

Aoba Scientia

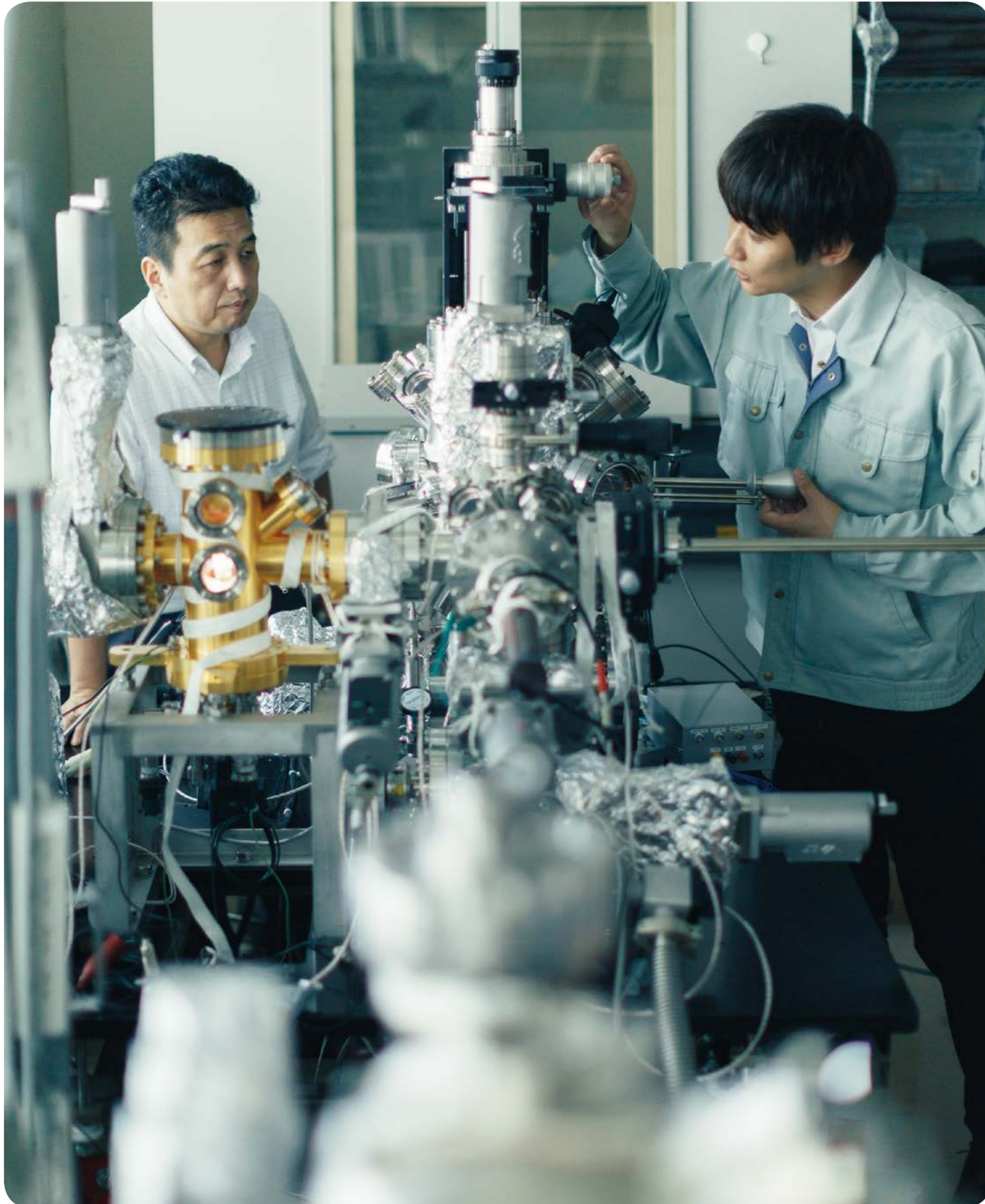


特集：大量絶滅の発生メカニズム

cover column

見る理学

試料の周辺環境を制御して超高真空中で観察できる原子間力顕微鏡。雰囲気中のガスが金属と反応すると、観察している現象に影響を及ぼすことがあるため、顕微鏡の本体や真空槽は化学的に不活性な金でメッキが施してあります。原子レベルの特徴的な現象を精度良く捉えるためには、装置の設計にも様々なアイデアが必要です。
(物理学専攻 技術職員 芳賀健也)



