

東京大学理学部

# 地球惑星 環境学科

The University of Tokyo  
Earth and Planetary  
Environmental Science



# 学生の皆さんへ

これからの進路を選択しようとしている皆さん、地球惑星環境学科でともに学びませんか。

太陽系の惑星の一つである地球の環境は、さまざまな物理現象、化学現象、生命活動が互いに関連しあう複雑なシステムです。

私たちの学科では、この複雑なシステムの過去を学び、現在を知り、未来の予測を目指しています。

そのため、これらのすべての基礎と複雑な現象の相互作用の理解が重要です。

本学科では、私たちと新しい学問をめざし、ともに学びたいと思う人を求めています。

# Earth and Planetary Environmental Science

## いま、なぜ

## 地球惑星環境学

## なのか？

21世紀を迎えたいま、人類は地球環境の危機に直面しています。私たちは自らの知恵と力によってその危機を解決できるか、その真価が問われています。しかし、これまでの地球環境問題への取り組みは、個別の問題に対する対処療法がほとんどで、地球と生命の複雑な相互作用を十分に理解したものであるようには思えません。現在や将来の地球環境を考えるためには、地球を大気-海洋-固体-生命の織りなすひとつのシステムとしてとらえ、さまざまな時間・空間スケールでの挙動とその変動メカニズムを理解することが重要です。地球の歴史において実際に生じたさまざまな気候変動などの地球環境変動の理解は、現在の地球の理解につながり、さらには未来を考える上での重要なヒントを与えてくれるはずです。

## そして、

## 地球惑星環境学科

## とは？

地球惑星環境学では、地球や惑星とその環境の進化・変動、生命の誕生・進化・絶滅、そしてそれらの相互関係を実証的に解明していきます。自然科学的立場にたって、過去から現在にいたる地球や惑星の環境をさまざまな時間・空間スケールでとらえ、その変動や変化を支配する物理・化学・生物の法則を理解することは、現在や将来の地球環境を考える上でも重要です。地球惑星環境学科では、こうした思考を身につけるため、地球や惑星を構成する物質、過去の地球環境変動を記録した地層、生物進化を物語る化石などの観察や分析、あるいは現在の気候変動の解析や生態系の観察などを通じた、自然現象の実証的な理解と、それに必要な基礎学力と論理的思考の育成に重点をおいた教育を行います。

## Contents [目次]

地球惑星環境学科の教育	02
さまざまな研究分野	03
カリキュラム	04
フィールドトリップ(野外巡検)	06
フィールドワーク(野外調査)	08
生命科学について学ぶ実習	10
環境科学について学ぶ実習	11
地球や惑星の物質・ダイナミクスについて学ぶ実習	12
研究紹介	13
大学院における研究紹介	16
卒業論文	17
学生生活	19
卒業後の進路・卒業生のメッセージ	20

# 地球惑星環境学科の教育

地球惑星環境学科では、自然の観察に基づき、地球や惑星の環境を自然科学的な立場から実証的に解明することを目指しています。そのため、学部教育においては、通常の講義のほかに、フィールドワークと実習・演習を教育の大きな柱にしています。また、基礎学力を身につけた上で、興味のある研究分野に関する知識や学力を効果的に身につけられるように、それに見合ったカリキュラムを組んでいます。地球惑星環境学科の授業には、理科の教職免許を取得するために必要な実習が一通り揃っているのも他学科にはない大きな特徴の一つです。

フィールドワークでは数日から1週間程度にわたって国内や海外に出かけて、実際に多様な自然に接し、地球と生命をめぐる環境の営みや、過去の歴史をひも解く手がかりを得ます。一方、実習や演習では、室内においてさまざまな観察、実験、分析、数値計算・データ解析などの手法を習得し、フィールドで得た情報を解析したり、分析したり、あるいは新しいモデルをつくる基礎を学びます。

2年A Semesterと3年S Semesterでは、この分野の大枠を理解するとともに、基礎となっている物理化学的、生物学的な基礎、地球や惑星固有の現象や物質の基礎についての講義とそれらに関連した実習や演習、数理的問題についての実習、野外における実習や見学を行います。3年A Semesterと4年S Semesterにおいては、地球や惑星の環境や生命活動のより詳細なあるいは発展的な内容についての講義、より実践的な実習や演習、野外巡検を行います。また、4年では各自が関心あるテーマで卒業研究を行います。卒業研究は、ひとりひとりがテーマをもち、指導教官の指導のもとに行う研究で、研究結果を卒業論文としてまとめます。



# さまざまな研究分野

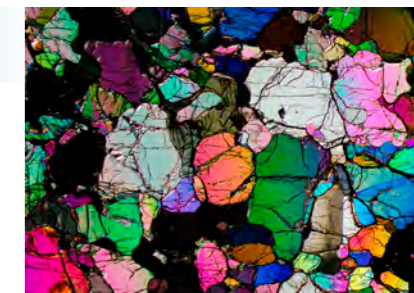
## 太陽系や惑星の環境史



太陽系の形成過程、惑星の初期環境や進化などを理解するため、観測・実験・理論のほか、隕石やはやぶさ試料の分析、惑星探査で得られたデータの解析などさまざまな手法を用いて、太陽系や惑星の環境史の解明をめざしています。

## 地球や惑星の物質環境

地球や固体惑星を構成する岩石・鉱物、これらの固体物質と水との化学反応、生体が形成する無機物・有機物などを詳細に観察・分析し、実験や理論などを合わせて研究することで、地球や惑星の物質環境の解明をめざしています。



## 地球と生命の共進化



地球環境変動や生命進化が記録された岩石や化石の観察と分析、生物の遺伝情報の解析などを通じて、地球史における地球環境及び生命の進化、さらにそれらの相互作用にアプローチしています。

## 地球や惑星のダイナミクス

地球や固体惑星の表面や内部で起こっているさまざまな現象を理解するために、フィールド調査や観測、岩石の変形実験、コンピュータシミュレーションなどを行うほか、火山噴火や活断層の研究を通じた社会への貢献もめざしています。



## 地球環境と生命圏



世界各地における自然環境や生態系の調査、海や湖の堆積物の分析などを行うことにより、比較的近い過去および現在の地球環境を理解し、生命圏との関係を明らかにするとともに、将来の環境変動を予測しようとしています。

