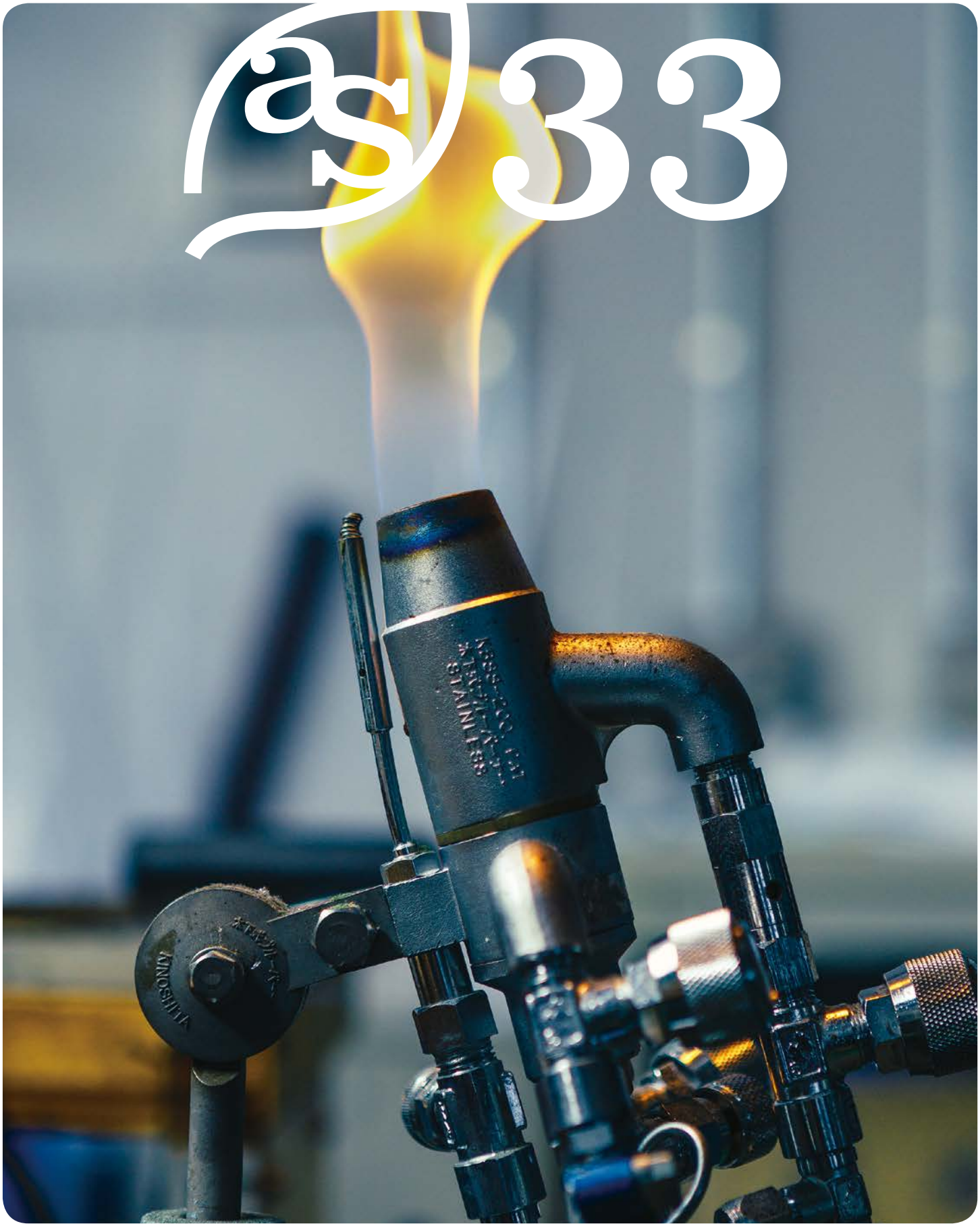
東北大学大学院理学研究科・理学部ニューズレター「アオバサイエンティア」

vol.33 / Issue September. 2019

Aoba Scientia

33



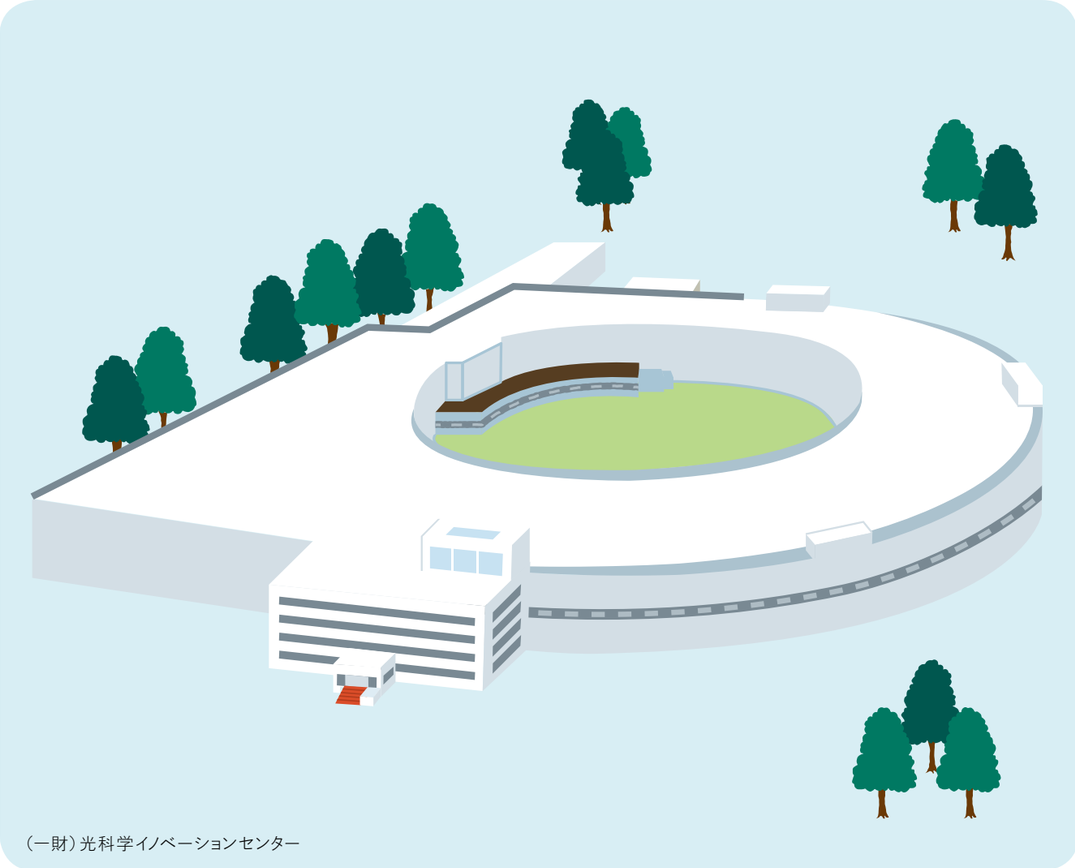
cover column

見る理学

ガラスを加工している時の炎は1000℃以上にもなります。バーナーから出る炎の大きさを変えたり、炎の中心や端、根元、先端など、どの部分にガラスを当てるかでも溶け具合が変わります。炎を巧みに操りガラスを様々な形に加工し製品としていきます。溶かす感覚は人によって違い、製作した製品には技術者それぞれの特徴が表れていて面白いです。（ガラス工場）

特集

放射光を用いた理学研究



（一財）光科学イノベーションセンター

大串 研也（物理学専攻・教授）

放射光は物質のミクロな状態を可視化するツールとして、学術・産業界の幅広い分野で活用されています。その最先端の施設を東北大学青葉山新キャンパスに建設する計画が、2023年度の稼働を目指して動き出しています。新施設の特徴は、これまで日本が遅れをとってきた、軟X線領域の高輝度・高コヒーレンスX線を発生できる点です。新施設の徒歩圏内に位置する理学研究科は、この世界的にみても稀な環境を活かして、基礎科学研究を強力に推進していくことが望まれています。学内で着々と進む施設建設・組織整備と連動する形で、理学研究科においても新しいサイエンスの展開をはかる必要があります。つきましては、皆様のご協力・ご支援の程、何卒よろしくお願い申し上げます。

