

遊星人の海外研究記 その12 ～西と東のはざままで過ごす～

松本 徹¹

1. はじめに

私は2017年12月-2018年3月までと2019年8月-2020年3月の2回にわたり、ドイツのイエナ大学に滞在した。私は地球外物質の鉱物学的な観察を専門にしている、イエナ大学の岩石・鉱物学グループで過ごした。イエナ市はヨーロッパ観光でも足を運ぶことがほぼないと思うので、この機会にドイツで経験したあれこれについて紹介したい。

最初のドイツ滞在のきっかけは、東京大学の杉田精司教授、広島大学の藪田ひかる教授にJSPS Core-to-core programを利用した海外短期滞在の枠組みを紹介いただいたことだ。2回目の滞在は、日本学術振興会特別研究員(PD)として九州大学に所属していた時で、採用期間の半分は海外で研究活動ができるという制度を利用した。

最初の渡独時、私は宇宙科学研究所にプロジェクト研究員として所属していた。探査機はやぶさが持ち帰ったイトカワの砂の観察を続けていた。その研究の中で、鉱物の微細な構造をもっと良く調べたいと思っており、せっかくの機会なので、海外の分析技術を専門家に学びたいと考えた。とくに、透過型電子顕微鏡(TEM)という、電子線を使って原子スケールでの結晶の構造を観察できる手法に興味があった。イエナ大のFalko Langenhorst教授らのグループはイトカワ粒子の衝撃変成構造を調べた論文を発表していて、そのTEM画像がとても精細で

あったことが印象に残っていた。TEMは高額の装置だが共用設備でなく自身のラボで運用しているようで、自分で扱えるようにさせてもらえるだけのマシンタイムも十分ありそうだった。そこでメールで連絡をとることにした。Langenhorst教授と全く面識がなかったのだが、滞在を快諾いただき、受け入れの手続きや大学との調整など様々な手配を行っていただいた。

2. 研究生活

イエナはドイツの地図上で真ん中辺りに位置する、人口10万人程度の小規模な町である。かつては東ドイツに属していた。19世紀からガラスやレンズ製品、顕微鏡の開発が盛んであり、光学機器メーカーとして有名なカール・ツァイスの本社が町外れに置かれている(図1)。世界最初のプラネタリウムはこの町で同社が発明した。イエナ大学(Friedrich-Schiller-Universität Jena)はゲーテが蒐集した鉱物標本を展示した博物館もあり、古くから鉱物・岩石学の研究が行われている。しかし、滞在先となった鉱物学研究室は校内にはなかった。大学の建物は古過ぎるので、電子顕微鏡や分析機器の設置に必要となる高圧電源を供給する設備がないらしい。そのため、町で一番高層の建物のひとつであるツァイス本社の6階を間借りする形で、岩石学と鉱物学の2つのグループが運営されていた。イエナに滞在中は大学の身分証ではなく、ツァイスの社員証を発行してもらい、ガラス張りの会議室や撮影厳禁!と書かれていた生産開発ラインを横目で見ながら研究生活を送ってい

¹ 京都大学白眉センター
matsumoto.toru.2z@kyoto-u.ac.jp



図1: イエナの風景. (左上)イエナの街並み. (右上)クリスマスシーズンのモール. (左下)Zeiss本社. (右下)チューリンゲン州の肉料理. マッシュポテトと、団子状じゃがいものクロースが見える.

た。ラボには、微小試料の加工で使われる集束イオンビーム装置や透過型電子顕微鏡、X線回折装置など、物質科学の最先端の研究を行うに十分な装置群があったほか、ソフトウェア担当と研究試料作成のそれぞれの技官さんもあり、日本の大学の研究室に比べて潤沢な予算規模で運営されているようだった。分析装置はかなり自由に使うことができ、些細なことも技官さんに尋ねることができたので、研究環境は大変よかった。学部から博士課程の学生や何人かのポストクも在籍しており、賑やかな雰囲気だった。ラボの皆さんは、ドイツ語が話せない上に拙い私の英語を辛抱強く聞いてくれた。

イエナには、研究対象としていたイトカワの粒子やお借りしたアポロ月粒子を持って行った。試料を分析するためにTEMを詳しく教えて頂き大変お世話になったのが、Langenhorst教授を含めラボのスタッフであるDennis HarriesさんとKillian Pollokさんだ。彼らは、超高圧物質に対する電子顕微鏡をはじめとする研究で知られるバイロイト大から独立してイエナに研究室を構えたいらしい。ドイツで