# カリキュラム

※：地球惑星物理学科開講科目 S：4年でも履修可能 \*：隔年開講

	2年Aセメスター	3年Sセメスター	3年Aセメスター
講義	<b>地球環境学</b> 地球環境と地球環境問題を、地球惑星システム科学の視点から概説する	<b>大気海洋循環学</b> 大気と海洋の熱構造や循環構造を概観し、その仕組みの理解のために必要な基礎知識を概説する	<b>地球生命科学</b> 生命体構造や生命現象メカニズムを学び、生命が地球環境に与えてきた影響を評価する
	<b>地球システム進化学</b> 地球システムの形成・進化を、個体地球-表層環境-生命の相互作用の観点から概説する	<b>地球生命進化学</b> 生物科学、地球科学での古生物学の理論や研究法を学び、地球史での生物の役割を理解する	<b>地球物質循環学</b> 大気-海洋-生命圏間および地球表層-内部間での物質循環と地球環境進化の関係を理解する
	<b>地球惑星物質科学</b> 結晶学と結晶化学の基礎を学び、地球、惑星を構成する岩石・鉱物の特徴や成因を解説する	<b>地球惑星物理化学</b> 地球や惑星を構成する物質の物理化学的状態とその変化を熱力学と反応速度論により理解する	<b>宇宙惑星物質進化学</b> 宇宙の始まりから太陽系の進化、その物理化学を学び、地球と生命が存在する意味を考える
	<b>層序地質学</b> 地球の歴史や様々な地質現象を解明する上で最も基礎となる概念や研究方法を解説する	<b>固体地球科学</b> 地球内部構造、テクトニクスとダイナミクス、およびそれらと地表面の関連性を解説する	<b>回折結晶学</b> 物質構造を原子レベルで解析する方法とその原理を概説する
	<b>自然地理学</b> 地球表層における諸現象を記述・解説する自然地理学の基礎的な概念を解説する	<b>地球環境化学</b> 水溶化学、安定同位体化学の基礎を学び、化学プロセスと地球環境との関係を理解する	<b>構造地質学</b> 岩石変形の基本的概念を解説し、その記載方法ならびに成因を調べるための基礎知識を提供する
<b>固体地球惑星科学概論</b> 地球や固体惑星の表面や内部で起こっている諸現象についての基礎を解説する	<b>固体機器分析学</b> 地球惑星固体物質を調べるための、物理分析の原理と実例を解説し、分析の実際を見学する	<b>人間-環境システム学</b> 人間-環境システムの変化がダイナミックなアジアでの土地被覆変化と環境の関係を考える	
<b>地域論</b> 地理学の諸分野を幅広く知ることを通じて、地域空間の基本的成り立ちを理解する	<b>弾性体力学*</b> 弾性の連続体力学について、その基本概念と基礎方程式の導出・解法について解説する	<b>資源地質学</b> 資源として有用な元素の濃集や鉱床の形成過程について解説する	
	<b>地球流体力学I*</b> 流体力学の基礎原理を学び、地球惑星科学の高度な問題にアプローチする力を身につける	<b>大気海洋物質科学*</b> 大気中物質分布を支配する諸過程、海洋の熱・塩分等の分布・構造と海洋循環などを概説する	
	<b>博物館資料保存論</b> 博物館において資料を良好な状態で保存していくための基礎的な能力を養う	<b>地球流体力学II*</b> 大気海洋など地球流体の運動の基礎的な概念と解析手法を概説する	
		<b>宇宙地球化学</b> 地球や惑星における諸現象の化学的側面を理解する	
		<b>気候システム学</b> 現在の気候システムの形成メカニズムとその地域的特性を理解し、気候の将来予測を展望する	
実習・演習・研究	<b>地球惑星環境学基礎演習I</b> 地球・惑星の大構造、ダイナミクスなどに関する基礎概念を学びつつ数学的な扱いの基礎を学ぶ	<b>地形・地質調査法及び実習</b> 測量、空中写真判読、露頭観察、地質図作成など、地形・地質調査法の基礎を修得する	<b>地球惑星環境学実習</b> それまでの野外実習で得られた試料、データに基づき、各人がテーマを持ち、研究を行う
		<b>造岩鉱物光学実習<sup>S</sup></b> 肉眼、偏光顕微鏡、反射顕微鏡によって地球表層を構成する主要な鉱物の同定法を学習する	<b>地球惑星物理化学演習<sup>†</sup></b> 地球惑星物質の物理化学的状態とそその変化を記述するための熱力学と反応速度論の演習を行う
		<b>地球環境化学実習</b> 野外における試料採取、分析、計算実習などを通して、水溶液、同位体分析の基礎を学ぶ	<b>生物多様性科学および実習</b> 顕微鏡観察や遺伝子解析を通じ、基礎的な分子生物学・微生物学の実験手法の習得を目指す
		<b>地球惑星環境学基礎演習II</b> 計算機での地球惑星環境学の数理的アプローチを習得し、プログラミングとデータ解析を行う	<b>結晶学実習（集中）</b> 結晶解析学を中心にその原理と分析の実例を解説し、X線回折写真を実際に撮影する
		<b>地球生命進化学実習<sup>S</sup></b> 採集した化石の形態観察を通じて、同定方法や様々な解析を行う方法を学ぶ	<b>リモートセンシング・GISおよび実習</b> リモートセンシングおよびGISの基礎について、講義と実習を行う
野外巡検・調査		<b>地球惑星環境学野外巡検I</b> 野外において地球科学の諸現象の観察を行い、地球科学に関する理解を深める	<b>地球惑星環境学野外巡検II*</b> 野外において地球科学の諸現象の観察を行い、地球科学に関する理解を深める
		<b>地球惑星環境学野外調査I</b> 過去の地球表層環境とそその変化を理解するために、適当なフィールドで、約1週間の地質調査を行う	<b>地球惑星環境学野外巡検III*</b> 野外において地球科学の諸現象の観察を習得し、地球科学に関する理解を深める
		<b>地球惑星環境学野外調査II</b> 現在の表層環境理解および水期間水期サイクルに伴う地表環境変動復元のための実習を行う	
		<b>地球惑星環境学野外調査III</b> 火成岩、変成岩、断層岩、鉱床、変質岩の産状をフィールドで観察し、その考察を行う	

野外調査I, II, IIIのうち必ず一つは3年次に受講する

必修科目	選択必修科目	選択科目 (※地球惑星物理学科開講科目)
		<b>4年Sセメスター</b>
		<b>4年Aセメスター</b>
		<b>古気候・古海洋学</b> 第四紀の地球表層環境変動について、タイムスケール、原動力などの概要を解説する
		<b>堆積学</b> 堆積岩の生成環境と生成プロセスを知る事で、地球表層での諸現象の理解を目指す
		<b>地形学</b> 気候地形学的、変動地形学な観点から、地形形成作用と両者の相互作用について議論する
		<b>火山・マグマ学</b> マグマの生成・移動、固結・分化・混合や、噴火の基本的過程を学習する
		<b>水圏環境学</b> 水循環構造や水の使われ方など、水環境の現代的問題の理解のための講義・討論を行なう
		<b>地球史学</b> 地球史における各ステージの地球環境、生物進化を地質学的証拠に基づき実証的に解説する
		<b>先端鉱物学</b> 鉱物のミクロな性質とマクロな地球惑星科学的現象を対比させ、それらの情報を理解する
		<b>惑星地質学</b> 惑星・衛星表面の様々な地質学的な痕跡の実態、その形成プロセス、観測手法を紹介する
		<b>古生物学</b> 化石として発見される生物、とくに動物の形態や分類について解説する
		<b>地球惑星環境学演習</b> 地球惑星環境学に関する英語論文の講読を通じて、科学論文の論理構成を学ぶ
		<b>地球生態学および実習</b> 干潟と森林での現地実習をもとに、生態系の非線形応答、フィードバックなどを議論する
		<b>岩石組織学実習I</b> 火成岩、変成岩を構成する鉱物と組織の特徴を、実習を通じて理解する
		<b>岩石組織学実習II</b> 堆積岩の岩石組織、構成鉱物、堆積構造、続成変質の特徴を明らかにする方法について学ぶ
		<b>地球惑星環境学国際研修<sup>†</sup></b> 招聘した海外研究者による講義や野外巡検を行う
		<b>臨床理学実習<sup>†</sup></b> 現地実習を通じて環境・資源問題や災害対応等の理解を深め、公的機関や企業等の実務現場で根本的問題を学ぶ。

# カリキュラムQ&A

理学部には地球惑星環境学科と地球惑星物理学科がありますが、どう違うのでしょうか？

「地球や惑星における諸過程、諸現象の理解を目指す」という意味では、その目的や対象は似ています。異なるのは、その目的を達成するための手法です。地球惑星物理学科が数値解析や物理学的手法によって現象を理解する教育に重点を置くのに対し、地球惑星環境学科では野外において直接観測したり、諸現象を記録するための野外調査教育に重点を置いています。また採取した試料の分析を行なう上で必要な化学・生物学の教育にも力を入れています。

地球惑星環境学科に進学するためには駒場でどのような勉強をおくべきでしょうか？

地球惑星環境学は物理・化学・生物学の複合した総合的な学問であるため、駒場ではそれらすべての基礎的なことをきちんと理解することが大切です。また、物理や化学を支える数学の基礎的なことを勉強することも大切です。

全科類枠で文科系からの進学が可能とありますが、進学後に困ることはありませんか？

進学後の授業については、駒場2年Aセメスターの授業で地球惑星科学の基礎から学ぶことができますが、その時点である程度の理系科目の基礎は修得していることが望まれます。当学科でカバーしている分野は多岐にわたるため、進学前に駒場の基礎科目および総合科目の数理科学、物質科学、生命科学を受講する事により、広い理系科目の知識を身につけておくことをお勧めします。

地球惑星環境学科ではフィールド調査や巡検で時間が拘束されるのでは。

3つの野外巡検と3つの野外調査がありますが、3年4月初旬の野外巡検I（必修）と、3年夏休みの野外調査I-IIIから最低1つの履修が必須なので、野外調査は3年次に2回履修すれば卒業できます。野外調査は、基本的に夏休みにおよそ1週間程度の日程で行なわれます。それぞれの実習の日程が重ならないように配慮していますので、体育会所属の学生でも日程と興味を考え合わせて選択する事ができます。

# Field Trip

[フィールドトリップ：野外巡検]



**地** 球環境の変化というのは、なかなか実感できないものです。それが過去の変動であればなおさらです。百聞は一見にしかず。だから地球惑星環境学科では、フィールド教育に力を入れています。野外において自然の営みや自然が長い時間をかけて作り出した地形、地層、岩石、鉱物、化石を観察し、そこから不思議なことを見つけ出し、それを解明していく、その一連の過程をぜひ体験してもらいたいです。

地球惑星環境学科では、3つの野外巡検(巡検Iは必修、II、IIIは選択必修で隔年開講)と3つの野外調査実習(一つの履修が必須である選択必修)プログラムを用意しています。野外巡検Iは一泊二日の短期巡検で、本郷に進学後すぐの4月に行なわれます。進学生の多くにとって初めての地球科学の野外観察となるこの巡検では、千葉県房総半島あるいは静岡県伊豆半島を訪れ、露頭から科学的な情報を抽出する初歩的なプロセスを経験してもらいます。野外巡検II、IIIは一週間程度の



長期の巡検で、より遠方の地域を訪れ、関東周辺では観察できないような地球科学のさまざまな現象に接することを目的としています。2010年以降では、ハワイ(2010年度)、韓国(2011年度)、オーストラ

リア(2012、2014、2018、2023年度)、フィジー(2013年度)、ベトナム(2015年度)、イタリア・シチリア島(2016、2022年度)、中国・雲南(2017年度)、マレーシア・ボルネオ島(2024年度)で巡検を実施しました。また海外だけではなく、年度によっては、北海道や東北地方など、日本国内の地球科学的に重要な地域を訪れることもあります。