特集

大量絶滅の発生メカニズム



海保 邦夫 (地学専攻・教授)

目に見える動物が地球にほとんどなくなったことが、過去5億年間に5回ありました。「大量絶滅」と言われる事件で、その5回目、6600万年前に小惑星が地球に衝突し、恐竜などが大量絶滅しました。この大量絶滅のメカニズムについて、有機分子分析や気候モデル計算などを駆使して新たな知見を得ました。それらは、寒冷化だけでなく低緯度の降水量減少が絶滅の決め手になったことと、当時陸に近い海だった場所に衝突した場合のみ大量絶滅が起きることでした。衝突場所が少しずれていたら、恐竜等の中生代の生物は絶滅せず今も生きていたでしょうし、人類はいなかったかもしれません。

生物の大量絶滅

1~4回目の大量絶滅の原因は火山の大噴火ですが、5回目の大量絶滅の原因は、小惑星の衝突でした(図1)。1回目の大量絶滅の後、古代魚が栄えましたが、2回目の大量絶滅でほぼ絶滅しました。かわりに生き残った魚類の一部が陸上に上がり、両生類に進化しました。3回目の大量絶滅後は恐竜が出現し、4回目の大量絶滅後、恐竜は巨大化しました。5回目の大量絶滅で恐竜が絶滅すると、それまで細々と生きていた哺乳類が多様化し、大繁栄しました。私たちはこれらの大量絶滅の発生メカニズムの研究を行っています。



エアロゾルによる寒冷化と干ばつ化(図2)

6600万年前、小惑星が衝突すると、岩石ダストの他に硫酸化物(SO₂、SO₃)や煤などが大量に発生し、一部は成層圏にまで吹き飛び、地球を覆いました。硫酸エアロゾルは太陽光を反射し、煤エアロゾルは太陽光を反射吸収するので、地表は寒冷化したと考えられます。

私たちは衝突現場に近いハイチの海底と、衝突現場から遠いスペインの海底で堆積した、白亜紀-古第三紀境界の地層を採取し、「有機分子分析」と「気候モデル計算」という2つの研究方法で、衝突後の大量絶滅のメカニズムに迫りました。その結果、中高緯度の陸上生物は寒冷化で、低緯度の陸上生物は降水量が砂漠状態になり、植生崩壊を起こし、食物連鎖的に恐竜などが絶滅、海では海水温低下でアンモナイト等が絶滅したという結論を得ました(Kaiho et al, 2016, Sci. Rep.)。恐竜が絶滅し、ワニが生き延びる気温低下は陸上平均で16度でした。それを起こすのに必要な成層圏の煤と硫酸の量と、衝突場所の堆積岩から計

算したそれらはサイズ増加による早期降下の効果も入れてほぼ一致しますので、私たちが提唱したメカニズムは正しいと思います。

絶滅規模は小惑星の衝突場所が決まる

~大量絶滅を起こす衝突場所は少ない~

小惑星の衝突で大量絶滅が起きるのは、堆積岩の中に大量の有機物か硫酸塩がある地域だけです。多くの場合、それは堆積時に陸に近い海だった地域で10~15%しかないのです(Kaiho & Oshima, 2017, Sci. Rep.)。陸から供給された栄養源で生物が繁殖し、有機物がたくさん溜まっているのです。小惑星がこうした場所に衝突すると、気温は全球で10度以上、陸上平均で16度以上下がります。しかし、堆積岩の薄い所に衝突すると、大量絶滅は起きません。気温は1度も下がりにくいです。小惑星の衝突場所により、煤や硫酸の量が2~3桁違ってしまふからです。6600万年前、小惑星

