在、実用化されているフレキシブル電子デバイスとして有機ELや有機半導体が挙げられますが、有機材料は半導体材料や金属材料と比べて、機械的変形に対しては良い特性があっても、電気的特性に対しては及ばないことが多くあります。そこで我々は、電気的特性の良い硬い材料を用いながらも曲げたり伸ばしたりできる性質を持たせる研究しています。

フレキシブル電子デバイスの研究の中で、社会実装に最も近い候補としては、フレキシブルな熱発電デバイスが挙げられます。熱発電は、熱源に貼り付け素子につく温度差を利用して発電する方法ですが、熱源は曲面であるものも多く、その際に熱源にぴったり貼り付けられるような屈曲性や延伸性が求められます。

——最初に、折り紙・切り紙構造についてご説明ください。

折り紙や切り紙は芸術、教育、幾何学など多方面で世界的に注目されており、我々は工学的な見地から折り紙や切り紙を研究しています。これまでに利用されている伸縮可能な折り紙構造の代表に「ミウラ折り」があります。縦の直線の間を横のジグザクの線で結び、平行四辺形のような折り線をつけて折る手法で、宇宙で展開する太陽光パネルにも使われています。ミウラ折りは1方向に引っ張るだけで全体的に展開する特性を持っていますが、一方である方向に曲げると別の方向が反り上がって鞍型になってしまうという特性があります。そこで我々は、ミウラ折りの折り線の交点に穴を空けることで、鞍型に変形せず

球面などにも貼りやすいようにしました。他にも、さまざまな折り紙構造を研究しており、曲面などの貼付対象に対して貼付するための平面を有している折り紙構造なども考案しました。

切り紙構造により伸縮する代表が、七夕飾りです。「天の川」とか「網飾り」などとも呼ばれたりするもので、引っ張ると伸びる切り紙構造として良く知られている構造化と思います。しかし実は、引っ張ると真ん中あたりがくびれると共に、端部は切れ込みを入れているのに開かない部分があるという特性があります。これに対して、我々は端部の構造を工夫することで、端部の切れ込みも開くため真ん中あたりがきちんとした長方形に開くようにしました。

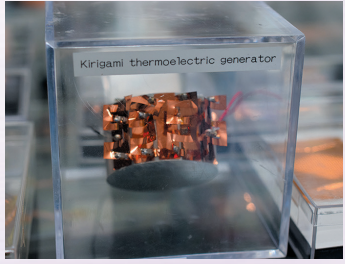
折り紙構造や切り紙構造を用いると、平面であった状態から立ち上げて高さ方向に大きく変形させることができますから、熱発電デバイスに利用した場合、大きな温度差が得られて高出力につながります。

——自己修復型金属配線とはどのようなものでしょうか。

電流が流れている電気配線に曲げや伸びによって断線が生じても、勝手に断線部が修復されるというものです。自己修復機能を発現させるために、電気配線はナノサイズの金属微粒子が分散した液体で覆っておきます。断線が生じて電流が流れなくなると、断線部には電界が生じます。このとき、電界によって生じた誘電泳動力により金属微粒子が引き寄せられ、断線を修復するという原理です。これまでも、電界によって微粒子が引き寄せられる現象は知られていたのですが、1つの半導体などの微粒子を引き寄せて、その特性を計測する研究に利用されていました。これに対し、我々はもっと多くの金属微粒子を集めて断線部を架橋させ、断線を修復することに利用しました。これまでに、粒子の粒経を変える、周波数を変えるなどの研究を重ねてきた結果、現在では断線幅30ミクロン程度までの自己修復を実現しています。さらに、これまで金属微粒子の分散媒に水を使ってきたのですが、これを蒸発しにくいオイルなどに換えることで永続的に自己修復される機能を目指しています。

電気機器の形状を変える可能性を秘めた フレキシブル電子デバイス

——熱発電デバイスをはじめとするフレキシブル電子デバイス、さらには岩瀬研究室のテーマの観点から、将来的にどのような利用が考えられるでし



切り紙型フレキシブル熱電発電デバイス



折り紙・切り紙構造を利用した
様々なデバイス

ようか。

熱電発電デバイスは、いわゆるバラまきセンサの自立電源として実用化が期待されています。たとえば、数キロ四方のプラントに多くの配管がある場合、配管の劣化を感知するセンサを配置しようとした場合に、ボタン電池を使ってセンサを駆動する方法が考えられます。しかし電池だと交換が必要になりますが、熱電発電にすれば電池が要らなくなり、交換も不要です。同様に、農地や森林、道路や橋梁、建物などにセンサを配置することも考えられ、全体的には環境発電やスマート社会といった分野での用途が有望視されています。