東北大学理学研究科では
様々な分野で放射光を用いた研究が進められています

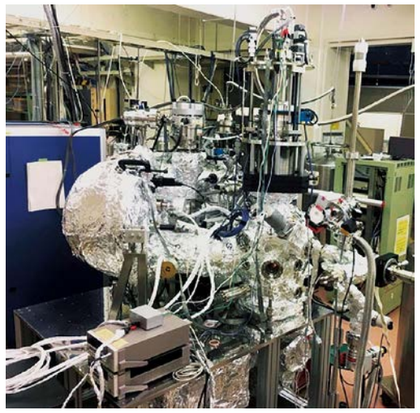
01 物理学分野

量子物質の電子・構造物性研究

佐藤 宇史 教授
Takafumi Sato

物理学分野では、放射光は多岐にわたる量子物質の物性発現機構の解明などにおいて強力な威力を発揮しています。とりわけ、物質の電子構造を電子の運動量にまで分離して観測できる角度分解光電子分光（ARPES）は、近年目覚ましいエネルギー分解能の向上を達成し、物性を司るフェルミ準位近傍の微細電子構造を直接決定することで、高温超伝導体やトポロジカル絶縁体などの新機能物質における電子状態の解明が進展しています（＊）。また、高精度のX線回折実験により、新機能物質の結晶構造の同定に加えて、機能性表面・界面の性質と物性との関係も明らかになってきています。X線回折の発展版ともいえる非弾性共鳴X線散乱（RIXS）により、強相関電子系物質における電荷・スピン・軌道の秩序や励起の解明が大きく進んでいます。さらに、スピントロニクスの基盤材料として有望な磁性体では、磁気円二色性分光（MCD）による磁気ドメインの可視化が行われており、磁性機能向上のための指針の探索などがされています。

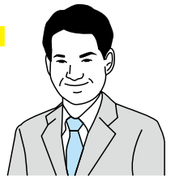
【キーワード】1 ARPES、2 RIXS、3 MCD



＊ KEK放射光施設Photon FactoryのビームラインBL28におけるARPES装置の写真

02 化学分野

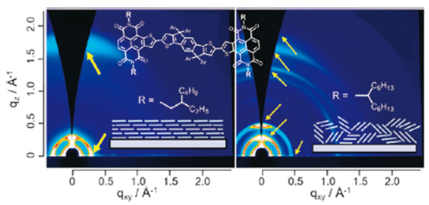
有機半導体薄膜のナノレベルでの解析



瀧宮 和男 教授
Kazuo Takimiya

材料の微細構造に関する情報は材料化学研究において、近年重要性を増しています。例えば、有機半導体薄膜を活性層とするデバイスでは、高々100nm程度の薄膜中での有機半導体分子の配列や基板表面上での分子配向といった分子の微視的な構造が、デバイスの性能に大きな影響を及ぼします。従来の実験室レベルでの装置は、マクロな領域の平均構造が対象であったのに対し、放射光を用いることでデバイス特性の鍵を握るナノサイズ領域における構造情報を得ることができます。このような情報は構造と物性の相関を明らかにする際の鍵となり、材料開発研究の原動力となるばかりか、分子レベルからの材料設計に新たな視点を与えてくれます。放射光による有機薄膜の分析例として、バルクヘテロ型有機薄膜太陽電池中の構成分子の配向を分析した例を示します。構成分子中のアルキル（R）基の形状（分岐位置が異なる）により、現われるピークの位置が明確に異なっており、これらから基板上での分子配向の違いが見て取れ、それが光電変換効率に影響していることが明らかになっています。

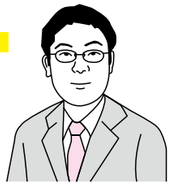
【キーワード】構造解析、分子配向、界面



Spring-8にて測定した有機薄膜太陽電池の二次元X線回析のデータ。分子構造のわずかな違いにより（Rの部分）、分子の並び方が変化していることが、ピーク（黄色矢印）の位置と数により解析できる。