現在、地球惑星科学分野でも、さまざまな最新の分析・解析手法が取り入れられて研究が行なわれていますが、その一番の基礎は野外での観察・データ収集であることに変わりありません。例えば、いくら数理的なデータ解析や物性や化学組成分析の手法が進歩しても、実際にその元となるサンプルの出所についての確かな理解がなくては得られる結論の妥当性に疑問が残るでしょう。地球惑星環境学科では、皆さんがそのような一次的なデータを野外でしっかりと取得できるような教育を行なう事を目指しています。これらの巡検を通して、皆さんがフィールド科学の面白さ、大切さを学ぶことを期待しています。



野外巡検I 房総半島における更新世の規模斜交層理の観察



野外巡検I 房総半島における海岸段丘



フィジー巡検 タワタンジ村で地元の方と一緒にの記念写真



ボルネオ巡検 バコ国立公園でのマングローブ林や海岸線の観察



ボルネオ巡検



野外巡検I 房総半島での衝上断層とデュープレックス構造の観察



野外巡検I 房総半島養老渓谷



ベトナム・カットバー島にて、下部石炭系石灰岩露頭を観察

## 【海外野外巡検スケジュール (2025年マレーシア・ボルネオ島クチンの例)】

3月2日	日本を出発、クチン着
3月3日	石灰鉱山、鍾乳洞や砂泥互層の露頭を見学
3月4日	ジャングルのトレッキングの後、白亜紀や三畳紀の路頭見学
3月5日	バコ国立公園でボートに乗り、マングローブなどを見学
3月6日	セメンゴ・自然保護区にて野生生物の生態系を観察した後、空港で解散

## 海外巡検を通しての交流

海外巡検では現地の先生や大学生と交流するのも巡検の大きな目的であり、また楽しみのひとつでもあります。普段、接することのない人たちと英語を使ってコミュニケーションを取り、交流を深めます。



オーストラリア巡検では、食事を自分たちで用意することもありました。オーストラリア国立大学の先生らとみんなで調理し、楽しい夕食の時間になります。

食事の時間は、その日に実習で見た内容を復習する時間にもなります。



## 学生のコメント

5日間にわたるボルネオ島巡検は、大学生活の中でも特に刺激的な体験となりました。クチンという街を拠点に、さまざまな場所を訪れる中で、現地の豊かな自然と独特の地質に触れることができました。

たとえば、現在も採掘が続く石灰鉱山では、運営会社のご厚意によりジュラ紀の石灰岩を間近で観察した他、鍾乳洞では鍾乳石や石筍がどのように形成されるのかを学びました。さらに、ボルネオ島ならではの熱帯特有の自然現象も数多く見る事ができました。日本の温帯地域と比べ、露頭が激しい風化作用を受ける様子や、有機物から生じる「腐食酸」の影響でジャングルを流れる川が赤茶色に変化する光景は、ここでしか体験できない印象深いものでした。加えて、マングローブ林の散策、野生の猿やオランウータンを間近で観察できたこと、そして毎日のように堪能した日本では馴染みのない現地料理も大きな魅力でした。

本学科では、幅広い分野の講義と実習が充実しており、関東周辺での野外調査の他、今回のような海外巡検など、多彩なプログラムが用意されています。実習では学生同士が協力して課題に取り組むことが多く、議論を重ねながら理解を深めるとともに、実践的な学びを得ることができました。

野田 舜 (修士2年, 2023年度卒)



# Field Work

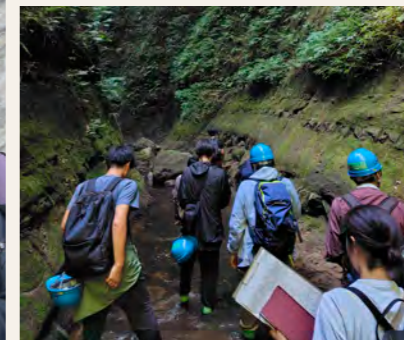
[フィールドワーク：野外調査]



神奈川県城ヶ島で地質調査の基本を学ぶ。ここでは、砂泥互層がきれいに露出しており、褶曲や断層のようすがはっきりと観察できる。



地層の向きや傾きを計測して、それを地図上にプロットして行く。



環境学実習用に、地下水のサンプリングをすることもある。



「野外調査Ⅲ」では、浅間山の噴出物の調査を行う。



中央構造線付近の地形データをドローンを使って収集している様子。

**3** 年夏に行なわれる野外調査I、II、III実習では、地球科学のさまざまな側面について、関東近郊で4-5日の野外調査を行います。3年Sタームの地形地質調査法実習(必修)で学ぶ地形調査の基礎に基づき、観察やデータの収集、分析のための試料収集を行います。これらのデータや試料を用いて、3年冬の必修科目である地球環境学実習で、さまざまな分析や解析、図学などの作業、まとめや考察を行います。

野外調査Iでは、堆積岩の地質調査を通して、地質層序の編み方、地層の観察法、地質図作製法の基礎を学び、その具体的な応用法を学習します。野外調査IIでは、特に地形などの地理的事象の調査法を学びます。海岸での堆積・浸食作用や河川により形成された地形などについて理解を深めるとともに、測量



などの基礎的調査技術を身につけることを目的としています。

そして、野外調査IIIでは、火成岩、変成岩の地質調査を通じて、秒～一億年の様々な時間範囲で地球の内

部や表層で作られた地質や岩石の産状の観察を行い、岩石記載、組織・構造解析、物性測定を通して諸現象についての考察を行います。これらの実習を通じて、皆さんに野外調査の基礎を習得してもらいます。



## 【国内野外実習先】

### 2024年度◎

4/27, 6/15-16[地形・地質調査法および実習]神奈川県(鶴岡、城ヶ島)、8/1-6[野外調査I]千葉県(鴨川市千葉演習林/清澄山)、9/3-7[野外調査II]茨城県(神栖市、行方市、かすみがうら市、鹿嶋市)・千葉県(旭市、千葉市、佐倉市)、9/17-22[野外調査III]埼玉県(長瀬、釜伏山)・群馬県(浅間山)・長野県(伊那市)

### 2025年度◎

4/1-3[野外巡見I]静岡県(伊豆、下田)、4/29, 6/21-22[地形・地質調査法および実習]神奈川県(鶴岡、城ヶ島)、8/1-6[野外調査I]千葉県(鴨川市千葉演習林/清澄山)、9/27-30 [野外調査II]栃木県(日光、足尾銅山跡地、渡瀬遊水地)・茨城県(古河市)・千葉県(関宿、屏風ヶ浦)、9/18-23[野外調査III]埼玉県(長瀬、釜伏山)・群馬県(浅間山)・長野県(伊那市)、9/3-8[野外巡見III]北海道(中川町、幌延町、利尻島、礼文島)

## ■過去の調査地域

(2020年度はCovid19の影響で中止)



## 【野外調査実習スケジュール(2024年度「野外調査I」の例)】

初日	10:30 安房天津出発 12:00 七里川本流と濁川で露頭観察後、歩測、ルートマップ、柱状図データ取得 17:30 夕食 19:00 宿舎にて濁川地質図と柱状図清書。
2日目	8:00 朝食 8:30 本流から池の沢中流のルートマップ、柱状図データ取得。鍵層の位置確認と断層破砕帯の探索 17:30 夕食 19:00 鍵層と断層から地質図作図。翌日のルートの予習
3,4日目	スケジュールは2日目と同様 調査対象は、池の沢中～上流と本流の残り、3日目に尾根越えあり
5日目	やり残した部分の補足データ取得。環境学実習のための試料採取夜バーベキュー
最終日	図学、補足データ取得。午前中に安房天津駅にて解散

## 野外調査を通しての交流

野外実習を通して、学科内の学生同士や教員と仲が良くなるのも地球惑星環境学科の特色です。1学年の人数が約20名なので、お互いを知るにはちょうどよいサイズです。様々なところへ学科の仲間たちと出かけたこと自体が思い出になり、その後、一生の友人になるはずですよ。



実習から帰ってきて、夕食の時間のおとで、データ整理や図学を行います。教員も学生も苦楽を共にすることで、お互いの交流が深まります。



実習では、バーベキューが行われることもあります。

## 学生のコメント

環境学科の特徴は、地球科学に対して物理、化学、生物など様々な方向からの多角的なアプローチを学ぶことです。授業は地球化学、気候学、古生物学、鉱物学、地形学など幅広い選択肢の中から自分の興味に応じて履修をすることができ、そこで得た基礎知識には、研究者の道を歩むにしても就職を選ぶにしても様々な場面で助けられます。また、座学だけではなく野外調査や実験も多く開講され、講義で学んだ理論を現場で実践する機会が豊富にあることもこの学科の特徴です。環境学科は少人数の学科であり、グループワークなどを通して学生同士で仲良くなれるのはもちろん、実習では学生に対する教員の人数が多く、疑問に思ったことも気軽に尋ねられるとても居心地の良い環境です。地質学の知識がほとんどない状態で進学する学生は私も含めて珍しくないですが、初めてのフィールドワークでも先輩や教授が丁寧に指導してくださるので楽しく取り組むことができます。



上倉 寛紀(修士2年、2023年度卒)

# 生命科学について学ぶ実習

フィールドおよびラボでの作業・解析を通じて、現在の生物・生態系や、地球史を通じたその進化を学び、長い時間軸に沿った生物進化の概念を養います。また、生物と環境との相互作用に基づいた地球表層環境の進化についても考えます。



