

薄片作製を活かしたアウトリーチ活動

理学研究科 高谷 真樹

1. はじめに

理学研究科技術部は、吉田キャンパスならびに理学研究科附属施設である地球熱学研究施設（別府）、地球熱学研究施設火山研究センター（以下、火山研究センターとする）（阿蘇）、天文台（飛騨、岡山）に勤務する技術職員で構成される。当技術部は、設立初期よりアウトリーチに関する担当を技術部共通業務のひとつとして設け、その活動に取り組んできた。また、各施設における一般公開（例えば京大ウィークス）のように、施設や配属先のアウトリーチ活動に携わることも多い。理学研究科技術部技術職員は、様々な機会において、専門とする技術や知識を活かした実習、実験、講義などを提供し、理学研究科、さらには部局の枠を超えた組織と連携することによって京都大学の社会連携活動に寄与している。

講演者は、2017年度から2019年度にかけて、理学研究科技術部アウトリーチ担当の責任者を務め、担当者とともに活動を取りまとめ、また自らもアウトリーチ活動に携わってきた。本講義では、その経験をもとに、理学研究科技術部のアウトリーチ活動について簡単に紹介する。また、技術職員独自の活動として、講演者の研究教育支援技術である薄片作製を活かして実施した活動を中心に述べる。なお、理学研究科技術部および各技術職員が1年間に携わった活動について、2019年度を例にそれぞれ表1、表2に示す。

2. 理学研究科技術部のアウトリーチ活動

理学研究科技術部の用務として実施した活動である。2018年頃からアウトリーチ活動と技術部の用務に関する整理が進み、以降、実験や実習を伴う活動は、技術部長宛に組織長より発出された依頼状にもとづき技術部の用務であるとして実施している。これまでに理学研究科附属サイエンス連携探索センター(SACRA)、北部構内事務、高大接続・入試センターELCAS事務局などより依頼を受け、小中高生に科学の面白さを伝え興味を持っていただけるように、さらに中高生の理系進路選択の一助となるように取り組んできた（表1）。

表1. 2019年度における理学研究科技術部のアウトリーチ活動。活動を予定していたウォークインサイエンス@Zest 御池（2019.10.12）は台風接近のため中止となった。

日時	携わった活動および実施内容	実施場所
	ココボトナムからの高校生による京都大学見学プログラム (2019.06.28) ⇒ クロマトグラフィーによる天然物の色分析に関する資料・試料提供	—
	公益財団法人大塚基礎科学創成財団主催「第3回小中高生と最先端研究者とのふれ合いの集い」 (2019.07.15) ⇒ 科学体験ブース「VR (バーチャル・リアリティー) でDNAの世界に入ろう」における器材操作指導、技術提供	—
2019.07.24	北関東SSH指定女子高等学校 受入 ⇒ 野菜などの色の分離実験・フルオレセインの合成実験の実施 (人間・環境学研究科技術部とのコラボレーション実施)	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系)
2019.07.26	北部構内「子ども見学デー2019」 ⇒ 実習「チャレンジ!!むらさきキャベツでにじ色をつくらう」の実施	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系)
2019.07.30 - 08.02	京都教育大学附属高等学校・英国クリフトン科学財団・立教英国学院・京都大学共催ワークショップ「Japan-UK Young Scientist Workshop 2019 in Kyoto」 ⇒ 実習「Analysis of Colors in Nature」の実施 (SACRAスタッフ、人間・環境学研究科技術部技術職員と合同実施)	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系) (ほか)
2019.08.05	徳島県立脇町高等学校 受入 ⇒ 野菜などの色の分離実験の実施	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系)
2019.08.06	福岡県立筑紫高等学校 受入 ⇒ 野菜などの色の分離実験の実施	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系)
2019.11.10	第14回女子中高生のための関西科学塾 D日程 ⇒ 実習「野菜などの色の分離実験」の実施 ⇒ 実習「鉱物を鑑定してみよう」の実施	理学研究科6号館南棟 507 実験室 (化学系) 地質学鉱物学教室 鉱物学実験室 (ほか)
2020.02.07	京都大学・京都府教育委員会連携事業 平成31年度おもしろ科学体験・4次元デジタル宇宙シアター ⇒ 科学体験ブース「むらさきキャベツでにじ色をつくらう」の実施	綾部市立東陵小学校