が衝突した場所が少なければ、恐竜などは絶滅せず、恐竜を含め、中生代の動物の世界が今も続いていたかもしれません。

火山活動が原因の大量絶滅の発生メカニズムも同じ

マグマが堆積岩中を水平方向に入って堆積岩を熱する際に、堆積岩の種類によって、SO₂ガス、CO₂ガス、煤のような炭素化合物が生成されます。SO₂と煤のようなものが成層圏に入ると寒冷化、それらが落ちると、CO₂による温暖化が起きます。衝突の場合と同じメカニズムで大量絶滅が起きると考えられます。加熱実験、有機分子分析、気候モデル計算を行なうことで、発生メカニズムの解明に迫っています。

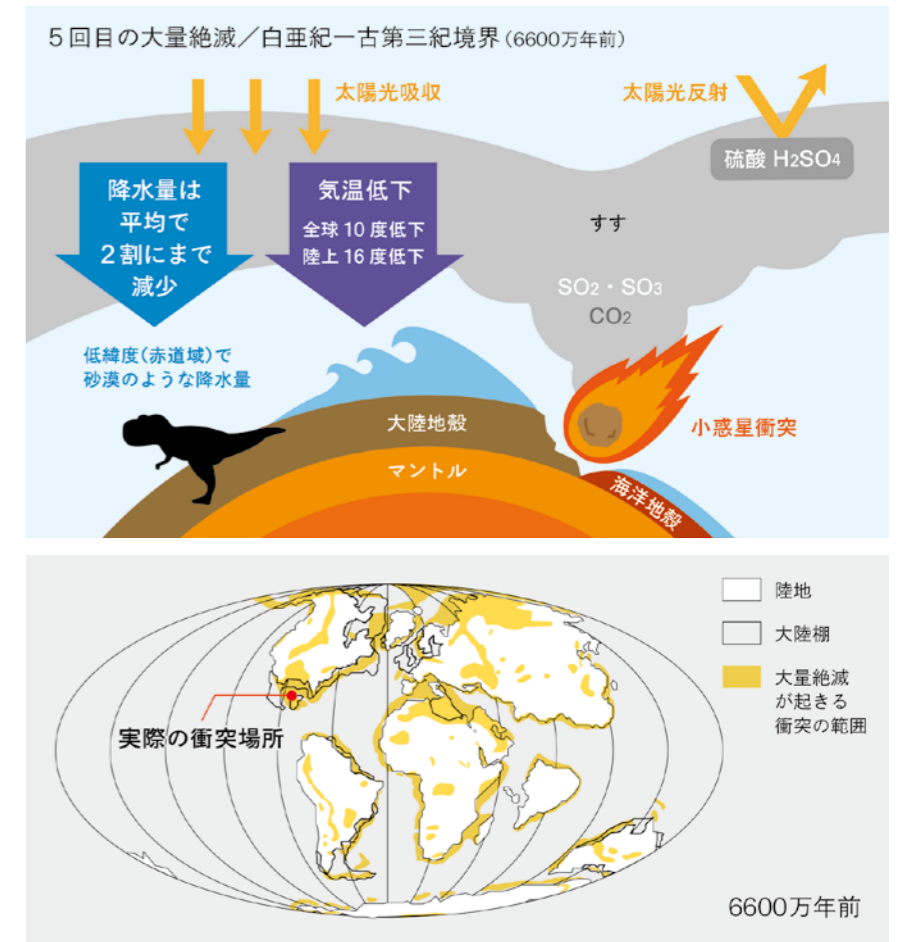


図2(右上) / 小惑星衝突による気候変動のしくみ
図3(右下) / 堆積岩中有機物量が多い地域: 主に堆積当時の陸に近い海; 生物生産量が高いため有機物が多く、堆積物が厚いから。

生物の大量絶滅 (>70% 種絶滅)