03 地学分野

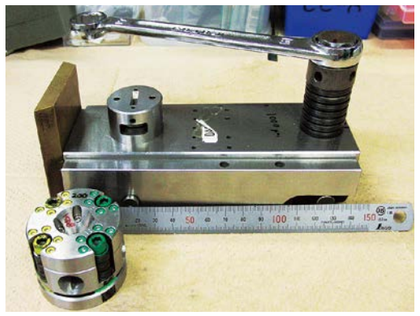
放射光は地球深部を覗く巨大な顕微鏡



鈴木 昭夫 准教授
Akio Suzuki

放射光は様々な波長（エネルギー）の電磁波ですが、地球科学の中でも、特に地球深部物質科学の分野では、高圧科学の研究者と共同でX線領域の放射光を利用した研究に、早くから放射光が利用されてきました。地球深部は高温高圧力の世界ですので、圧力容器の中に地球深部環境を再現し、そこで起こる反応などを「その場」で観察することは研究上極めて重要です。ところが、試料は圧力容器に封入されており、また試料の体積は10^{-9}～10^{0}mm^{3}と非常に小さいため、細く絞った強力なX線ビームである放射光は、地球内部の研究に不可欠なものになっています。放射光を地球深部研究に利用し始めたのは、今からおよそ40年前です。当初はX線回折実験が主流でしたが、現在は岩石に差応力を加える装置を実験ステーションに導入し、岩石が変形していく様子を時分割で測定して地震発生メカニズムを探る研究や、4DCTでマグマが移動していく様子をその場観察するなど、研究の中心は静から動へとシフトしています。また、利用できる放射光源が高輝度低エミッタンスになるにつれて、従来では不可能だった測定手法が高圧力実験に導入されるようになり、新たな発見へと繋がっています。

【キーワード】4 地球内部構造、5 地球内部の圧力、6 高圧発生装置



高圧発生装置（ダイヤモンドアンビルセル）

用語解説

1 ARPES：Angle-Resolved Photoemission Spectroscopyの略。角度分解光電子分光。物質に光を入射して、外部光電効果によって放出された光電子を測定することで、物質の電子構造がわかる実験手法。

2 RIXS：Resonant Inelastic X-ray Scatteringの略。共鳴非弾性X線散乱。X線を物質に入射して、物質内でエネルギーを失って出てきたX線を測定することで、電子状態の空間秩序や電子励起がわかる実験手法。

3 MCD：Magnetic Circular Dichroismの略。磁気円二色性。磁場中で測定された左/右円偏光のX線吸収スペクトルの比較によって、物質の磁気的特性がわかる実験手法。

4 地球内部構造：地球内部は、地表から中心に向かって地殻、マントル、核に分かれ、このうち地殻とマントルは岩石でできており、核は鉄やニッケルを主成分とする金属でできています。

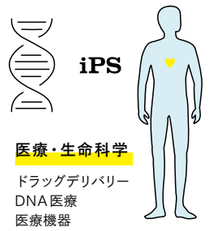
5 地球内部の圧力：核とマントルの境界は、およそ130 GPaで、地球中心はおよそ360 GPaという、超高圧力の世界です。