「地球生命進化化学実習」では、貝化石の露頭での観察や採集、その種の同定やそれに基づく古水深の推定などを行います。



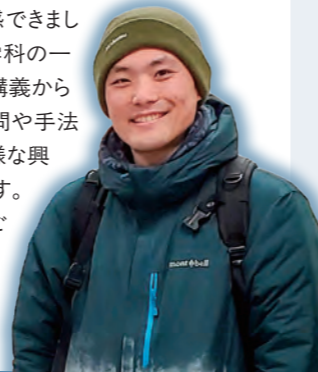
「生物多様性科学および実習」では、理学部附属小石川植物園で堆積物の採集を行います。堆積物から環境DNAを抽出し、その配列を読み取り、微生物群集構造や微生物代謝様式を決定します。培養実験や環境化学実習で調べた堆積物の物理化学環境との比較から、環境と微生物生態系の関係を調べます。



「地球生態学および実習」では、干潟の地形・底質や底生物の分布についての野外調査や、採取した試料を用いての生態学的解析などを行います。

## 学生のコメント

私は化石から動物の形態進化の研究をしたいと考えていました。その長い時間スケールを捉え、様々な空間スケールの事象を結びつけることもできる、生物・地質・地球化学・大気・海洋などの多角的観点を地球惑星環境学科で学ぶことができます。実習では、自分の手で採集した化石や生物と、露頭の観察・地形の測量・環境化学的な測定などのデータを合わせて、その場の生物の活動や環境との相互作用、時間を追った変化を明らかにする面白さを体感できました。自然に直接触れて学べることは本学科の一番の魅力だと思います。幅広い分野の講義からは、研究を進める身になっても新たな疑問や手法の着想を得ることもあり、それぞれに多様な興味を持つ学生からも大いに刺激を受けます。アットホームな環境で先生方は丁寧にご指導くださるので、自分には慣れない分野でも、また興味を持った点についてより深くも、楽しく学ぶことができました。



小山 誠也(修士2年, 2023年度卒)

## RECOMMEND

### 教員が勧める地球惑星生命科学について深く学べる講義・実習

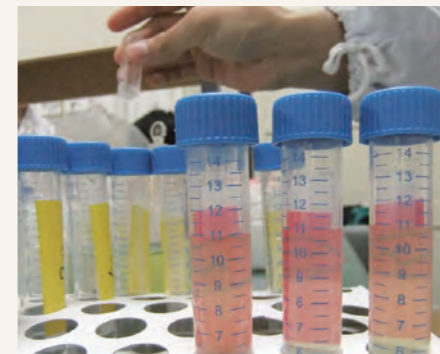
- 地球生命進化化学
- 地球生命進化化学実習
- 地球生命科学
- 生物多様性科学および実習
- 古生物学
- 地球史学
- 水圏環境学
- 地球生態学および実習
- 野外調査II

# 環境科学について学ぶ実習

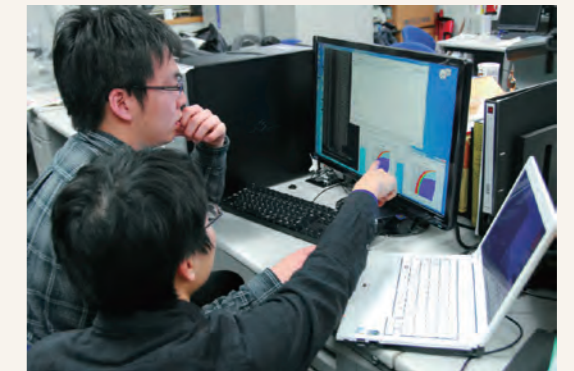
実験や試料の化学的分析を通じて現在および過去の環境の様々な側面について学ぶことにより、現在の環境を地球環境進化史の中に位置づける視点を養い、またそれを基に未来の地球環境のあるべき姿について考えます。



「地球環境化学実習」では、野外調査により採取した固体や水試料の化学分析法を学びます。また大気中の水蒸気量の測定実験と理論的考察を行います。



「野外調査II」で採集した各地の温泉水の分析も行われます。



「地球惑星環境学基礎演習II」では計算機を使った数値シミュレーションの基礎を学習します。

## 学生のコメント

地球惑星環境学科では、地質をはじめ、地形、鉱物、地震、火山、古生物、環境、地球システムなど、幅広い分野を学ぶことができます。広範な座学に加え、多様な実習や巡検、野外調査が行われ、自身の五感を通して自然を捉えることができる点が、この学科の大きな特徴であり強みです。室内実験では、必要な手順や考え方、実験器具の操作方法、測定装置の仕組みを学びます。また、巡検で採取した天然試料を自ら調整して観察する実習や、野外調査で観察した露頭をもとに地質図を作成する実習もあります。こうした実践的な経験は、実際の研究活動にも大いに役立ちます。野外調査を通じて得られた試料や情報の解析には、物理、生命科学、生物学、さらに解析に重要な統計やプログラミングなどの講義や実習で基礎を学べます。さらに理解を深めたい場合は、他学部の講義の履修で補うこともできます。



周藤 俊雄(博士2年, 2021年度卒)

## RECOMMEND

### 教員が勧める地球惑星環境科学について深く学べる講義・実習

- 大気海洋循環学
- 地球環境化学
- 地球環境化学実習
- 地球物質循環学
- 人間-環境システム学
- 資源地質学
- 気候システム学
- リモートセンシング・GISおよび実習
- 古気候・古海洋学
- 堆積学
- 地形学
- 水圏環境学
- 地球史学
- 野外調査I,II

# 地球や惑星の構成物質・ダイナミクスについて学ぶ実習

地球や他の惑星を構成する岩石・鉱物・生体物質の観察、化学・構造分析、また環境変動の内部原因となる地震・火山・地殻変動について地形や岩石・地層に記録された変形・破壊・流動・熔融などの理論、観察・観測、実験などの方法を学びます。延長として自然災害予測・防災についても考えます。



「造岩鉱物光学実習」では、実際の岩石・鉱物試料を手に取りその物理的特徴を捉えたり、偏光顕微鏡を用いて光学的性質を利用した鑑定作業を行います。



「結晶学実習」では、X線や電子線回折実験を通して、結晶が持っている性質を学習します。

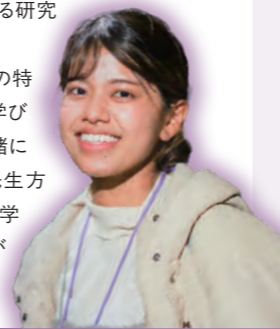


「野外調査Ⅲ」では、富士山の火山灰層から試料を採集し、その粒度分布から噴火のダイナミクスを推測します。

## 学生のコメント

地質や岩石、鉱物から地球や宇宙の歴史を紐解いていくこれらの授業・実習は、最も地球惑星環境学科らしいかもしれません。野外に赴いて観察する堆積物の層序や岩石の様々な構造、顕微鏡をのぞいて見る鉱物の形や配列などを通して、自分の手の届かない遥か遠くに思いを馳せるのはとてもロマンがあります。私にとって最も印象的だったのは3年生の夏休みに開講される野外調査Ⅲで、火山の噴出物の粒度分布から噴煙のダイナミクスを推定したり、岩石の持つ脈の構造から岩石が地下で変形を受けた順番を考察したりするのがとても興味深く、これをきっかけに固体地球に関する研究がしたいと思うようになりました。

実習やフィールドワークが多いのが環境学科の特徴の一つで、現地に赴いて本物に触れることで学びを深めることができます。比較的少人数かつ一緒に過ごす時間が多いため、学生同士、さらには先生方や先輩・後輩と仲が良いのも特徴です。環境学科で過ごした時間、ここで得た人間関係はかけがえのないものであると感じています。



鈴木 慈苗 (修士1年, 2024年度卒)

## RECOMMEND

### 教員が勧める地球惑星物質・ダイナミクスについて深く学べる講義・実習

- 固体地球科学
- 地球惑星物理化学
- 宇宙惑星物質進化学
- 地球物質循環学
- 回折結晶学
- 地球環境化学
- 地球惑星物理化学演習
- 野外調査Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ
- 結晶学実習
- 造岩鉱物光学実習
- リモートセンシング・GISおよび実習
- 岩石組織学実習Ⅰ,Ⅱ

# [ 研究紹介 ] Research Introduction

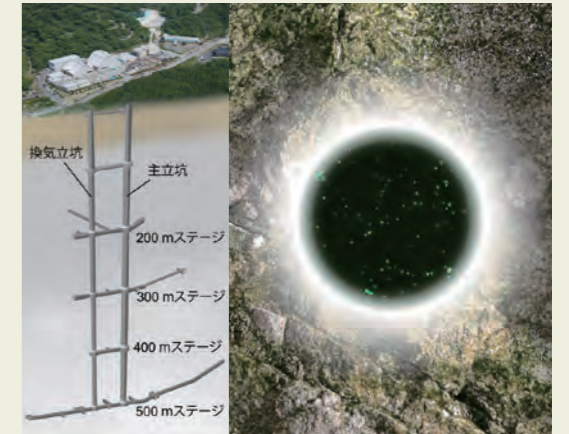
## 研究紹介 01 地球が生み出す生命と資源 (鈴木庸平准教授)