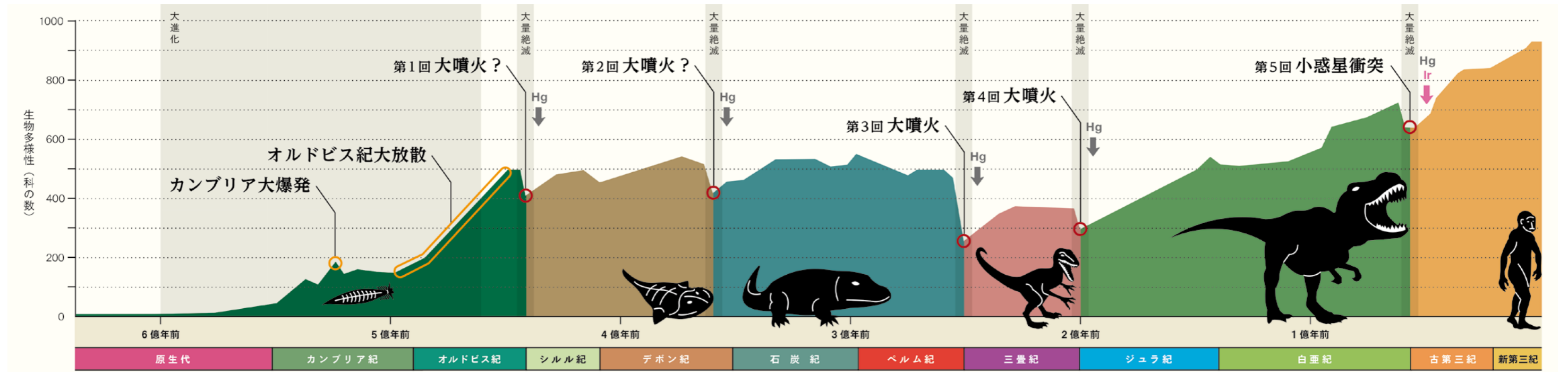


図1 / 過去6億年の生物の多様性(科)の変化と大量絶滅とその原因。科で20%以上、種で70%以上の真核生物が絶滅したことが5回あります。これらを5大大量絶滅と呼びます。 [Hg: 水銀: 大規模火山噴火の証拠] [Ir: イリジウム: 小惑星衝突の証拠]

研究室訪問

大型サイクロトロン、大活躍中



核放射線物理研究室

物理系（物理学科・物理学専攻）教授／伊藤 正俊

核放射線物理研究室は、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの物理系研究部、「加速器研究部」と「測定器研究部」の2つの部門から構成されています。私たちはセンターの所有するサイクロトロン加速器および付帯装置の高度化はもちろんのこと、サイクロトロン加速器を用いて原子核物理学の研究も行っています。

原子核の安定な状態（基底状態）は陽子と中性子が殻の中に規則正しく詰められている構造をもつと考えられています。しかしながら原子核の中には、基底状態がエネルギーを吸収し励起した状態になると、陽子2個、中性子2個が原子核内でアルファ粒子（＝ヘリウム原子核）を形成し、アルファ粒子から構成される状態へと変化するものが存在します。その典型的な状態は炭素12の第二励起状態で、炭素12の

元素合成に非常に重要な役割を果たしています。私たちのグループでは、そのようなアルファ粒子から構成される状態が宇宙における元素合成過程に重要な役割を果たしていると考え、様々な原子核において実験を行っています。サイクロトロン加速器を用いれば恒星内で起こっている原子核反応を再現させることができます。実際はその逆反応ですが、逆反応を測定することによってアルファ粒子で構成される状態を探索し、まだ完全に説明できていない宇宙における元素組成比の解明に向け、研究を行っています。

その他に私たちは企業との連携研究も行っており、人工衛星に搭載する半導体の放射線耐性試験や、中性子による半導体ソフトウェアの評価技術の開発なども行っています。

研究室 TOPIC



現在、加速器は医学・工学から環境科学など様々な分野の研究に用いられています。サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターには2台のサイクロトロンがあり、そのうち1台は日本でも有数の大型サイクロトロンであり、企業を含む日本中の研究者が利用しています。