6 高圧発生装置：超硬合金と大型油圧プレスを用いるマルチアンビルプレスと、ダイヤモンドを用いるダイヤモンドアンビルセルが広く用いられています。

「活用が進む、放射光の先端研究」

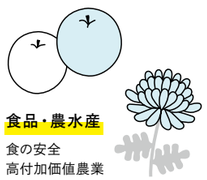
情報・通信デバイス

ディスプレイ材料
パワーエレクトロニクス
スピントロニクス



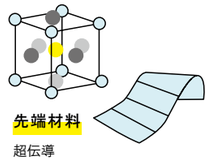
医療・生命科学

ドラッグデリバリー
DNA医療
医療機器



食品・農水産

食の安全
高付加価値農業
品種改良

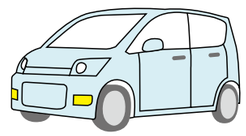


先端材料

超伝導
高性能磁石
熱電材料

環境エネルギー

人工光合成
低燃費タイヤ
太陽電池・燃料電池
電気自動車



研究室訪問

宇宙の過去に遡って銀河形成を紐解く

銀河宇宙物理学研究室

物理系（宇宙地球物理学科・天文学専攻）教授／兒玉 忠恭

宇宙には銀河とよばれる星の大集団が千億個も存在し、あちらこちらに群れ集まり集団を作っています。そして大集団の銀河団では古い楕円銀河が多いのに対して、銀河が疎なところではまだ若い円盤銀河が多く見られ、綺麗な棲み分けが見られます。私たちの研究室では、このような銀河・銀河団が宇宙史の中でどのように生まれ、そして成長してきたのかを解き明かそうとしています。天文学は究極の考古学です。より遠い銀河を順々に見ていけば、それだけ我々に光が届くまでに長い時間がかかることから、より昔の姿を捕えることができます。それを時系列に比べれば、銀河の形成・進化の様子を直接描き出すことができるのです。しかしながら遠くの銀河は暗くかつ小さいので、観測は容易ではありません。我々はハワイにある光学赤外線望遠鏡「すばる」やチリにある電波サブミリ波望遠鏡「アルマ」などの世界第一線の大型望遠鏡を駆使してデータを取得しています。まずすばるの巨大な主焦点カメラで様々な時代の宇宙を広く見渡し、銀河・銀河団の大量サンプルを構築して、大局的な進化の描像を得ようとしています（マクロ的アプローチ）。次にすばるの補償光学やアルマ干渉計による高分解能の観測によって、個々の銀河を空間分解して調べ、銀河の中で起こっている物理過程を突き止めようとしています（ミクロ的アプローチ）。このように私たちは宇宙の時代と周辺環境に翻弄されながら生まれ成長する銀河の生態を実証的に解明しようと、夜は夜空を見上げ、昼はパソコンと格闘しています。

研究対象

写真はすばる望遠鏡が捕らえた約40億年前の銀河団の姿です。年齢の古い大きな楕円銀河が既に多く存在しています。銀河団の背景天体からの光が、銀河団の強い重力場を通過する時に軌道がゆがめられ、形が弧状に歪められる重力レンズ効果もいくつか見られます。

http://mahalo.galaxy.bindcloud.jp

地中にいざ、潜り込む

火山学・地質流体研究分野

地球科学系（地球惑星物質科学科・地学専攻）教授／中村 美千彦

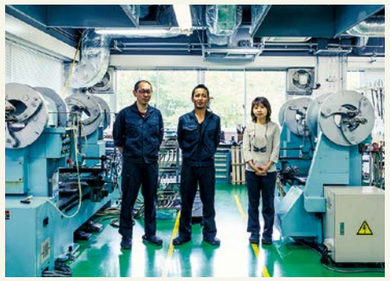
私たちの研究室では、マグマがどのように発生・上昇し、火山がどうやって噴火するのか、地球内部の何処にどれくらいの熱水が分布していて、どのように循環しているのか、といった地球の活動の様子を研究しています。実際には、野外で軽石や溶岩などを採取し、化学分析や組織の解析をしたり、実験室で高温・高圧を発生し、マグマや岩石を合成してみて、マグマの生成や噴火の条件を調べたりしています。直接目で見られない地下の現象を理解するために、丁寧に論理を重ねていく必要があるのが特徴です。基礎とするのは、熱力学や速度論などの物理化学で、そのうえで新しい合成実験装置を製作したり先端的な分析手法を取り入れたりします。地球物理学的な観測や理論モデルなど、異なるアプローチの研究と、比較や協力ができるようなデータを求めることを重視しています。メンバーは、奥村聡准教授・無盡真弓助教と学生15人（D4・M7・B4）という所帯です。4人の留学生に加え、最近ではドイツ・バイロイト大学の博士院生数人も頻繁に長期滞在します。ラボに入って来る学生諸君は様々に個性的で、それを活かした研究をしてもらいたいと思っています。