理学研究科技術部のアウトリーチ活動内容として、その代表的な実習である、野菜などの色の分離実験を例に紹介する。これは、野菜を中心とする植物から抽出した色素をクロマトグラフィーで分離する実験を通して、色素やその挙動、色、スペクトルなどについて学び、科学的な興味・素養を育む実習である。化学系の学生実験課題「生体関連物質の光吸収とクロマトグラフィーによる分離」をもとに化学系学生実験に携わる技術職員によって開発された（阿部ほか、2014）。以下、実習の特徴やその取り組みについて取り上げる。

容易で視覚的に魅力ある実験内容

ニンジン、ホウレン草、パプリカ、赤シソ、ブルーベリーなどから抽出した色素を有機溶媒（ヘキサン：アセトン=3:1）で展開し、薄層クロマトグラフィーで分離する（図1）。小学校高学年～高校生対象、45分～1時間程度で終了する安全な実験とし、かつ身近な材料を用いて実験の原理を理解できるように設計している（阿部ほか、2014）。

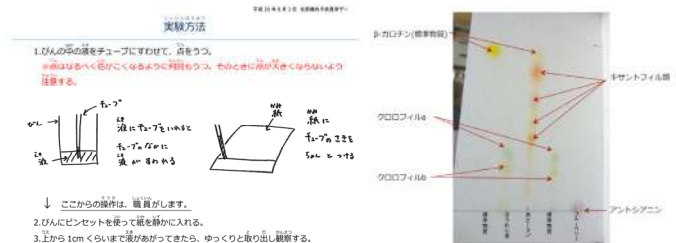


図1. (左) 実験方法（子ども見学デー2018の資料より）。
(右) 薄層クロマトグラフィーによる色素の分離（阿部ほか、2014より）。

化学実験室の利用と技術部技術職員の参加

大学の雰囲気や存分に感じられる場所で、多くの児童・生徒を一度に受け入れることが可能である（図2）。また、技術部で対応する強みとして、実習講師の技術職員に加え、協力可能な技術職員が参加することで、十分なスタッフ数のもとで実習が実施でき、講師の負担も減る。特に児童を対象とする実習では、多くの目で常に周囲に気を配り、有機溶媒の入った展開槽の開閉といった配慮すべき操作もスタッフ側で実施できるため、安全に実験を進行できる。実習の準備や対応を通して参加職員の知見・資質向上も期待される。



図2. 化学実験室と実習の様子

実習内容の充実化

薄層クロマトグラフィーを用いた実験を主軸として、逆相の薄層クロマトグラフィーや、タンパクとDNAの構造に関するVR体験を盛り込んで実施するケースや、光と関連させて、紫外線照射で発光する鉱物を用いた蛍光、燐光の観察（図3左）のような地学系分野を取り入れて実施するケースがある。人間・環境学研究科技術部技術職員に協力をいただき、蛍光物質であるフルオレセインの合成実験を合わせて実施することもある（表1、図3右）。このように、異なる学問分野、部局の技術職員の協力を得ることで実習をより充実したものとしている。



図3. (左) 地学系分野を取り入れたケース（鉱物の蛍光、燐光の観察に用いた資料より）。京都大学総合博物館収蔵の鉱物標本を貸借し、展示することもあった。(右) フルオレセインの合成実験（2017年北関東SSH指定女子高等学校受入）。

受入時間（期間）や対象に合わせた柔軟な対応

1時間程度から数時間、ときに数日に及ぶ実習を実施した実績がある。例えば、2017年のJapan-UK Young Science Workshop（日英SW）では、4日間の実習をSACRAスタッフ（教職員やTA）および人間・環境学研究科技術部技術職員とともに実施した（図4）。テキ