http://choukai.cyric.tohoku.ac.jp/cyric_phys/index.html

地球内部の写真を撮る



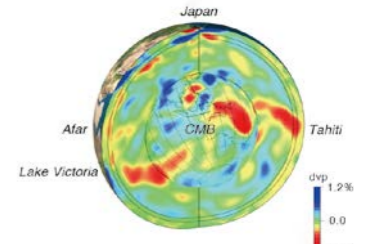
グローバル地震火山研究グループ

地震・噴火予知研究観測センター（地球物理学専攻）教授／趙 大鵬

私たちの研究グループは、「地震波トモグラフィー」を研究しています。地震波トモグラフィーとは、大量の地震波のデータを使って、地球内部の3次元構造を求める方法です。つまり、地球の中の写真術です。その原理は病院で使われているCTスキャンと同じです。地震波トモグラフィー法は、約40年前に提唱されてから、今日まで飛躍的に進歩してきました。私たちのグループは、その進歩に重要な貢献をしました。例えば、地球内部には、複雑な形を持っている物質の境界面が存在します。地震波の伝播経路と伝播時間を精確に計算し、より鮮明な地下構造を求めるために、物質境界面の深さと形を考慮しなければなりません。私たちは世界で初めてこの難問を解決し、新しい地震波トモグラフィー法を開発しました。私たちが1992年に発表した

この方法に関する論文は、現在まで既に1000回以上引用されています。この方法は世界の多くの研究者に使われ、世界各地の地下構造の解明に大いに貢献しました。これまでの20数年間、私たちは絶えずこの方法を改良してきました。今は、この方法で地震波異方性（方向によって地震波の性質が変わること）を推定でき、マンテル対流などの情報も抽出可能になっています。また、2008年に私たちはこの方法を使って、世界で初めて月の中の3次元トモグラフィーの推定に成功しました。最近では、2011年東北地方太平洋沖地震の震源断層の上も下も周りに比べてより固い岩盤ででき、それらがぶつかりあうことで大地震が発生したことを明らかにしました。

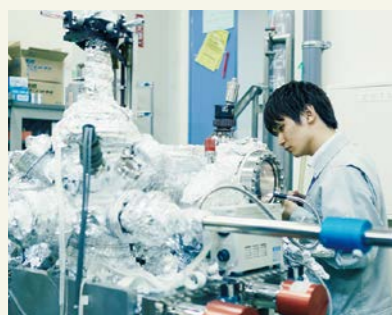
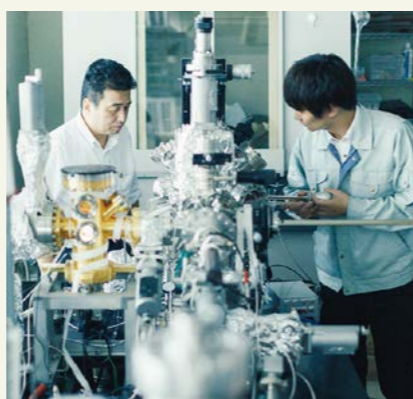
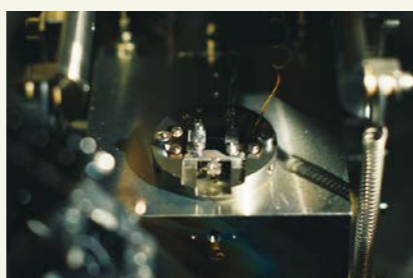
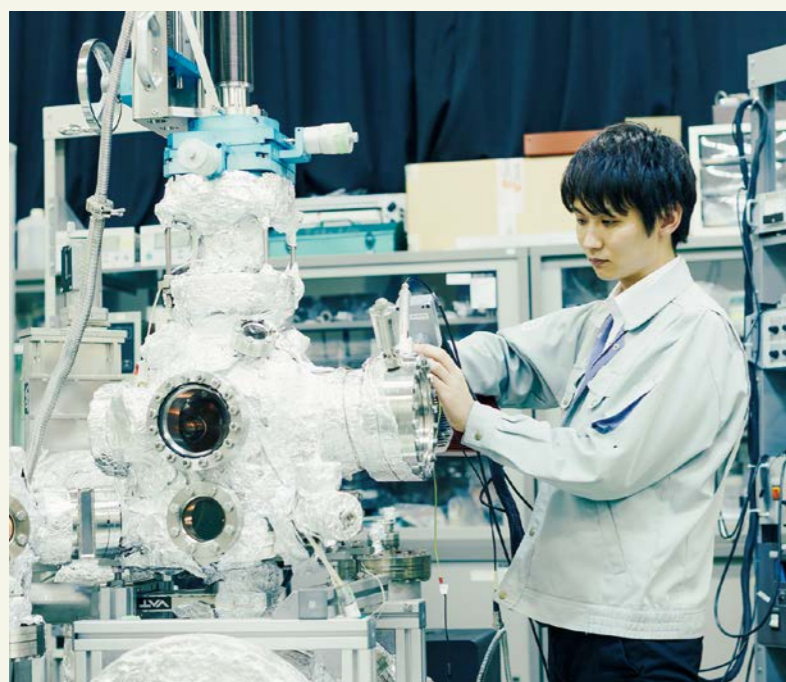
研究室 TOPIC