活躍するTEM研究者を辿ると、ほとんどが同じ研究室の出自だと知って、まさにマイスターの世界だなと思った。

イエナの日々は私の日本での生活と比べてとても規則正しかった。朝8時頃に研究室に集まって仕事にとりかかり、昼には技官さんを含め研究室の皆で食堂(Mensa)へ向かう。会社の社食ということもあつてか、カフェテリア方式の食事はメニューも豊富で美味しかった。ドイツはジャガイモが主食のようで必ずお皿に乗っている。丸ごと茹でたもの、茹でたり焼いてスライスしたもの、棒状、丸く餅状にしたもの、マッシュしたもの等、あらゆる形態と加熱方法のジャガイモを目撃した。食後は食堂の脇に設えられたカフェでコーヒーを飲んで歓談する。午後は18時頃には皆仕事を終えていた。Zeiss社の社員は17時ごろから帰路につく様子だった。日本での研究生生活に比べると一日の活動時間が短いようにも思われるが、限られた時間の中で集中して作業する習慣が身に付くので、全体的な研究の生産性には差がつかないように感じた。残念なことに、時間を有効に使うこの感

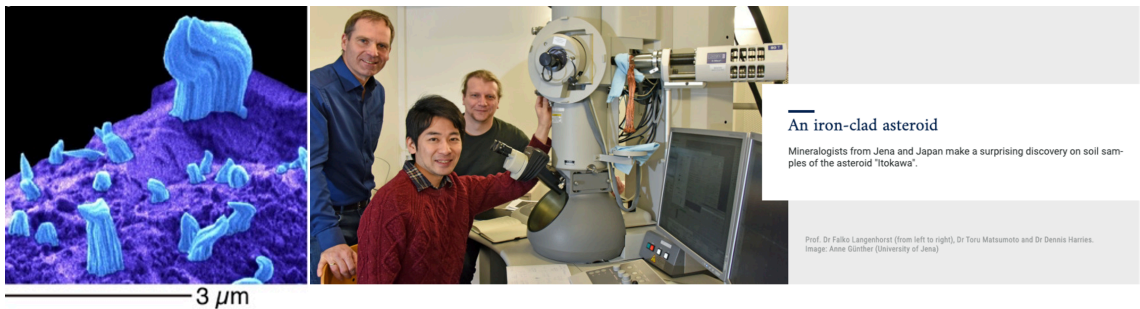


図2: イエナ大学HPで紹介された研究。左がイトカワ粒子で見つかったひげ結晶。右の写真は、左からFalko Langenhorst教授、筆者、Dennis Harriesさん、そして分析に用いた透過型電子顕微鏡。

覚は日本に帰ってから全く消えてしまった。不思議である。研究室では皆でクリスマスマーケットのホットワインを飲みに行ったり、ボーリング大会やホームパーティなどのイベントもあった。

ドイツで何を分析していたかという、私は渡独前にイトカワ粒子に含まれる硫化鉄(FeS: 鉄と硫黄の化合物)の表面の多くに、奇妙なひげ状の形をした鉄の結晶が成長していることを見つけていた(図2)。この詳細をイエナで調べることにした。TEMでイトカワ粒子を観察したところ、硫化鉄の表面からひげ状に伸びているのは金属鉄であることがわかった。その根本である硫化鉄のごく表面の100 nm深さまでは、結晶構造の周期性が乱れて別の秩序状態に変化していた。こうした最表面だけで起きる変化は、太陽風や微小隕石の衝突である宇宙風化で引き起こされたと推測することができた。宇宙風化によって、硫黄原子が選択的に硫化鉄から失われて、金属鉄が成長したのである。宇宙空間でひげ状に伸びる金属は材料学的にも新しい構造だった。また、イトカワのようなS型小惑星の表面はNASAの探査機による観測から硫黄のみが欠乏していることが知られていたが、その仕組みは長い間未解明だった。イトカワ粒子のひげ状結晶は、宇宙風化によって硫黄組成が変化することを示す証拠であるかもしれないと結論した。この分析にあたり、Dennisは学生の頃から地球上や隕石中の硫化鉄を網羅的に観察していて、電子線ビームでの微妙な試料ダメージの影響など、私では判断できない職人的な知恵を色々教えてくれた。イトカワ粒子の分析を通じてTEMの操作に慣れると、深夜まで一人でツァイス社に残って観察を続け

たこともあった。夜遅くになると大きな建物の中で自分一人の気配しか感じなかったので、まるで不審者になったかのように感じた。分析で疲れ果ててしまった後によく眺めたイエナの夜景が思い出深い。