図4. 日英SW（2017年）における、技術職員（地球熱学研究施設勤務）による講義の様子。

ストや講義を英語で提供し、日英の高校生を対象に、薄層クロマトグラフィー、カラムクロマトグラフィー、分光光度計を用いて、畑で高校生自らが収穫した野菜、スーパーで購入した野菜などの植物から色素を抽出、分離、精製、分析し、手に取った植物の色がどのような色素で構成されているのか調査した。このワークショップは実験手順に改良を加え 2019 年にも実施した（表 1）。小学生を対象とする場合もテキストや実験方法を対象に合わせてるとともに、ガラス器具の一部をプラスチック製のものに代替して実施している（図 1 左）。

教材開発ならびに研究会などでの実習報告

技術職員自らがアウトリーチ教材を開発し、実験や実習に取り入れている。例えば、「タンパクと DNA の構造に関する VR 体験」や「むらさきキャベツでにじ色をつくろう」は 2019 年に新しく考案、実施されたものである（表 1）。また、総合技術研究会などに参加し、発表を通して活動内容の情報発信や共有を図るとともに（例えば、阿部ほか、2014；三島ほか、2017）、実習改善などに向けて情報収集に取り組んでいる。

アウトリーチ活動を通じた交流

同じ理学研究技術部所属といえども、技術職員は通常それぞれの勤務先にて業務にあたり、互いに接する機会が少ない。アウトリーチ活動を通じ、技術部内や異なる部局の技術職員と、さらには教職員や学生・大学院生と交流を深めている。

3. 理学研究技術部技術職員のアウトリーチ活動

理学研究技術部に所属する技術職員の多くは、各々の業務や施設においても、それらに関連するアウトリーチ教材を制作・開発し、活動を実施している（表 2）。また、構成員一丸となって実施する施設一般公開では、技術職員は、施設・研究紹介や機材・装置紹介などの要員であるとともに、準備や運営においても重要な役割を担っている。ここでは、講演者の研究教育支援技術である薄片技術を紹介し、それを活かして火山研究センター一般見学会で実施した活動について紹介する。

3-1. 薄片および薄片技術の紹介

試料を組織観察、分析用試料に加工する試料調製技術において、石を対象とした試料調製技術が薄片技術であり、薄片とはいわば石のプレパラートのことである（図 5、6）。それら特徴の一つとして、試料調製に砥石や研磨材を使用し、また石を薄くすることでその多くが光を透過するようになるため、透過光（偏光顕微鏡）での組織観察が可能である。薄片および薄片技術は、地球惑星科学の研究に必要不可欠なものであり（図 6）、技術支援として年間数百枚の薄片を作製している。最近では、薄片技術は、歯や骨、昆虫、水棲生物といった石以外の試料にも応用されている。



図 5. 薄片とその製作に用いた石

3-2. 火山研究センターおよび一般見学会について

熊本県南阿蘇村にある火山研究センターは、阿蘇火山をはじめとする火山地域を対象に、地震観測、地殻変動観測、電磁気観測、熱的観測のような地球物理学的観測などを通して、火山に関する研究教育をおこなっている理学研究科附属の施設である。当センターでは例年、京大ウィークスの一環で、施設の一般見学会を開催している。最近では夏季に実施し、施設紹介や研究紹介などを通して、施設の取り組みやその重要性、火山に関する知見を一般の方に発信している。2016 年に発生した熊本地震による本館被災後は、旧坂梨小学校（熊本県阿蘇市一の宮町坂梨）において、復旧後の 2021 年度には本館において見学会が開催された（図 7）。また、新型コロナウイルス感染症の拡大以降は、事前申込による定員制や 1 時間ごとに来館者の方を入れ替える時間制を導入した 3 密対策とともに、スタッフおよび来館者の感染対策を徹底した中で実施された。

薄片作製業務の紹介 - 地球惑星物質科学の研究教育支援 -

高谷 真樹

(京都大学 理学研究科技術部 / 理学研究科 地球惑星科学専攻)

薄片とは、岩石、鉱物、化石、隕石などの地球惑星物質を偏光顕微鏡下で観察するために作製される地球惑星物質のプレパラートのことです。**薄片作製業務**では、この薄片に加え地球惑星物質を各種分析機器にて観察・分析するための試片を作製する**1. 地球惑星物質の薄片作製**を中心に、**2. 薄片作製設備の管理・保守**、**3. 実習等の教育研究における技術指導**に取り組み、研究教育支援を行っています。