地球は他の太陽系天体と異なり、プレートテクトニクスと花崗岩の形成を特徴とします。また、地球は生命の存在が知られる唯一の星です。

惑星スケールの生命と地球の相互作用を、生命誕生当時の地球や火星などの天体を対象に含めて研究を行っています。特に力をいれているのは、現在の地球上の生命を理解するために、まだ未開のフロンティアである「深海」と「地底」に潜水艇や地下研究所を用いて直接アクセスし、採取した試料を調べて実態解明しています。また、残りの3大フロンティアである「宇宙」に行き、将来の地球外生命探査を担う人材を育成しています。

プレートテクトニクスと花崗岩の形成は、日本やその周辺に燃料や鉱物資源をもたらします。海底資源が注目されていますが、近海では海底熱水鉱床、マンガングラスト、およびメタンハイドレートなどが豊富です。これらの鉱床の生成には、海洋プレートの沈み込み、それに伴う島弧の火山活動ばかりではなく、微生物活動などの様々な要因が関係していると考えられていますが、そのプロセスの多くは不明な現状です。

我々が暮らす地球の数多くの謎を明らかにするために、地球科学が得意とする固体分析技術と生命科学が得意とするゲノム解析技術を融合して、最先端の科学データを提供する技術と共に、一流の国際誌に論文掲載するために必要な能力を身につけるための指導に力をいれています。



岐阜県瑞浪超深地層研究所の地下坑道で掘削して生態系調査を行っている。上図は岩盤を構成する花崗岩の写真に地下微生物の蛍光顕微鏡写真を重ね合わせたもの。



NHKサイエンスZEROで放映されました(NHK公式ページから)

## 研究紹介 02 地球史最初の10億年に迫る (飯塚毅准教授)

同位体の記録は、約38-35億年前には地球に生命が存在していたことを示しています。一方、地球はその形成時(約45億年前)に超巨大衝突を経験し、マグマの海に覆われていたと考えられています。それでは、地球はどのようにして灼熱地獄から、生命を宿す星に変わってきたのでしょうか？我々は、この地球史最初の10億年間の進化を解読するために、地球上に僅かに残されている35億年前よりも古い岩石・鉱物試料を用いて研究を進めています。

地球上で起きる様々な地質学的過程の痕跡は、岩石・鉱物の化学組成や同位体組成に記録されます。例えば、水岩石反応の痕跡は岩石・鉱物中の僅かに重い酸素同位体組成に反映されます。そこで、初期地球進化を解読するため、初期地球岩石・鉱物試料について高精度の化学・同位体分析を実施しています。これらの研究により、45億年前にはマグマオーシャンは固化し、42億年前には海洋が存在していたことがわかりつつあります。

また、地球の起源や最初期進化を調べるため、隕石や探査機によってもたらされる地球外天体の試料についても分析が進められています。2020年には、はやぶさ2によって小惑星の岩石試料が持ち帰られる予定であり、それらの試料から太陽系・地球の初期進化について新たな知見が得られるでしょう。このような地球・生命の起源と進化の謎に迫る学問に興味のある人、さらには、自らの手でその謎を解明したい人を待っています。



世界最古のカナダ アカスタ岩体における調査風景



高精度化学・同位体分析に必要なクリーンルームでの化学分離作業

## 研究紹介 03 地球史と人類史における巨大イベントと災害(後藤和久教授)

地球史上では、天体衝突や大規模火山噴火、巨大地震・津波など、様々な巨大イベントが起きており、イベント堆積物として地層中に痕跡が残されています。イベント堆積物を調べることで、当時どのような現象が起きたのか、数億年前であっても実態に迫ることができます。約6600万年前の白亜紀／古第三紀境界における天体衝突と大量絶滅が、その代表的な事例と言えるでしょう。

巨大イベントは、人類が文明社会を発展させてきた完新世においても、頻度は低いものの発生した、あるいは将来にかけて発生する恐れがあり、低頻度巨大災害として認識されています。

2011年東北地方太平洋沖地震津波が発生した際も、事前に行われていた869年貞観地震津波に関する地質学的研究が大きく注目されました。過去に起きた巨大災害により文明や文化の衰退につながった事例も報告されています。

このように、巨大イベントの履歴と規模を過去に遡って調べることで、地球史の解読に結びつくとともに、今を生きる我々がどのような災害をどの程度の頻度で受けるのかというリスク評価にも結びつくため、実社会に直接的に貢献することもできます。

過去の巨大イベントと災害に迫るには、フィールド調査が欠かせません。素晴らしい景色や、巨大イベントが残した驚くべき地質痕跡を目の当たりにすることができます。さらに、高度な分析技術や最先端の数値計算技術を用いることで、その実態に迫ることができます。



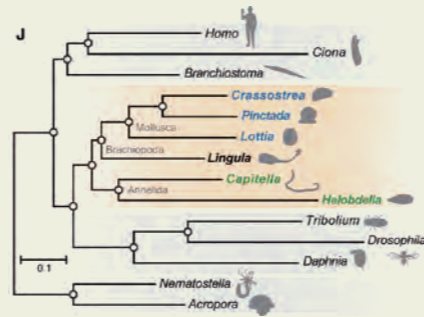
1771年明和津波で打ち上げられた巨大サンゴ岩塊(石垣島)

## 研究紹介 04 ゲノムから探る「カンブリア紀」の爆発(遠藤一佳教授)

大祖先に由来する普遍遺伝暗号、GOE以降獲得されたミトコンドリア、デボン紀の魚に由来する5本の指など、生物進化の痕跡は私たちの体の隅々にまで刻まれています。そのような進化史の究極の貯蔵庫がゲノム(細胞中のDNA全塩基配列)です。逆に、様々な時代に分歧し現在に至る生物のゲノムを比較することで、生物の系統関係や、生物と環境の相互作用の歴史(=進化)を推定することができます。

今から約5.4億年前に始まるカンブリア紀前期のたかだか数100万年間で現在の地球に生息する大部分の多細胞動物が示す基本的な体のつくり(ボディプラン)が爆発的に成立・分化しました(「カンブリア紀の爆発」)。様々な動物門があまりに急速に分化したため、その進化プロセスを復元することは困難でしたが、その時に分化した動物のゲノムを解読し、数多くのデータを比較することで、ようやくその分歧の順序を明らかにすることができます。

また、「カンブリア紀の爆発」では、ボディプラン進化の一環として硬骨格が登場しましたが、その背景にある発生遺伝学的な基盤もゲノム解読に続く遺伝子解析により明らかになってきました。しかし、例えば同じengrailed遺伝子が軟体動物と腕足動物の貝殻形成に関与しているが、どうやらこの遺伝子はそれぞれの門で独立に貝殻形成にリクルートされたらしいことも分かり、解決すべき新たな謎も生じています。



ゲノム解読された動物の150遺伝子46,845残基のアミノ酸配列をもとに推定された動物の系統関係。腕足動物(Brachiopoda)は環形動物(Annelida)よりも軟体動物(Mollusca)に近い(Luo et al., 2015)。

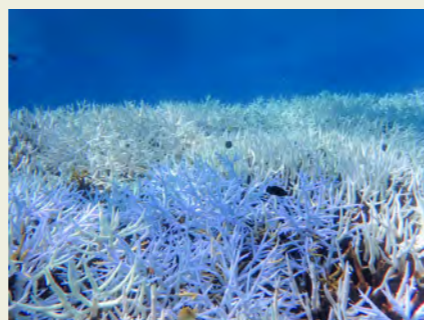
## 研究紹介 05 近年の温暖化にともなう生態系の変化と人間社会の対応(山野博哉教授)

産業革命以降、人間は地球環境を大きく改変してきました。地球温暖化に伴う水温上昇によって、沿岸では熱帯域でサンゴの白化による衰退が、温帯域で藻場の衰退とサンゴの分布北上が起っています。また、海面上昇によって島嶼国が水没してしまうことも懸念されています。いくつかの島嶼国は、地形形成史の調査から、サンゴのかけらからできていることが明らかになっています。サンゴの変化は島嶼国の国土の維持にも影響するのです。

私たちは、環境問題に地球科学の視点から迫ります。過去からの水温や生物の記録を集め、フィールドでのモニタリングを行うことによって変化を実証することができます。また、気候モデルの出力結果を用いて、将来予測も行うこともできます。

変化に対して社会はどう対応するのでしょうか。熱帯のサンゴの衰退を止めるために、どこをどのように守ればよいのでしょうか。温帯では、失われていく藻場を守るべきでしょうか、それとも新たに増えるサンゴを積極的に利用するべきでしょうか。そもそも、変化は人々に認識されているのでしょうか。地球科学の知見をもとにさまざまな問いがあらわれ、学際的な研究や社会との対話が広がっていきます。

地球科学は人間社会と強くつながっています。基礎から応用まで、幅広い地球科学の魅力を感じていただければと思います。



2016年夏の高水温により白化したサンゴ(沖縄県宮古島、八重干瀬)

## 研究紹介 06 脊椎動物の形態進化(平沢達矢准教授)

脊椎動物の系統では、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類と、さまざまな形態が進化しています。過去にさかのぼってみると、恐竜や板皮類魚類のような、現在では見られない形態を持つ脊椎動物もいました。これらの、現在、過去の動物たちの体はどのように進化してきたのでしょうか?