折り紙・切り紙構造というテーマで言えば、工業製品などのモノの形がもっと自由になる可能性があります。現在では、電気機器や装置は平面あるいは四角い形状をしているものが多いですが、折り紙・切り紙構造によって、丸かったり変形したり、クッションのように柔らかかったりする電気機器が登場するかもしれません。リストバンドやヘルメットのようなウェアラブルデバイスのほか、服自体が電子デバイスとなって、身体の状態を検知してくれる、なんてことが可能になるかもしれません。出来上がった形状が従来と異なるというだけではなく、収納や運搬の際には折り畳まれていて、使うときに展開するデバイスも想定できます。運搬コストの面で大きく寄与するでしょう。研究室では、折り紙構造に関して構造の研究に加えて折り上げる方法の研究もしており、熱を加えると自動的に折り上がる技術なども研究しています。

自己修復機能というテーマで言えば、建造物の柱の中とか深海や宇宙空間など、交換や保守が困難な場所での利用が期待されています。そのうちに、金属配線は自己修復されるのが当たり前になるかもしれませんね。

一人ずつ研究テーマは違っていても、誰もが実現できるを目指す

——岩瀬先生は東京大学の学部、大学院のご出身ですが、早稲田大学に来られたのはどんな経緯からでしょうか。

助手、助教まで東京大学で、その後、ハーバード大学に研究員として勤めました。海外で研究員をしたのち、日本の大学で研究室を持ちたいと思っていましたので、早稲田大学での教員の公募があった際に応募し採用されたという経緯です。

もちろん、どの大学でもよかったわけではなく、微細加工に必須のクリーンルームがあったのが早稲田大学に来た大きな理由の1つです。現在、2020年3月に竣工した121号館に共通のクリーンルームがありますが、それ以前からクリーンルームがありました。さらに、学生が使える加工装置が多いのも魅力ですね。

早稲田では専任講師から研究室を持ちますので、2012年に専任講師で来たときからこの研究室を続けています。当初は企業との関係はあまりありませんでしたが、ここ数年で企業との共同研究が非常に増えてきました。学術研究から応用研究に変わってきたのかもしれない。

——岩瀬研究室の陣容と特徴を教えてください。

全体で20数名です。「テーマは独自に考える」を方針にしており、一人ひとり研究テーマが違うことが特徴と言えるでしょう。進め方も、設計、加工、評価の工程を一人でこなすことになります。他の研究室ではM2～B4のチームで1テーマのような形態はありますが、岩瀬研究室では基本的に1人1テーマとしています。それぞれの研究テーマも、折り紙班、自己修復班のように近い研究テーマをしている学生間のつながりはありますが、例えば「とある折り紙構造の熱電発電デバイス」となると、やっている学生は1人しかいません。とはいえ、独自の研究テーマを考えるのは簡単ではないので、結果的に過去のテーマのアレンジのようになることはあります。研究報告については、私との個人面談、研究室全体でのミーティング、学生だけの班ごとのミーティング、の3つの機会があります。

——独自の折り紙・切り紙構造によって機能を発現、というとか“職人芸”のような印象がありますが。

以前に、複雑な折り紙構造を自らの手で折って作った学生がいました。たしかに職人芸で、その後誰一人、その構造を手で折り上げられた学生はいない構造があります。しかし、工学部なのでから技術を属人化しないことが求められます。先にも紹介したように、熱を加えると自動的に折り上がる技術の研究が進んだ結果、かつての職人芸でしか折り上げられなかった構造が、熱を加えるだけで誰でも折り上げが実現できるようになってます。

——学生の進学状況、就職状況はいかがでしょうか。

学部から修士には約8割が進みますが、博士にはあまり行きません。博士に行かない理由の1つとして「早く稼ぎたいから」ということがあるかもしれませんが、昔と違って、今の博士課程は、いろいろなサポートがあります。給料と研究費がもらえるので、親からの支援がなくても自活できるでしょう。同様に「博士に行ったら大学教授になるしかない」という考えも古くて、今では博士学生は企業などから引く手あまたで、就職活動が短く済んでいる印象があります。それに比べて、修士学生はインターンなどの就職活動で非常に多大な労力を割かないといけなく、大変にみえます。

——学生に特に強調して言っていることはありますか。

高校から学部までの教育と、B4から大学院までの教育は違う、ということです。前者は問題と解答が用意されていて、いかに素早く効率よく解答にたどり着くかで評価されます。一方、後者は、まず問題を設定するところから始まります。あるいは、問題があったとしても、正解は1つではありませんし、誰かが正解を知っているわけでもありません。正解を自分で定義して、世の中を説得しなければならないのです。すなわち「問題も正解もないところで価値を生み出す」ことが大切だと言えます。正解がないことに不安を感じる学生も多いのですが、社会に出れば正解のないことがほとんどですから、そのためのトレーニングと考えてもいいでしょう。

——岩瀬先生ご自身で、今後どのように進んでいくと思われますか。

まずは、自分が面白いと思うことをやり続けたい。それを通じて社会に還元できれば一番いいと思います。自己満足と言われるかもしれませんが、自分が面白いと思っていることの価値に関して、世の中を説得することが重要だと思っています。