この図は地球内部の地震波トモグラフィーの画像です。青色が冷たくて固いところ、赤色は熱くて柔らかいところを示します。日本列島の下に冷たい太平洋プレートが沈み込んでいる様子が見えます。一方、アフリカやタヒチの下では、熱い物質が深部から上昇してきていることがわかります。

<http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/global/>

施設・技術部探訪



写真左上:高分解能電子エネルギー損失分光器と低速電子線回折の複合システム。/写真右上:走査トンネル顕微鏡の測定ステージ。/写真右下:原子間力顕微鏡のシステム。清浄な表面を作製するために、超高真空環境で試料の処理を行う。/写真左下2枚:液体ヘリウムを使用して、低温での測定可能な走査トンネル顕微鏡。試料の移動には、マジックハンドのようなものを使います(試料ステージは特に繊細な箇所なので、とても緊張します)。

「物理学専攻 表面物理研究室」

私は物理学専攻表面物理研究室で教育と研究の技術支援を行っています。表面物理研究室では、原子スケールの物質が、表面を舞台として示す特徴的な物理現象を観測し、その法則を明らかにすることを目標に研究しています。物質の表面では、物質を構成する原子の表面垂直方向の規則性が失われて、二次元的な表面特有の物理現象が生じます。表面上に原子を1個1個積み上げて、原子スケールの物質を作ることができます。走査ブ

ローブ顕微鏡で、表面の原子1個1個を直接観察することができることも特徴の一つです。実験装置は、原子分解能で表面を観察できる顕微鏡、「走査トンネル顕微鏡」及び「原子間力顕微鏡」、表面の電子状態を測定する「高分解能電子エネルギー損失分光器」、表面の構造を解析する「低速電子線回折」を保有しています。これらの装置で表面の物理現象を測定するためには、超高真空環境が必要です。実験装置の維持・管理・操作、超高真空槽の設計・組み

立て、超高真空環境の維持、実験データの解析のためのプログラムの作成等の技術的な支援を行っています。



技術職員 芳賀健也

広報サポーター

No.	氏名	学科・専攻	出身高校
02	中尾美紗子	地学専攻 M2	長野県上田高等学校

自分の頭で自由に考えることは面白い



Topics キャンパスライフ



地学専攻バス/学部生のための野外実習用のバスです。学部3年時の野外実習では、本州では見ることのできない岩石や堆積物を見るために、一週間かけて北海道の道央地方をこのバスで移動しました。バスに乗って、岩石の観察や採集に出かけることはとても面白かったです。



ハワイ巡検/研究室のメンバーとマウイ島にあるハレアカラ山頂にて。研究室のメンバー他、地学専攻と地球物理学専攻の学生と一緒に登りました。火山噴出物でできた綺麗な丘を見て、同期の友人と一緒に感激したことを今でも覚えています。



電子顕微鏡/研究室にある電子顕微鏡です。岩石中の気泡や結晶の組織観察、また化学組成分析のために使っています。ナノメートルスケールの微細な結晶も観察することができます。電子顕微鏡を取り扱う企業へ就職する学生もいるくらい、私たちにとっては馴染みのある存在です。



図書館の新聞コーナー/図書館では本も借りますが、新聞も読みます。特に就活の時期は新聞をよく読みました。数種類の新聞が置いてあるので、読み比べることもできます。研究の合間に一息つきたい時、よく新聞を読み図書館へ足を運んでいます。