イトカワの硫化鉄の分析成果はネイチャー・コミュニケーションズに受理された。日本のはやぶさプロジェクトの研究に対してイエナ大学がとても大きな関心を寄せてくださり、大学専属のカメラマンが研究室にやってきて記念撮影をしたり、取材を受けたりした。そしてなんと大学のウェブのトップページに写真付きで研究を紹介してもらった(!)(図2)。短期で滞在している研究者の成果を大きく扱っていただけるなんて、とても懐の深い大学であった。おかげさまで、論文の受理に至るまでに5人の査読者からさんざんこき下ろされてきた辛みも消えた。

3. イエナでの日常

滞在中はツァイス社の近くにある留学生用のゲストハウスに宿泊していた。町は低い山々に囲まれており、週末はゲストハウスの裏手から山に登って森の中を散策した。町が一望できる丘に通じる道がお気に入りだった。イエナの町は中央の広場を中心に古い街並みが広がっていて、商店や近代的なモールも中心にある。ゲストハウスから町の中央に徒歩で買い物に向かう生活を送っていたが、ある時、趣味で子供たちにサイクリングを教えているという小学校の先生を紹介してもらい、自転車を格安で譲っていただけだ。自転車を購入してからは格段に行動範囲が広がった。ラボの方にサイクリングにも連れて行っても

らい楽しみが増えた。

食事は簡単な自炊が中心だった。スーパーでは寿司が並んでいたの、お米を欲した時は助かった。生魚でなくて海苔やアボガド、照り焼きチキンの巻き寿司であったがおいしかった。イエナで予想外だったのは、住んでいる人々の人種が多様であったことだ。大学町であることも関係しているのか、色々な国を故郷にもつ人々が来ているようだった。そのためトルコやギリシャなど地中海料理やベトナム・中華などアジア料理屋があり、食事で困ることはあまりなかった。イエナ市が属するチューリンゲン州のソーセージやビールも堪能した。秋に差し掛かるころ、ドイツの伝統的な料理店を知っているから週末に昼食へ行かないかと技官さんに誘われた。町の中にあるかと思いきや、当日は3時間近くも森の中を歩いて、やっと辿りついた先に小さな木造の小屋があった。そこが目的の店で、鹿やカモ肉、うさぎ肉料理など日本で馴染みのない肉料理が出てきた。臭みもなく、とても空腹だったのでががつ食べてしまった。肉料理のお供はやはりジャガイモで、この地方で馴染み深いクロスと呼ばれる巨大なジャガイモ団子だった(図1)。帰路は森の中で日が暮れてしまって、私の前を歩く技官さんを見失ったらこの深い森から永遠に抜け出せないのではと思った。木々の合間からイエナの街明かりが見えた時は本当に安堵した。

かつてドイツは民主主義の西ドイツと社会主義の東ドイツに分かれていた。ラボの年配の方の一人は旧東ドイツ出身で、歴史に翻弄された自身の半生についてよく語っていた。ある時期はウラン鉱山で働いていたが、冷戦後の核軍縮の影響で鉱山が閉鎖になったことや、またある時期は解放されたベルリ

ンの壁を切り崩す仕事をしていたことなどを教えてくれた。色んな話を聞いても、私が生きてきた日常とかけ離れ過ぎていて、彼の人生を簡単には想像できなかった。イエナ市の周囲の山々にはかつて軍事基地があったようだ。その一角には、西側に向けてミサイルが配備されていたと教えてくれた。それは私がいつも呑気に散策していた丘だった(!)。旧東ドイツの町に住んだことで、ドイツの困難な過去や昔の世界情勢を実感できたのは貴重な体験だった。

4. 帰国

2020年春先に新型コロナの感染が瞬く間に世界で広がった。ドイツの行政機関の対応は刻々と変わり、3月には食堂が突然閉鎖されて、その一週間後には大学の活動が無期限で停止されることになった。この状況ではどうにも研究を続けることができなくなったため、帰国するに至った。私の渡独生活は突然終わりを告げたのだが、ドイツでは今まで知らなかった技術や日本とは違う分析上の作法を沢山学ぶことができた。こうした経験は2021年から始まったリュウグウ試料の分析への備えにもつながったので、未知の世界に飛び込んでみてとてもよかったと思う。

コロナの流行やリュウグウの初期分析が落ち着いたころ、Dennisが私の現所属先の京都大を訪ねてきた。彼は現在ヨーロッパ宇宙機関の関連グループに所属していてJAXA本部に用務があったらしいのだが、わざわざ関西に足を運んでくれた。海外研究者と交流し合うきっかけにもなるので、機会を見つけて海外研究することをおすすめしたい。

著者紹介

松本 徹

京都大学白眉センター 特定助教。大阪大学 大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 博士課程修了。博士(理学)。JAXA宇宙航空プロジェクト研究員、日本

学術振興会特別研究員PDなどを経て2021年10月より現職。日本惑星科学会、日本鉱物科学会、日本顕微鏡学会などに所属。