研究室からメッセージ

動画や衛星写真で、世界中の火山の噴火を誰もが頻繁に“間近で”見られるようになりました。これらの映像には、専門家にとっても貴重なものがたくさんあります。一方、千年・万年に一度しか起こらない大規模噴火を、現代文明はまだ経験していません。噴火の様子は、噴出物が降り積もった地層の観察や分布域の調査、化学分析データ、数値シミュレーションの結果などから想像することだけができます。地下で起こった出来事も同様です。そしてこれらは研究者のみに許された特権なのです。そんな想像力を、皆さんも手に入れてみませんか？

http://epms.es.tohoku.ac.jp/arcmag/

施設・技術部探訪



写真左：ガラス旋盤を用いた大口径ガラス管の加工。／写真右上：ほとんどの製品はハンドワークによって製作されます。／写真右下：当室技術職員。左から澤田 修太、扇 充、佐藤 由佳。

「硝子機器開発・研修室」

硝子機器開発・研修室（通称：ガラス工場）は理学研究科を始めとする各研究科、研究施設の研究室から依頼された理化学ガラス製実験器具の製作など、研究に携わる教職員や学生へのガラス加工に関する技術支援を主な業務としています。

当室で扱っているガラスはホウケイ酸ガラス（硬質ガラス）、石英ガラス、その他加工可能なガラスなどの特に実験用に優れたガラスです。ガラス製実験器具の製作は依頼者の要望を形にするためにガラスを溶かす（溶解加工）、切る、削る（研削加工）などの加工を施し製作します。

硝子機器開発・研修室は明治44年に理学研究科の前身にあたる理科大学創設と同時に設置され、以来100年以上に渡り理学研究科と共に歩んでまいりました。

現在は技術職員3名で「大学ならではのガラス加工技術者」を目指し日々技術、知識の修得に努めています。継承される事で培われてきた技術を基に新しい技術を取り込みながら皆様の依頼に応えられるようにこれからも努めていきます。

技術専門員 扇 充

広報サポーター

No.	氏名	学科・専攻	出身高校
03	福島和紀	生物学科 B4	石川県立金沢泉丘高等学校

目の前には
不思議な世界が広がっています

Topics　キャンパスライフ

研究生活／ショウジョウバエの雄性外生殖器の回転形成をモデルに左右非対称性を生み出す分子メカニズムの研究を行なっています。観察には蛹の殻を剥くといった繊細な技も必要となります。実際に共焦点顕微鏡を使って細胞内の分子の動きが見えた時はとても感動しました。

書道／小学生の頃から親しんできた書道を大学に入ってからも続けています。わずかな筆遣いの違いや墨の違いでその字の印象が大きく変わることが難しさでもありますが、魅力でもあります。大昔の人々が文字を使って色々な気持ちを表現してきたことにときめきを感じます。

展開ゼミ／大学の講義には座学だけでなくより活動的なものもあります。写真にあるのは、各自で野菜を育てながらその過程を随時報告するという形式で行われた展開ゼミを受講したときに育てたキャベツです。このキャベツは無事収穫までたどり着くことができました。

理数応援プロジェクト／学部2年生の時に理学部で行われていた理数応援プロジェクトの海外研修に参加しました。滞在中は物理・数学・英語を学びながらも、様々な場所に観光に行きました。日本とは違った自然を感じることができました。

生物学の楽しさ

生物学の基本は、まず生き物をよく観察すること。普段気にすることなく通り過ぎている道端に咲いている花やそこに止まっている虫たち、ちょっと気になる斜め前のあの人など、改めて見てみると気づかされることはたくさんあります。そこから得られる疑問が生物学への第一歩へとつながっていきます。そして、一体生き物の中ではどんなことが起こっているのだろうと、どんどん想像を膨らませて思考をめぐらせることがとても楽しい時であり、また生き物を愛おしく思う時でもあります。一つ例を挙げましょう。生き物が受精卵から一つの個体を作り上げるまでの過程を発生と呼びます。発生に見られる様々な現象の中で私は特に細胞の移動に興味を持っています。多細胞生物では一つの受精卵から始まり、何度も細胞分裂を繰り返しながら発生が進んでいきますが、ある形を作るために細胞は様々な分子を制御して細胞を変形させたり、移動するといった動きが必要です。この移動の時に起こっている個々の細胞の振る舞いになんとも表現できない魅力を感じます。