研究(室)から学んだこと

「火山はなぜ噴火するのか?」学部時に野外実習で訪れた樽前山の溶岩ドームを見たことをきっかけに、火山の研究を始めました。私たちの研究室は、岩石の化学分析や実験等を通じて、帰納的にも演繹的にも論理を組み、噴火現象の理解に取り組んでいます。私は高校生の頃「科学的に考えるとどういうことなのか?」「人間にとって研究とはどのような作業なのか?」



と、科学や研究の意義について考えることが好きでした。研究室での活動は、まさにそれらの問いに対する答えを探すための活動そのものだった気がします。先生や学生とのおしゃべりから、研究をする上で重要なことは、自然現象を自由な切り口で捉え、自分の立てた仮説をとことん検証する構えだと学びました。わからないことを納得いくまで突き詰める、とても素敵でチャーム的な物の考え方を経験できる環境が理学部にはあると思います。

科学の面白さを伝える活動

学生サポーターとして「サイエンスカフェ」や「ぶらりがく」など大学主催の科学イベントの運営に携わってきました。科学やその技術について市民の方と語り合うことは面白く、小学生の素朴な質問にハツとさ

せられ、私自身にとっても「やっぱり科学って面白いなあ」と再確認する良い機会となっています。学部3年生時には、他大学や研究機関の先生を招き、地球科学の分野横断型の勉強会を友人と開催しました。研究も課外活動においても、何か共通のことを面白いと感じ、仲間と一緒に取り組んだ経験は私にとってかけがえのないものです。今後、社会人になっても、科学の面白さを多くの人と共有したいと考えています。



トピックス

News 東北大学理学萩友会が発足しました



2018年10月1日に「東北大学理学萩友会（りがくしゅうゆうかい）」が誕生しました。これまで理学部には学科や教室ごとの同窓会はあっても、学部・研究科全体を包括する同窓会の実体はなく、そのために全国、世界で活躍する約2万人の卒業生や各同窓会、そして母校との間を取り結ぶ役割が十分に果たせず、その発足は関係者にとって長年の念願でした。

そうした思いのもとに今回誕生した理学萩友会は、理学部・理学研究科で学んだ全ての卒業生と、現役の学生、教職員、名誉教授等を構成員として、既存の学科・教室等の同窓会とも緊密に連携しながら、理学部・理学研究科独自のネットワークコミュニティを構築し、卒業生同士や卒業生と大学との間の親睦・交流を深める活動を推進していきます。

名称は、大学全体の校友組織である「東北大学萩友会」の「萩友」に「理学」を冠したものとし、建学の基礎となった学部の校友会として今後大いに発展し、母校を支えていく自負の意を込めました。さらに付け加えると、東北大学萩友会を構成する部局同窓会の中では初めて「萩友」を名称に加えた同窓会になります。理学部・理学研究科に入学した時点で会員となりますので入会手続きなどは不要ですが、会員の皆様の情報こそが活動の源と

なります。皆様の温かいお心とともに近況をぜひ東北大学理学萩友会事務局（東北大学理学部・理学研究科総務課総務係）までお寄せください。ご協力をよろしくお願い致します。

- | | | |
|-------|--------|---------------------------------|
| 会 長 | 寺田 真浩 | 理学部長・大学院理学研究科長 |
| 副 会 長 | 小原 隆博 | 副研究科長（総務企画担当） |
| 理 事 | 高木 泉 | 数学教室同窓会 |
| | 佐藤 繁 | 泉萩会（理学部物理系） |
| | 飛田 博実 | 東北化学同窓会 |
| | 武藤 潤 | 地質学古生物学教室同窓会
及び地理学教室同窓会 |
| | 彦坂 幸毅 | 東北生物学同窓会（理学部生物系） |
| | 花輪 公雄 | 青葉理学振興会理事長 |
| | 萩野 博 | 萩友会 基礎同窓会選出代議員 |
| | 竹尾 さつみ | 日本アイ・ピー・エム株式会社
GTS事業部技術理事 |
| | 大草 芳江 | 特定非営利活動法人
natural science 理事 |