2024年度 第11回 ZAIKEN Festa 受賞者紹介

各務記念材料技術研究所では所内研究者・研究室間の相互理解の深化、異分野交流の促進、研究情報発信の推進を趣旨としてZAIKEN Festa (ポスターセッション) を2014年度より開催しております。2018年度からは文部科学省共同利用・共同研究拠点として認定されたことに伴い、参加枠を共同研究・共同利用機関の若手研究者へも拡充し、若手研究者の異分野交流を一層推進いたします。

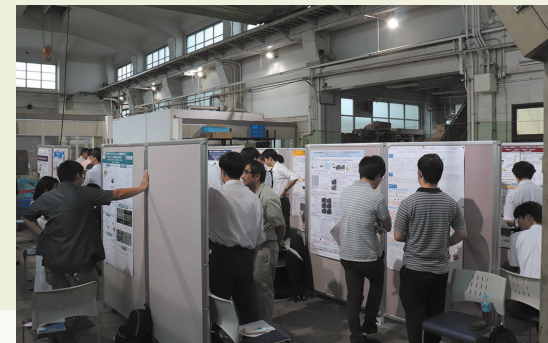
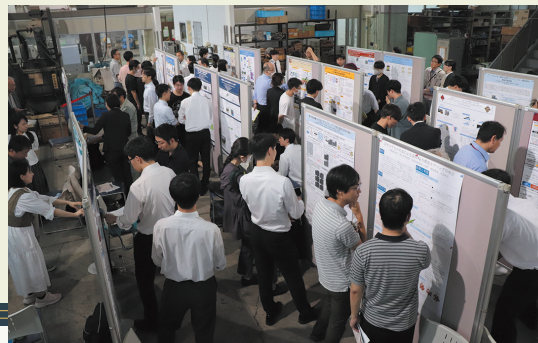
最優秀賞

東京海洋大学 大学院海洋科学技術研究科 淵田研究室

修士1年 加藤 聖也さん

題名「地球化学モデルを用いた炭酸イオンを含む坑廃水中のMn沈殿機構の検討」

この度、第11回ZAIKEN Festaにおいて最優秀賞を頂き、大変光栄に存じます。当研究室では、海域から陸域における幅広い水環境を対象に、非鉄金属開発に関する環境保全や分離効率の向上を目的とした技術研究を行っています。私の研究は、陸上鉱山の坑廃水処理における重金属の除去機構の解明と最適処理手法の検討です。特に難処理元素と呼ばれるマンガンに着目し、溶液化学組成に基づく地球化学モデルの構築や沈殿物のX線分析により、坑廃水中に共存する炭酸イオンや硫酸イオンの影響を評価しています。今回の受賞にあたり、ご指導頂きました淵田准教授、株式会社日本海水様、並びに研究に協力して頂いた各務記念材料技術研究所職員の皆様に心より感謝申し上げます。



優秀賞

早稲田大学 基幹理工学研究科 川原田研究室

修士1年 高野 優希さん

題名「縦型マルチフィンガーダイヤモンドMOSFETsの作製とI-V特性及び高周波特性評価」

この度、第11回ZAIKEN Festaにおいて優秀賞を頂き、光栄に存じます。私が所属する川原田研究室では、ダイヤモンドを利用し、高周波・高耐圧・高出力の電界効果トランジスタ(FET)の開発から、超伝導、量子センシング応用など、ユニークで実用的な研究を行っています。私の研究は、高周波領域におけるダイヤモンドFETの高出力化です。ダイヤモンドは半導体材料として非常に優れた物性を持ち、特に高い熱伝導性はマルチフィンガー構造に有効です。ゲートをフィンガー状に高密度で配置し、フィンガーの数を増やすことでゲート幅を拡大したとき、その高い熱伝導により、自己発熱の影響を受けずに実電流を効率的に増大させることができます。GaNを超える高周波・高出力なダイヤモンドFETを作製し、その実用化が最終的な目標です。本研究の受賞にあたり、ご指導いただきました川原田先生及び研究活動を支えていただいた皆様、研究室の皆様に深く感謝申し上げます。

早稲田大学 基幹理工学研究科 平田研究室

修士1年 片亀 貴裕さん

題名「高分解能電子顕微鏡法を用いたアモルファス材料の観察手法の開発」

この度、第11回ZAIKEN Festaにおいて優秀賞を頂き、大変光栄に存じます。平田研究室では、アモルファスに代表されるような一見無秩序な原子配列を持つ一連の物質群について主に結晶学的観点から研究を行っています。私の研究は、透過型電子顕微鏡を用いたアモルファス材料の高分解能観察手法の開発です。アモルファス材料の構造解析においては、一般に試料全体からの平均構造を議論することが多く、原子スケールでの局所構造解析に関する技術開発が必要となっています。現在進めている研究では、種々の観察条件における高分解能像コントラストと局所原子配列の関係を明らかにすることを目標としています。最後に、今回の受賞にあたり、ご指導頂きました平田教授、研究を進める上でご支援頂きました材研職員の皆様、並びに研究に協力して頂いた皆様に心より感謝申し上げます。