地球惑星物質の薄片、研磨片、研磨薄片

薄片 透過光観察

カナダバルサムで封入された試料厚30 μ mのプレパラート偏光顕微鏡観察に使用される



研磨片 反射光観察 表面分析

試料表面を鏡面仕上げした試料 小さい試料は樹脂包埋処理



薄片技術室の紹介

地質学鉱物学教室 薄片技術室 (理学研究科1号館177室)



研磨薄片 透過光 & 反射光観察 表面分析

カバーガラスを接着せず、試料表面を鏡面仕上げした薄片 目的により厚さは適宜調整



加工 採取 実験 観察 分析 Earth & Planetary Materials Science 成因解明 新たな仮説

薄片等を試片として利用する機器



薄片、研磨片、研磨薄片の作製方法

地球惑星物質：硬度の異なる硬脆性物質の集合体

- 試料の切断・成形**
岩石の断層で試料を切断し、チップ状に成形する (ヒビ割れた試料や脆弱な試料は樹脂で補強する)
鉱物の欠片など小さい試料は樹脂で包埋する
- 接着面の研磨**
チップの片面が平坦かつ平滑となるよう研磨機・研磨板にて研磨する (研磨板の角度は用途に応じて変える)
2' 鏡面仕上げ
専用の研磨剤を使用し、研磨布の上で研磨する
研磨剤はダイヤモンドを使用
- スライドガラスに接着**
チップの乾燥後、試料をスライドガラスに接着する
接着剤は強力なエポキシ系の樹脂を使用
- 試料を薄く切断**
自動切断機で試料を薄く切断する
- 観察面の研磨・厚さ調整**
接着面の研磨同様、研磨剤の粒度を下げつつ研磨機・研磨板上で研磨し、鉱物の干渉色 (under crossed polarized light) を手ガかりに30 μ mの厚さに調整する
厚さ 1.00 mm, 0.50 mm, 0.30 mm, 0.20 mm, 0.15 mm
- カバーガラスの接着**
カナダバルサム (樹脂) でカバーガラスを接着し、試料を封入する
5' 鏡面仕上げ
研磨片と同様、薄片の試料表面を研磨布上で研磨する
- 溶剤で洗浄**
カバーガラスよりはみ出した余剰のバルサムを有機溶剤で溶かし洗浄する
- ラベルの貼り付け**
カバーガラスの隅隅にラベルを貼り付ける

薄片 **研磨薄片**

偏光顕微鏡により得られる情報の例

Polarizing microscope (transmitted light)

2枚の偏光板と結晶の光学的諸性質一拡大だけに留まらない多彩な観察

黒雲母花崗岩
チップの研磨面 plane polarized light crossed polarized light

鉱物の特徴：形状、組織、へき開など
光学の特徴：屈折率、多色性、干渉色、光学性 → 鉱物の同定

単斜輝石かんらん石玄武岩
plane polarized light crossed polarized light crossed polarized light with plate

色、干渉色、消光位の違い → 結晶の内部組織や形成履歴

黒雲母ホルンフェルス
plane polarized light crossed polarized light

消光位 → 組織・方位解析

写真
黒雲母 → 輝石
黒雲母の天然型と合成
電筒用白雲母「雲石」

図6. 薄片および薄片作製業務の紹介

2021年度の実施においては、火山研究センター勤務の技術職員は、展示や実験のコンテンツ制作・準備と並行して、参加申込フォーム作成、ホームページ告知・更新、展示打ち合わせ、職員招聘依頼、ポスター作成、案内チラシ作成、広報文書作成、申込者連絡対応、機材準備、担当割・導線図作成、リスト更新、ダジックアーステスト、当日の流れ伝達、ライトアップテスト・準備、展示レイアウト作成、感染症対策物品購入、展示機器資料収集、地震計リペアおよび調整、ピクチャーレール設置、什器設営など、見学会の運営に様々に対応した。また当日には、VR体験（例えば、吉川・宇津木、2019；映像はウィーヘルト地震計に更新；図7左）および七輪マグマ実験（例えば、下岡ほか、2011；馬渡ほか、2014；図7中央）の解説や実験を実施した。理学研究技術部からは地球熱学研究施設勤務の技術職員および吉田勤務の講演者が参加した。