※敬称略

News

2018年度公開サイエンス講座

東北大学大学院理学研究科と仙台市天文台は2017年7月1日に連携協力協定を締結しました。この協定は、天文学および地球惑星科学など理学の教育・研究の推進と、学問的成果の社会への広報と普及を図ることを目的としています。

2018年度のコラボレーション企画として全4回の公開サイエンス講座を行いました。講演や体験を通じ、理学への興味を持っていただけたことと思います。たくさんのご来場ありがとうございました。



火星ってどんなところ？～人が住めるか考えよう～



プラネタリウムコンサートサクソカルテットで紡ぐ「惑星」のお話



はやぶさ2で探る太陽系と生命誕生の秘密



開催講座一覧

第1回

2018年7月28日（土）開催



火星ってどんなところ？
～人が住めるか考えよう～

地球物理学専攻・地学専攻の学生有志、三澤浩昭教授（地球物理学専攻）、中川広務助教（地球物理学専攻）

第2回

2018年9月2日（日）開催



プラネタリウムコンサートサクソカルテットで紡ぐ『惑星』のお話

津村耕司助教（天文学専攻）

第3回

2019年1月20日（日）開催



はやぶさ2で探る太陽系と生命誕生の秘密

大谷栄治東北大学名誉教授、中村智樹教授（地学専攻）

第4回

2019年3月24日（日）開催



天の川銀河誕生の新たな描像に迫る

千葉征司教授（天文学専攻）



Message

今年度で退職する 教職員からのメッセージ

西谷 和彦 教授

生物学科

1997年6月に理学研究科に着任し、21年9ヶ月間、生物棟でお世話になりました。着任4年後には生命科学研究科が設置され、青葉山キャンパスも大きく変わりましたが、生物学教室は連綿と続いてきました。その間、学生諸君やポストドク、生物学教室の皆さんと共に、仙台で学問を楽しむことができましたことを、心より嬉しく、また誇りに思い、理学部の皆様に深く感謝しています。



写真：着任年度の最終試験が終了した後、1998年2月20日に生物棟から技官の川崎さんが撮影した恒例の生物学教室集合写真

海保 邦夫 教授

地学専攻

生物進化に多大な影響を与えた大量絶滅の発生メカニズムの解明などに取り組み



ました。1980年代に基礎的な研究をし、1990年代に視野を広げて深く考えて研究し、2000年代以降に解明に必要な異分野の手法を2つ取り入れ、2010年代に先駆的な研究ができてきました。重要な研究を選び、広い視野で必要な手法を取り入れ深く考えると、分からなかった重要な事が見えてきます。

写真：大量絶滅時の生命気候環境変化に関する国際シンポジウムの参加者と（前列中央が筆者）

河野 裕彦 教授

化学専攻

私は1981年に東北大学理学研究科で学位を取得し、1991年に山形大学工学部から本学に赴任しました。在学中から、理論化学の分野を中心に研究を進め、とくに様々な化学反応の機構を電子や原子の動きから明らかにするコンピューターケミストリーという分野に携わってきました。多様なあふれる東北大学の中で長きにわたり研究・教育に関わらせていただいたことに感謝しています。



写真：2016年秋、数理化学研究室の仲間との芋煮会

編集後記



本年度より理学部・理学研究科の一員となり、ご縁があつて編集委員会に参加させていただいております。話題となったプロモーション動画や本誌を含めた魅力ある広報誌の発行など、ユニークな広報で東北大学を一歩リードしている本研究科の取組みに少しでも貢献できればと思っております。さて、本号の特集では『大量絶滅の発生メカニズム』として、恐竜などの絶滅に関する研究の話題が取り上げられています。遥か昔にこの地球に起

こつた出来事について、僅かに残された痕跡や様々な要因を紐解きながら科学的にその原因を探っていく。まさに、飽くなき探求心を原動力とし形成されてきた学問「理学」の根源的なお話となっています。今、この瞬間にもわが身に降りかかるかもしれない隕石や天変地異などを想像し、地球そして広大な宇宙に目を向けてみる良い機会にいただければ幸いです。（総務課総務係 阿部 良太郎）