楽しさを伝えたい

もっと生き物のことを知りたいのはもちろんのことですが、私が感じている生物学の楽しさをもっと多くの人に伝えたいとも日々思っています。生物学は私たちが生きている意味を知ることができる、とても身近な学問です。広報サポーターとして、そして生物学を学ぶ者としてどこかで皆さんと生物学の楽しさを共有できれば嬉しいです。

トピックス

News

新入生オリエンテーション

4月5日（金）～6日（土）、青葉山北キャンパス理学部内及び秋保温泉岩沼屋にて2019年度理学部新入生オリエンテーションが実施され、新入生、教員、引率学生など約380名が参加しました。 このオリエンテーションは、全学教育科目及び理学部カリキュラムの履修方法やサークル活動など、大学におけるアドバイスなどが行われ、新入生にそれを参考にして充実した学生生活を送ってもらうことを目的としています。 2日間（数学系は5日のみ）を通して友達や先輩、先生方と交流を図り、充実した時間を過ごせたのではないでしょうか。

News

理学研究科合同入試説明会2019

4月27日（土）、東北大学東京分室（サピアタワー10階）にて東北大学大学院理学研究科合同入試説明会が開催されました。 平成22年から10回目を迎えた今年度の合同入試説明会、参加者数は116名となりました。 実行委員長の山崎剛教授による全体のスケジュール説明、教務委員長の都築暢夫教授による理学研究科の紹介の後、各専攻にわかれて入試、各研究室の紹介となります。 教員による説明はもちろん、学生との懇談会も行われ、直接話を聞ける貴重な機会となったようです。

News

保護者交流会

6月1日（土）、理学部にて、青葉理学振興会、東北大学理学萩友会との共催事業として保護者交流会を開催しました。 当日は宮城県内外から90名の保護者の皆様が参加されました。 第1部では、寺田眞浩研究科長から理学部・理学研究科の取り組み紹介、続いて青葉理学振興会花輪公雄理事長から理学を学ぶ醍醐味と青葉理学振興会の活動について、最後に天文学専攻の秋山正幸教授が講演され、最先端研究の一端をご紹介いたしました。 第2部では、立食懇談形式の交流会を開催し、親睦交流を深める良い機会となりました。

News

サイエンス・デイ出展

7月14日（日）に開催されたサイエンス・デイ2019（於:東北大学川内キャンパス）において、理学部・理学研究科からは3団体が出展しました。まずは、広報サポーターの「モアモアしおりをつくろう」。このブースでは、モアレ干渉縞を利用した世界に一つだけのマイしおりをつくりました。また「放射線ってなんだろう？ ～素粒子・原子核の世界からの見方～」と題し、金田雅司助教による体験講座が行われました。そして、太陽惑星空間系領域からは、惑星の見所満載の旅行ガイド「太陽系の歩き方」を手に、各惑星への旅行を通して太陽系の惑星について理解を深める体験教室が行われました。

News

OPEN CAMPUS 2019

7月30日（火）、31日（水）に、オープンキャンパス2019が開催されました。 全国各地から、多くの高校生や保護者の方にご来場いただきました。 理学部では、各学科がそれぞれの魅力や特色を詰め込んだ内容を企画しており、その内容は参加してくれた高校生にとっては、普段学校では見られないものばかり。 さらに、日々研究を行う教授などによる体験授業も行われ、実際に大学で行われている最先端の研究の話に皆、耳を傾けていました。 オープンキャンパスで普段は踏み入れないようなことを学ぶことができ、「理学」の楽しさが伝わったはずです。 また、東北大学理学部でお待ちしております！

News

ぶらりがく for ハイスクール 2019

8月11日（日）、理学部にて「夏休み特別企画ぶらりがく for ハイスクール2019」を実施しました。 高校生対象の「ぶらりがく*」は今年で2回目。 今回は、大野泰生教授（数学）、小園誠史准教授（地球物理学）、田村宏治教授（生物学）が特別講義を行いました。 県内外から高校生83名と保護者37名の方が参加され、講義の他、教員や学生とのランチ懇談会、研究室・施設見学も行い、大盛況のうちに終了しました。