私たちは、それを調べていくために、まず、化石の研究をしています。化石記録は過去の生物についての唯一の直接証拠であり、現生種を用いた比較や実験的検証では解明できない、過去を含めた形態的多様性や過去の進化可能性についての手がかりとなります。特に脊椎動物は、骨格が化石として保存され、それらの相同要素・部位の対比が可能であるため、形態進化の歴史、性質、機構の解明を進めていくのに適した研究対象です。最近では、従来は観察することができなかったような化石の組織微細構造までもシンクロトロン放射光X線マイクロCTを駆使して精密に可視化できるようになり、これまで挑めなかった謎の解明も進めていくことができます。

それから、現生種で体のかたちができる過程を研究して、体のかたちの進化はどうやって起きるのかの解明も進めています。そのために、異なる体のかたちを持つ動物を用いて、細胞レベル、遺伝子レベルでの比較をしたり、仮説を検証するための実験を行なっています。このような分野を進化発生学と呼びます。

従来は、古生物学と進化発生学はそれぞれ別の研究室で進められるものでした。しかし、古生物学から生まれるアイデア、あるいは進化発生学で生まれるアイデアを両方も活かしていかないと、「どのように進化してきたのだろうか?」についての理解はなかなか進みません。そのために、私の研究室では、古生物学と進化発生学の異分野融合をしながら研究を進めています。



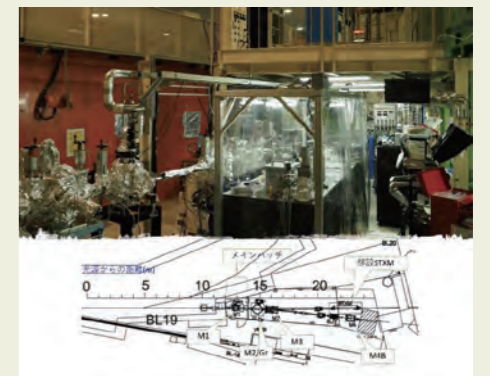
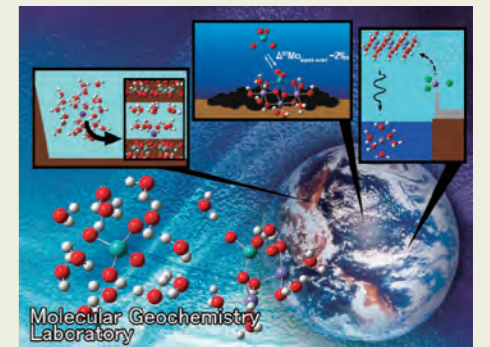
白亜紀の獣脚類恐竜マイクロラトルの化石と発生中のペンギンの胚

## 研究紹介 07 分子地球化学:元素から探る、太陽系・地球・環境・資源(高橋嘉夫教授・板井啓明准教授)

惑星や地球はいうまでもなく元素からできている。各元素にはそれぞれ個性があり、その個性を理解すると、あらゆる元素の挙動が系統的に理解できるようになる。物質の実際的な最小単位である原子・分子を極めて、太陽系・地球・環境・資源のマクロな現象を知る・予想する、これが「分子地球化学」である。

元素の性質を考え尽くすと、その思考は空・海・陸の物質のマクロな空間的境界を超越する。我々は、周期表に含まれる全元素の、気体から固体へのなり易さ(揮発性)、金属・イオン・共有結合の作り易さ、イオン半径と配位数、ケイ酸塩への分配、水への溶解性、固液界面での反応などを極めることで、惑星の形成過程、地球の進化、資源の濃集、地球温暖化・気候変動、元素と生物との関係、有害元素の挙動などが分かる。最近のトピックスとしては、「火星隕石の分子地球化学による火星表層環境の推定」、「Rb同位体比を用いた海水量の推定(上図左)」、「日本最大のレアアース資源の発見」、「海底資源への元素の吸着機構や同位体分別機構の解明(同右)」、「PM2.5中の鉄が気候変動に与える影響(同中)」、「太平洋環礁の環境化学」、「水環境の進化と生体必須元素・毒性元素の関係」、「魚類中の水銀同位体比から探る海洋循環」、「放射性セシウム・ヨウ素の環境中での移行」、などがある。これらは一見何も関係がなさそうに見えるテーマだが、実はそうではない。いずれも各学生さんが地球惑星・環境における全元素の挙動・循環を考える際に感じた疑問を具体化したテーマであり、発想の根源は地球惑星・環境の周期表からの理解なのである。

こうした研究を進めるためには、地球・惑星・環境試料中の原子・分子や同位体の情報を知る手法の開発も重要である。世界最高感度のX線吸収微細構造(XAFS)法、炭素などの局所官能基分析が可能なナノX線顕微鏡(下図)、高度な化学分離を伴う重元素同位体比分析などの開発が、分子地球化学の研究を可能にしている。



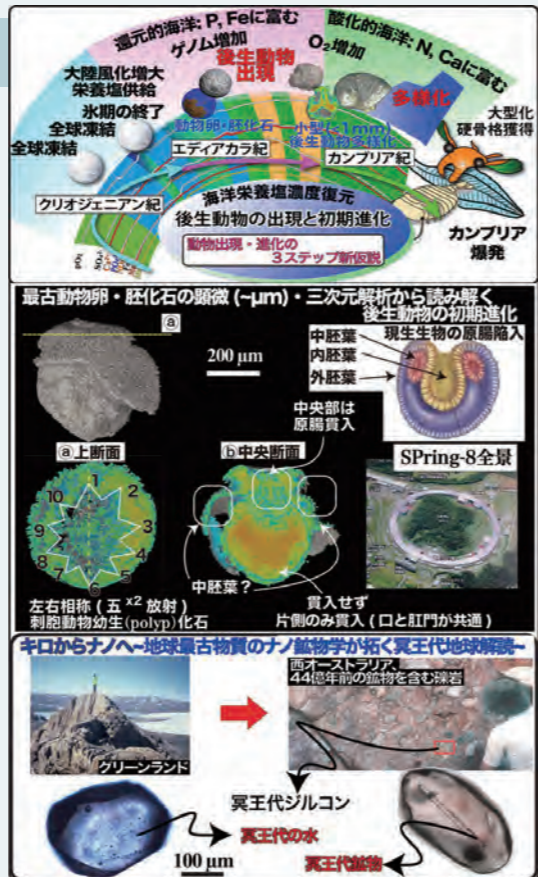
2019年3月に高エネ研に完成したナノX線顕微鏡

# [研究紹介(大学院)]

地球惑星環境学科を卒業した後、大学院地球惑星科学専攻ではより広い分野の研究を行うことができます。ここでは地球惑星環境学科以外の大学院担当教員が実施している研究を2例紹介します。

## 研究紹介 01 生命・地球進化解読 (総合文化研究科:小宮剛教授)

地球は高等生命が躍動する唯一の天体です。その生命溢れる星がどのように生まれ、進化し、今日に到ったのかは、私たち人間が知識を有して以来ずっと考えてきた問題であり、未だ到達できない課題でもあります。生命・地球進化の解明には、地球科学がもつ時間軸を含めた思考が必須であり、地質学や古生物学に加え、地球物理学、岩石学、地球化学、地球生物学、惑星学といった分野横断型の総合科学を必要とします。私たちは、世界の主要地質体の地質調査から放射光施設を用いたナノ分析までシームレスに研究することで、特に初期地球とカンブリア爆発を物質学的見知から解読する研究を行っています。



## 研究紹介 02 多様な地球外物質から探る惑星物質の進化過程 (総合研究博物館・三河内岳教授)

私たちが暮らす地球や太陽系はどのようにして現在の環境になったのでしょうか？私はこの疑問に答えるために地球惑星環境学の「惑星」の部分に興味を持って地球外物質の研究を行っています。地球外物質には様々な種類がありますが、主要な研究対象は隕石です。ただ隕石と言ってもその起源は多様で、小惑星から来たものがほとんどですが、中には火星や月から飛来したものもあります。これらの地球外物質は地球の岩石と同じく鉱物・結晶を基本単位に構成されています。これらの物質をマイクロに分析することで約45.67億年前の太陽系誕生から現在までに様々な天体で起こったマクロな出来事を明らかにすることができるのです。

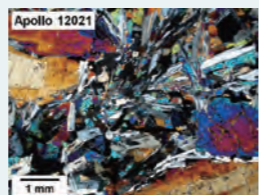
例えば、火星隕石はこれまでに100個くらい見つっていますが、いずれもマグマが冷えて固まった火成岩です。主要な構成鉱物は輝石やカンラン石で、地球の玄武岩などによく似ています。電子顕微鏡や放射光X線を用いた分析により、これらの鉱物がどのようなマグマ冷却過程を経て形成されたかを明らかにし、火星に存在したマグマ溜まりの構造をモデル化しています。また、火星隕石は火星に巨大隕石が衝突して、表面近くの岩石が宇宙空間に放出されたものですが、その際に特殊な高温・高圧状態を経験しています。このような衝撃変成過程は多くの隕石で見られ、天体の形成史における重要な素過程になっていることが分かっており、私たちは衝撃実験などを組合せて研究を行なっています。