表 2. 2019年度における理学研究技術部技術職員が携わったアウトリーチ活動。活動を予定していた花山天文台特別公開（2019.10.12）は台風接近のため中止となった。これらの活動に加えて施設の見学対応が複数件あったが、表からは除いている。講演者の自己啓発による活動を一部含む。

日時	携わった活動および実施内容	実施場所
2019.07.06	「おもしろ科学」 ⇒ 科学体験ブース「かたちをルールにより分けてみよう」の実施	京都市立 第四錦林小学校
2019.07.27	火山研究センター一般見学会（京大ウィークス2019） ⇒ 一般見学会の準備・運営、施設紹介など ⇒ 実験・体験「七輪マグマ」「VR火山空中散歩体験」の実施、視覚展示「阿蘇火山の噴出物薄片展示」の解説	火山研究センター (坂梨俊研究棟)
2019.08.03 - 08.04	NPO 花山星空ネットワーク主催「第12回子ども飛騨天文台天体観測教室」 ⇒ 65 cm屈折望遠鏡による観望・星空観望の実施、望遠鏡などの設備解説	飛騨天文台
2019.08.09	高山市子ども夢創造事業「科学ひろば」 ⇒ CD分光器工作実験の実施	岐阜県立 高山工業高等学校
2019.08.10	ZEST御池寺子屋「京大理SACRAワークインサイエンス」 ⇒ 科学展示ブース「鉱物を光らせてみよう」の補助、科学展示ブース「折り紙で鉱物のかたちをつくろう」の実施	ZEST御池
2019.08.10	飛騨天文台 特別公開 ⇒ 特別公開の準備・運営 ⇒ ドームレス太陽望遠鏡・65 cm屈折望遠鏡観望の実施、望遠鏡などの設備解説 ⇒ サイエンスラボ「鏡を作ろう」の実施	飛騨天文台
2019.09.08	京都大学総合博物館 2019年度企画展「地の宝Ⅱ 比企鉱物標本」市民向け講演会 ⇒ 講演「鉱物の研究と試料調製」の実施	京都大学総合博物館
2019.09.27	京都大学・京都府教育委員会連携事業 平成31年度おもしろ科学体験・4次元デジタル宇宙シアター ⇒ 科学体験ブース「虹シート」の解説	城陽市立富野小学校
2019.10.27	地球電磁気・地球惑星圏学会 2019年一般公開イベント「科学実験で宇宙・惑星・地球の不思議を体験しよう！」 ⇒ VR動画の公開・解説	熊本博物館
2019.10.25 -10.26	別府施設一般公開・講演会・ライトアップ（京大ウィークス2019） ⇒ 施設一般公開・講演会・ライトアップの準備・運営、施設紹介など ⇒ 実験・体験「七輪マグマ」「VR体験」「温泉の不思議」「地震計の観察と体験」の実施	地球熱学研究施設
2019.11.16	せーので測ろう！別府市全域温泉一斉調査2019 ⇒ 参加市民へ現地調査のレクチャー・指導	別府市役所/別府市内
2019.12.25 -12.27	第7回ダジック・アース研究会 ⇒ 講演「京大ウィークスにおける活動とミニダジック・アースの活用について」の実施	三菱みなとみらい技術館
2020.01.24	地震研ラボツアー ⇒ 実験・体験「七輪マグマ」「VR火山散歩（映像）」の実施	東京大学地震研究所
2020.02.08	奈良学園大学ボランティアサークル主催 2019年度第3回科学遊び・学びの広場プロジェクト「地層のふしぎを探ってみよう！」 ⇒ 講演「ミクロの世界から石のでき方を探ってみよう」の実施	奈良学園大学



図 7. 2021年に火山研究センター本館で開催された一般見学会の様子。（左）（中央）技術部技術職員による解説や実験の様子（左、VR体験；中央、七輪マグマ実験）。（右）本館ライトアップおよびダジックアース展示。