* 「ぶらりがく」とは、東北大学理学部・理学研究科が企画・運営している公開講座・キャンパスツアー等の名称です

News

理学研究科キャリア支援室について

卒業・修了後の進路を考えている学部生・博士課程前期（MC）院生の皆さんは、「博士号を取得しても就職先はないかもしれない」と不安になることが多いのではないでしょうか。 東北大学には「高度イノベーション博士人財育成ユニット（ILP）」があり、主として博士課程後期（DC）院生の皆さんの就職支援を行っています。 さらに、理学研究科は2019年2月に「キャリア支援室」を発足させ、ILPとも連携しながら、特にDC院生の皆さんの就職の支援を行うことにしました。 就職に「絶対」はないので軽々しい約束はできませんが、真面目に就職を考えている院生ならば、博士号取得後の就職も決して狭き門ではないことは、ILPの長年の実績が示しています。「キャリア支援室」は発足したばかりですが、一日でも早く、DC院生はもちろん、学部生・MC院生の皆さんの就活のお役に立てるよう努力していきたいと考えておりますので、多くの方々のご協力をどうかよろしくお願いいたします。（松澤 暢　キャリア支援室長）

コラム

「一家に1枚　日本列島7億年」ポスター

辻森 樹　教授

第60回科学技術週間にあわせて、文部科学省が「一家に1枚 日本列島7億年」ポスターを刊行し、全国の小・中・高等学校等に配布されました。『一家に1枚』シリーズ第15作目となった今作には、東北アジア研究センター（兼務 同大学院理学研究科地学専攻）の辻森らが監修・アートディレクターとしてポスターの構成・デザイン・描画に携わっています。ポスターには日本列島の地質の複雑さとプレート境界の位置を知るための地図に加え、知的好奇心を呼び起こすために、プレート沈み込み帯でできる岩石の写真や、プレート沈み込み帯についてのイラスト・解説、日本が誕生した約7億年前から太平洋が消滅する約2億年後の未来予想まで描いた地質年代表などが、国産の美しい鉱物・化石の写真と一緒に配置されています。制作協力・写真提供には、本学文化部所属準加盟団体の地学ゼミナール、総合学術博物館、東北アジア研究センター、大学院理学研究科地学専攻がクレジットされています。地学ゼミナールと地学専攻所属の有志学生が、自身の自慢のコレクションを含む美しい標本の魅力を最大限に引き出せるよう照明や画角を工夫して写真撮影を手伝ってくれた他、地学現象の時間・空間スケールを示したイラストでは、複数人で高校地学の教科書を参照しつつ、一般にも分かり易いような身近な物や現象を選定しました。

この科学ポスターで好奇心と探究心が育まれることを期待しています。

ポスターの電子ファイルと解説資料は科学技術週間のウェブサイトhttp://stw.mext.go.jp/から無料でダウンロード可能です。（隣のQRコードからもアクセスできます。）

編集後記

ご縁があり、理学部広報に携わるチャンスをいただきました。理学をこよなく愛する先生方、嬉々として研究に取り組む学生の皆さん、そして様々な媒体を使って「理学部ってこんなところ!」と情報発信に尽力する広報室スタッフ! このような皆さんに接する機会に恵まれ、日々刺激を受ける毎日です。 理学部・理学研究科では、人々の心に科学の火を灯す「サイエンスチャレンジャープロジェクト」を展開中です。 東北大学初のクラウドファンディングにも挑戦し、熱い激励と温かいご支援をいただき無事に達成することができました。 また、理学部・理学研究科紹介動画第2弾「若きサイエンスチャレンジャーへ」が完成しました。 サイエンスチャレンジャーの日常を見ていただける内容となっております。 ぜひご覧ください!

（広報・アウトリーチ支援室　戸田 未来）

Aoba Scientia
vol.33 / Issue September. 2019

東北大学大学院理学研究科・理学部
Aoba Scientia 編集委員会
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号
TEL 022-795-6708
URL http://www.sci.tohoku.ac.jp/

バックナンバー
過去のニューズレターをダウンロードいただけます。

TOHOKU UNIVERSITY