もちろん隕石だけでなく、人類が自ら探査機を飛ばして地球外の天体から持ち帰ったサンプルリターン試料も重要です。最近では、アポロ計画により月から持ち帰られた試料を用いて、マグマオーシャンが固まった時の環境推定を試みています。また、2020年には、日本の小惑星探査機「はやぶさ2」が小惑星リュウグウから試料を持ち帰りますが、初期分析チームで、その試料分析にも従事する予定です。

これらの多様な地球外物質の物質科学的研究により、太陽系での物質進化、天体進化を解明するのが研究テーマで、私が所属している総合研究博物館所蔵の岩石・鉱物試料を活用しながら研究を進めています。



火星隕石の衝撃変成模擬実験



アポロ計画で採集された月試料(玄武岩)の偏光顕微鏡写真

# [卒業論文]



「手のひら小惑星」のシンボルマーク

## 微惑星の水質変成における有機物進化の複雑性：「手のひら小惑星」実験から見てきたこと

松本 有香子 (2024年度卒業)

幼少期から漠然と宇宙が大好きでした。大学に入学し、前期課程(駒場)で受けた講義をきっかけに、宇宙の中でも、特に太陽系に興味を持つようになりました。そして進学選択では、太陽系や惑星の謎に対して、実証的なアプローチができる地球惑星環境学科に進学しました。進学後、学科の授業を受けるうちに、地球外物質、中でも小惑星サンプルや原始的な隕石に惹かれるようになりました。そこで、太陽系の起源と初期化学進化をテーマに研究されていて、また、私が太陽系に興味を持つきっかけとなった駒場での講義を担当されていた橘吾吾教授にご指導いただくことにしました。



Bennu 試料を分析用に取り分けしている様子

小惑星サンプルや原始的な隕石は、太陽系内の小さな天体に由来し、太陽系初期の情報を持っていると考えられます。そのような小天体のサンプルには、水を含む鉱物や有機物が含まれるものもあり、原始地球に水や有機物(生命の材料)を供給した可能性もあります。小惑星サンプルや原始的隕石から、太陽系の起源に関する情報を紐解き、生命材料の宇宙での最終進化に迫るためには、小天体における鉱物・水・有機物の相互作用を理解することが重要です。これを明らかにするために、天然サンプル

の分析と室内実験を行いました。天然サンプルの分析では、複数の原始的隕石の他に、「はやぶさ2」とOSIRIS-RExがそれぞれ持ち帰った小惑星リュウグウとBennuのサンプルも分析する機会に恵まれました。これらのサンプルに含まれる揮発性成分を調べるために、サンプルを真空中で加熱し、熱分解による放出ガスを分析しました。その結果、隕石からは放出されない揮発性低分子量有機物が、リュウグウから放出されることを世界で初めて確認することができました。

室内実験では、太陽系小天体の材料と考えられる、結晶性の低い無機物質と単純な有機物、水を混合し、加熱することで、模擬小惑星物質(「手のひら小惑星」)を作成し、鉱物相、可溶性有機分子、固体有機物のそれぞれをリュウグウサンプルと比較しました。従来、天然サンプル中の固体有機物を再現するとされてきた単純な有機物を初期物質に用いると、可溶性有機物群の化学組成分布は再現されず、太陽系小天体の材料有機物は、従来考えられていたよりも複雑または還元的な化合物である可能性を示す結果が得られました。また、系内の水や窒素化合物が、初期有機物から糖を合成する反応を、それぞれ促進または分岐させることを明らかにしました。

卒業研究での取り組みは、小天体における物質進化を明らかにするための第一歩です。大学院進学後もこのゴールを目指して、楽しく実験や分析を続けたいと思っています。卒業研究の短い期間でも、これまでに見たことがない分子がリュウグウから放出されたときや、実験試料の変化に対して自分なりの解釈を構築できたときなど、「実験が楽しい!」「研究って面白い!」と感じることがありました。地球惑星科学には、想像を超えるワクワクが詰まっていると思います。

## 放散虫化石からみた後期中新世の地球寒冷化に伴う日本海古海洋環境・生態系変化

遠嶋 美月 (2022年度卒業)

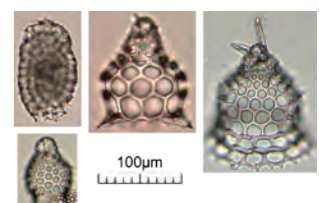
私は入学当初から地球惑星環境学科への進学を考えていましたが、当初は地学、強いて言えば地質や古環境の分野への漠然とした興味があるのみでした。そんな中、野外調査で自ら採取したサンプルを処理して微化石の観察を行った実習で、放散虫化石に興味を持ちました。放散虫は二酸化ケイ素の骨格を持つ海洋の動物プランクトンで、堆積物中で見つかる骨格化石は、精巧なガラス細工のように複雑で多様な形状を有しています。顕微鏡を覗き込んで放散虫化石を探すことは「宝探し」のようで、「顕微鏡で放散虫化石を観察するのが好き」というのが卒業研究の原点でした。

そこで、実習でもお世話になった大気海洋研究所の松崎賢史先生に種鑑定をサポートしていただきながら、池田昌之先生のもとで放散虫化石群集組成から古環境を復元する研究に取り組みました。放散虫は海洋で種によって様々な水塊に生息するため、堆積物中の放散虫の種ごとの産出量の変化を調べることで、気候や海洋循環の変化を推測することができます。研究対象としたのは、後期中新世の800~700万年前に起こった全球的な寒冷化イベント時の日本海の古海洋環境です。海底堆積物コア試料を分析した先行研究では、この時期に



(図1)サンプルを採取した日本海堆積物コア。高知コアセンターにて。

法や対象自体は新しいものではありませんが、分析点を増やして高時間解像度化するという点が重要です。地球表層が受ける日射量は、地球の公転軌道や地軸の傾きなどの変動に由来する数万年~数百万年の特徴的な変動周期、ミランコ



(図2)注目した放散虫種(化石)の顕微鏡写真。

周期サイクルなどのグローバルな環境変動を引き起こすことが知られています。しかし、この時期の日本海のコアでは数万年オーダーの周期性を検出できる解像度での放散虫群集解析は行われていませんでした。私の研究の結果、当時の氷床量変動などに卓越した4万年周期や10万年周期が放散虫の個体数の変動に検出され、また種ごとに異なる卓越周期も確認できました。そして、当時の日本海は南極氷床量変動が駆動するグローバルな海洋循環や、ローカルなモンスーン気候の影響を受け、時間スケールによって異なるメカニズムで変動していた可能性が示唆されました。とても小さな微化石が、このように大きなスケールの環境変動について教えてくれるところが、この研究分野の魅力だと思います。

実習とは違い、ひたすら顕微鏡に張り付いて慣れない種鑑定をするのは大変さもあり、卒論で結果として出せたのはごくわずかなサンプル数で、おそらく研究分野への貢献は微々たるものです。それでも、一つのテーマに向き合い、地道な作業を積み重ねて自分の結果を出し、卒論としてまとめた時は大きな達成感を得られました。研究の入り口は些細な興味でしたが、半年間の卒業研究を通してその先の面白さを知り、いつしかもっと知りたい、深めたいと思える自分の研究テーマになっていたのだと思います。放散虫の研究は、実習での「宝探し」で出会えた、私の「宝物」です。

## [卒業論文]

### 大分県佐賀関地域の地質と三波川変成帯蛇紋岩 周辺の交代反応岩に残る沈み込み流体の痕跡 —希ガス・ハロゲン分析による流体起源の推定—

會田 幸樹 (2023年度卒業)

私は、自分の立っている大地がどうやってできたのか、自分の手にしている岩石はどこからやってきたのか、という謎を解き明かす地質学に興味を持ち、特に実際に外に出て天然を観察するフィールドワークを重視する地球惑星環境学科を選びました。学科の授業や実習を通じて、研究対象として沈み込み帯に興味を持ちました。沈み込み帯での地震や火山活動などの地下では何が起きているのか知りたいと思いました。日本が沈み込み帯に位置しており、研究を行う場所として絶好の場所にいるということも影響していたと思います。

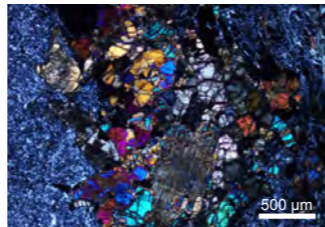
そこで私は、野外調査に根ざした沈み込み帯研究を進められているウォリスサイモン先生のもとで卒業研究を行うことにしました。焦点を当てる岩石として、蛇紋岩を選びました。蛇紋岩は、マントルに水を加えることで形成される岩石で、表層の海から地球の中まで水が持ち込まれていることの直接的な証拠です。沈み込み帯でのマグマ生成や地震活動は、この「水」がトリガーになっている可能性が指摘されています。蛇紋岩は、「水」をキーワードに沈み込み帯の大規模な活動を紐解くポテンシャルを秘めていると感じました。