3-3. 薄片作製技術支援と火山研究センター一般見学会におけるアウトリーチ活動

2021年10月に阿蘇山中岳第一火口で起こった噴火では、火山灰や噴石が噴出し、火砕流も発生した。また、遡ること2019年4月から2020年6月中旬にかけて、2016年10月8日以来となる噴火が中岳第一火口で断続的に発生し、噴火に伴って降灰が生じた。この一連の噴火で採取された火山灰(図8;井上、2019)の薄片作製の依頼を火山研究センター技術職員より受け、技術支援を実施した。



図8. 噴火の様子と灰の回収(井上、2019より)

また、地質や石(火山噴出物)に関する展示充実のために、2020年7月25日に開催された一般見学会に参加し、作製した火山灰の薄片を取り入れた展示コーナー「火山灰を顕微鏡で観察してみよう」を機関研究員の方と協力して実施した。薄片は、見学会当日の偏光顕微鏡観察や写真撮影用途としてそのまま利用したほか、火山灰の時間変化を示す薄片写真のスライドショーや特徴的な火山灰薄片の解説資料作成(図9)に活用した。展示には、ほかに火山灰の薄片作製方法や、公表観測・観察データをもとに噴火活動および火山灰構成物の時間変化をまとめたポスターなどを準備した。地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室教員の方のご協力をいただき、偏光顕微鏡観察用の薄片やその標本および、火山灰を構成する各鉱物の結晶標本も用意した。また、研究員の方より、採取された火山灰、モニター付き実体顕微鏡、スマートフォンを装着した偏光顕微鏡、顕微鏡や火山灰の採取場所について解説したポスター、コーナー設営などの多くのご準備をいただいた。

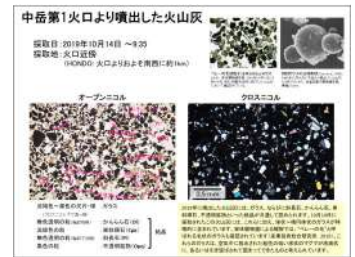


図9. 火山灰薄片の解説資料

当日は、研究員の方とともに、準備した展示や資料をもとに火山灰やその実体顕微鏡・偏光顕微鏡下での特徴などを解説した(図10左)。また、来館者の方にスマートフォンをモニターにして偏光顕微鏡下で薄片を観察いただき、興味を持った写真を持ち帰っていただくために、来館者のスマートフォンを取り付け、撮影を試みることもあった(図10右)。



図10. 一般見学会当日の様子。(左) 来館者の方に解説しているところ。(右) 偏光顕微鏡による薄片観察および薄片写真撮影のコーナー。

文献

- 阿部邦美・吉川 慎・馬渡秀夫・木村剛一・仲谷善一・井上寛之・田村裕士・三島壮智, 2014. アウトリーチ活動の報告「野菜などの色の分離実験」. 平成26年度北海道大学総合技術研究会報告集, P12-15A, 北海道大学(札幌), 2014年9月4-5日.
- 井上寛之, 2020. 2019年度業務報告: 火山灰対応について. 業務報告集編集委員会編『2019年度業務報告集第10集』, 京都大学大学院理学研究科技術部, p.32-33.
- 馬渡秀夫・三好雅也・下岡順直・山本順司, 2014. 七輪で火山岩の融解を連続観察する器具の製作. 平成26年度北海道大学総合技術研究会要旨集, 北海道大学(札幌), P09-03B, 2014年9月4-5日.
- 三島壮智・高谷真樹・阿部邦美, 2018. Japan-UK Science Workshop 2017 in Kyoto における色素分離実験. 2017年度信州大学実験・実習技術研究会報告集, P-073, 信州大学(長野), 2018年3月1-3日.
- 下岡順直・三好雅也・馬渡秀夫・吉川 慎・山本順司・渡辺克裕・齋藤武士・杉本 健・山田 誠・三好まどか・竹村恵二, 2011. 七輪でマグマをつくる-身近なものを用いてマグマ形成過程を観察する-. 地学教育, 64巻, p.53-69.
- 吉川 慎・宇津木 充, 2019. 京大ウォークスにおけるVR火口散歩映像の提供. 平成31年度地震研究所職員研修会アブストラクト集, P-05, 東京大学(東京), 2019年1月23-25日.