(図1)大分県佐賀関半島の大規模な蛇紋岩体

大分県佐賀関半島が私の卒論のフィールドでした。関東山地から西に向かって800km連続して露出する沈み込み型変成帯である三波川帯の西端がこの場所です。大規模な蛇紋岩体

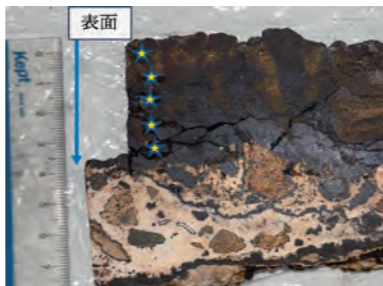
が露出している(図1)とともに、沈み込み型変成帯がなぜここで途切れているのかという日本の基盤構造の発達の謎を議論する上でも重要なフィールドです。採集した蛇紋岩を0.03mmまで薄くして顕微鏡で観察すると、青白く見える蛇紋石の中に鮮やかな色の単斜輝石が含まれていることがわかりました(図2)。電子顕微鏡による化学分析も行い、この蛇紋岩は沈み込むプレートの底にあたるマントルに由来する岩石であることを突き止めました。さらに沈み込み帯の「水」を詳細に追いかけるため、希ガス・ハロゲンの先端的な化学分析も取り入れました(先端研・角野浩史先生との共同研究)。希ガスとハロゲンは、鉱物よりも水と一緒にいる方を好むため、「水」を追いかけるのには最適なトレーサーです。その結果、蛇紋岩体の周辺には、沈み込んだ蛇紋岩が地下100km前後で脱水して吐き出した「水」が存在していたことがわかりました。佐賀関の岩石は、数十kmまでしか沈み込んでいないので、「水」が地下100kmからプレート境界に沿って浅いところまで上がってきた、という証拠を掴むことができました。このような沈み込み帯における「水」のダイナミックな動きは、スロー地震との関連も指摘されています。蛇紋岩から沈み込み帯の活動を読み解く糸口が見えました。このアプローチを応用した研究を修士入学後すぐの学会で発表し、この分野のトップランナーの研究者と議論を交わし、研究が一気に広がるのを感じました。



(図2)佐賀関蛇紋岩の偏光顕微鏡写真

天然の「本物」の岩石は、地球の様々な営みが複雑に重なり合っただけで出来上がっています。私は、卒業研究を通じて、これまでに得られた基礎的な各地域の地質情報をもとに適切な場所・露頭を選び、見たい地質現象に合わせた独自の野外観察と分析を重ね合わせていくことで、天然の岩石の複雑さを紐解き、大きな「地球」が見えてくることを学びました。私は、この複雑さとダイナミックさに地質学の面白さがあると思います。

同位体比を還元できる可能性が考えられます。実際に海底マンガン酸化物中のバリウム同位体比を測定したところ、深さ方向に変化が見られ、過去の同位体比が保存されている可能性が示唆されました。また、バリウムは生物生産量の指標として利用されていますが、同位体比の変化傾向が生物生産量の変化傾向と類似しており、新たな環境復元ツールの可能性を示しました。同族元素であるストロンチウムは現在の海水と交換するために同位体比は保存しないことが知られていますが、吸着状態の違いでこのような現象が起きるのはとても興味深いことでした。



(図2)同位体分析に用いた海底マンガン酸化物

これまでにさまざまな鉱物、堆積物中のバリウム同位体比が測られています。マンガン酸化物中のバリウム同位体比は測られた例がなく、新規性の高い研究に取り組むことができました。また、マンガン酸化物中のバリウム同位体比について、「原理は分からないがなぜ使えるツール」ではなく、現象を分子レベルの素過程から考えた上で利用できることの裏付けを取り、実際に天然試料に適用できたことは、非常に刺激的で貴重な体験となりました。

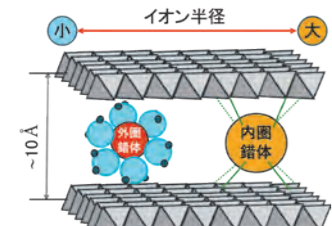
卒業研究を始めた当初は、研究の新規性や奥深さをほとんど理解できていませんでしたが、実際に取り組んでみるととてもやりがいのあるテーマだと感じました。地球科学にはそのようなテーマが豊富にあり、探究のしがいがある分野であり、学科進学後にも多様な選択肢が待っているといます。また、化学が好きな方や、現象のマイクロとマクロの繋がりを探りたい方には、地球化学がおすすめです。

### マンガン酸化物中バリウムの吸着種解明に基づく 固液分配や同位体分別の系統的理解

植野颯太 (2024年度卒業)

私は進振りの際に化学科と迷っていましたが、地震や火山など地学的な分野への興味から環境学科への進学を決めました。環境学科で講義を受ける中で地球化学という分野の存在を知り、元々興味があった化学を使って地球科学に取り組めるなんて面白そう!と感じました。「環境中での元素の挙動を調べ、地球表層で起こる現象を原子・分子レベルから理解する」という点に特に魅力を感じ、高橋嘉夫教授の下で卒業研究を行うことにしました。研究テーマを決めるにあたり、本来は同族元素は似た性質を持つものの、原子の大きさの違いなどによって環境中で異なる挙動を示す点に着目し、マンガン酸化物に対するアルカリ土類金属、特にバリウムの吸着反応を研究することにしました。

マンガン酸化物は海洋底に広く存在しており、その生成速度が非常に遅いことから、古環境復元のツールとしての利用可能性が指摘されています。マンガン酸化物に対するアルカリ土類金属の吸着反応は、原子番号が大きいほど起きやすくなります。これはイオン半径の違いによるものと考えられ、層状物質であるマンガン酸化物に対して、イオン半径が小さい場合は水和したまま吸着するのに対して、イオン半径が大きくなると水和イオンが外れて、固相表面と直接結合をもつと考えられます。このような吸着構造を仮定すると、海底マンガン酸化物中のバリウム同位体比は吸着時のまま保持されることが示唆され、海水中のバリウム



(図1)マンガン酸化物への吸着の模式図

## [学生生活]

### 地球惑星環境学科 卒業までのスケジュール

(令和4年度進学生生の例)

#### 2年4学期

- 9月下旬 進学内定者ガイダンス・新入生歓迎会
- 2-3月 研究室インターン

#### 3年夏学期

- 4月上旬 進学ガイダンス・野外巡検I(房総半島、三浦半島)
- 4月中旬 地球生命進化学実習(日帰り・君津)
- 5月下旬 地球惑星科学連合大会参加
- 6月上旬 地形・地質調査法および実習(城ヶ島)
- 7月 夏学期授業試験
- 8月上旬 野外調査I(千葉県清澄山)
- 9月上旬 野外調査II(栃木・茨城・千葉)
- 9月下旬 野外調査III(埼玉・長野)

#### 3年冬学期

- 1月下旬 4年生卒論発表会参加
- 3月下旬 野外巡検II(オーストラリア)

#### 4年夏学期

- 4月下旬 地球惑星科学連合大会参加
- 5月下旬 五月祭出展
- 6月上旬 地球生態学および実習(浦安)干潟の調査
- 6~7月 卒論指導教員の決定
- 8月下旬~9月上旬 大学院入学試験

#### 4年冬学期

- 9月下旬 卒論構想発表会
- 1月下旬 卒業論文提出
- 1月下旬 卒論発表会



**学部生控室**  
地球惑星環境学科の3年生と4年生には、それぞれ理学部1号館に学生控室があります。学生控室には、一人に机と棚が1つつ与えられ、このスペースを使って、実習の続きなどを行うことができます。

#### 地球惑星科学連合大会参加

毎年5月下旬に千葉県幕張メッセで、地球惑星科学連合の連合大会が開催されます。学部生は参加費が無料なので、多くの3・4年生は自分の興味のある学会発表を聞きに行きます。



#### 五月祭

毎年5月下旬に本郷キャンパスで行われる五月祭ですが、例年地球惑星環境学科では、学部4年生が中心になって、企画展示に参加しています。



#### 自主的な巡検

授業とは別に、自主的に露頭を訪問することも多くあります。



### 地球惑星環境学科の学生必需品!

地球惑星環境学科の学生ならではの持ち物を紹介します。野外巡検の際に使う下に載せた道具は必携のものです。フィールドノート以外の道具はいつでも学科で管理しているものを借りることができます。

- 1 ロックハンマー**  
まずはハンマーがないと始まりません。どうやって使うかははじめに習います。
- 2 フィールドノート**  
巡検で見たり調べたりしたことを書きこみます。ページには方眼が入っていて、これをもとにルートマップを書いたり、柱状図を書いたりします。
- 3 クリノメーターとルーペ**  
クリノメーターは地層の向きや傾きを測る時に使う必須用具です。ルーペは、鉱物や化石を拡大して見るときに使います。
- 4 ヘルメット**  
野外巡検ではヘルメットの着用も安全のために重要です。



# Earth and Planetary Environmental Science



国立大学法人

東京大学理学部 地球惑星環境学科

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

Tel. 03-5841-4501

<https://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/epe/>  
[soudan-chikyu@eps.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:soudan-chikyu@eps.s.u-tokyo.ac.jp)

[発行日]2026.3:地球惑星科学専攻広報委員会