

平成30年度京都大学若手人材海外派遣事業ジョン万プログラム(職員派遣)による
海外派遣事業報告書(事務職員を除く)

研 修 者	氏 名	高谷 真樹
	所 属 ・ 職 名	理学研究科・技術職員
	氏 名	
	所 属 ・ 職 名	
	氏 名	
	所 属 ・ 職 名	
研 修 先 等	渡 航 先 国 名	ドイツ・イギリス
	研 修 先 機 関 名	パイロイト大学・エディンバラ大学・シェフィールド博物館
	研 修 期 間	平成31年 2月 23日 ~ 平成31年 3月 9日
具体的な 研修内容	別紙のとおり	
本学の国際化に 対する研修成果 の活用方法・ フィードバック	別紙のとおり	

※スペースが足りない場合は、適宜枠幅を広げてください。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム (職員派遣)
平成 30 年度技術職員海外研修報告書

【研修者】

氏名：高谷 真樹
所属・職名：理学研究科・技術職員

【研修先等】

渡航先国名：ドイツ・イギリス
研修先機関名：バイロイト大学，エディンバラ大学，シェフィールド博物館
研修期間：平成 31 年 2 月 23 日 ～ 平成 31 年 3 月 9 日

研修の概要・スケジュール

薄片作製業務に係る技術支援の質，効率，知見の向上を図ることを目的に，バイロイト大学バイエルン地球科学研究所，エディンバラ大学地球科学科の薄片作製施設を訪問し，薄片技術に関する技術修得，情報収集を行った。また，シェフィールド博物館のコレクションストアではヘンリー・ソービーの薄片を見学した。研修先では薄片技術者およびキュレーターの方より直接指導，解説を受けることができ，薄片技術に関して日本と欧州の文化の違いを肌で感じるとともに様々な知見を得ることができた。

2月23日 (1日目)	出発
2月24日 (2日目)	移動／現地到着
2月25日 (3日目)	バイロイト大学 バイエルン地球科学研究所
2月26日 (4日目)	バイロイト大学 バイエルン地球科学研究所
2月27日 (5日目)	バイロイト大学 バイエルン地球科学研究所
2月28日 (6日目)	バイロイト大学 バイエルン地球科学研究所／移動
3月1日 (7日目)	エディンバラ大学 地球科学科
3月2日 (8日目)	予備日
3月3日 (9日目)	予備日
3月4日 (10日目)	エディンバラ大学 地球科学科
3月5日 (11日目)	エディンバラ大学 地球科学科
3月6日 (12日目)	エディンバラ大学 地球科学科／移動
3月7日 (13日目)	シェフィールド博物館 ¹ ／移動
3月8日 (14日目)	現地出発
3月9日 (15日目)	帰学

¹ 事業計画書ではシェフィールド大学を訪問する予定だったが，より多くの標本にアクセスできるシェフィールド博物館のコレクションストアに変更した。

薄片技術の紹介・研修の目的

サンプルを組織観察，分析用試料に加工する試料調製技術において，岩石，鉱物，隕石，化石などの地球惑星物質や合成実験，変形実験などの実験生成物を対象に発展してきた薄片，およびその作製技術である薄片技術は，地球惑星科学の研究に必要不可欠なものであり，研修者は技術支援として年間数百枚の薄片を作製している。

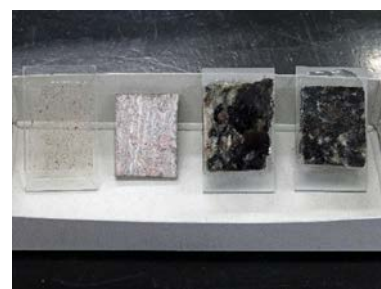
薄片は，スライドガラスとカバーガラスとの間に厚さ約 30 μm のサンプルをサンドイッチした，いわば地球惑星物質のプレパラートであり，偏光顕微鏡観察に用いられている。一面を平坦に研磨したサンプルをスライドガラスに樹脂で接着し，その後，1 mm 以下の厚さに切断したサンプルを研磨にて約 30 μm 厚まで薄く，均一に調整し，最後にカバーガラスを接着して作製する。加えて，各種分析装置により表面観察，表面分析が行われることも非常に多く，この場合には厚さ調整を行ったのち鉱物表面が平滑となるようさらに鏡面研磨を行なう。透過光での観察が必要でなければ，サンプルの片面や樹脂で包埋したサンプル表面のみ鏡面研磨を行なうこともある。

薄片作製に求められることは，各種分析装置の運用・分析条件下で安定な薄片をサンプル本来の情報を変質させることなく高品質に仕上げることである。しかしながら，実際には，加工の様々な工程で，熱や研磨液によるサンプルの変質，変形，研磨の衝撃による鉱物の破壊，脱落，研磨傷の付加，研磨材や樹脂による物質的，化学的汚染，鉱物の硬度差による研磨面の凹凸化などが生じてしまい，情報の変質，情報量や分析精度が低下する。また，使用する消耗品，特に樹脂の種類によっては，高真空度下での脱ガス，熱的損傷，装置内の汚染，発光などにより安定な装置運用や精度の良い分析を阻害しかねない。このため，依頼者のニーズを十分に満たした薄片を作製し，また培った技術をもとに技術指導をより充実したものとするためには，サンプル，薄片技術，加工設備，消耗品などに習熟し，あらゆるサンプルにおいても柔軟に対応できるよう技術や知識の引き出しを多くする必要がある。

そこで，本研修では，薄片技術に関して日本より歴史の長いドイツ，イギリスの 2 国の薄片作製施設にて見聞を広げ，得られた技術や知見を技術支援に活用することを目的に，バイロイト大学バイエルン地球科学研究所，エディンバラ大学地球科学科において薄片技術を幅広く調査した。また，シェフィールド博物館のコレクションストアでは，岩石薄片とその作製技術の原点であるヘンリー・ソービーの作製した薄片を見学した。



エディンバラ大学で作製した薄片（手前）と表面分析用薄片（奥）。薄片，分析用薄片のスライドガラスの大きさは，それぞれ 75×25 mm，48×25 mm。



バイロイト大学で作製した表面分析用薄片（左）と表面分析用サンプル（右 2 つ）。左 2 つは分析用薄片とその岩石チップで，右 2 つは岩石サンプルの片面を研磨したものである。スライドガラスの大きさは 48×28 mm。

具体的な研修内容

薄片技術に関する知見向上の取り組み

バイロイト大学バイエルン地球科学研究所では薄片技術者のラファエル氏、アレクサンダー氏より、エディンバラ大学地球科学科では同じく薄片技術者のホール氏より一連の薄片作製工程、薄片作製設備、消耗品、取り扱いサンプルなどについて、薄片技術の実演とともに幅広く解説を受けた。日本では、一般的に粉末状の研磨材を研磨板にまぶして使用し、すべての研磨工程を手で支持して行うことが主流であるが、研修先では、機関ごとに細部は異なるものの、共通して、研磨には研磨材が固定されたパッド、サンプルを薄くする際には自動研磨機が利用されていた。最終的に完成される薄片は日本のそれと顕著な違いは見受けられなかったが、薄片作製工程や設備が大きく異なっていたことは非常に興味深かった。また、初めて見る設備のもとで見聞した具体的な事項として、試料に関しては、高圧実験サンプル、微小鉱物、スコットランドで採取された岩石鉱物、日本からの持参サンプル（後述）、用途に関しては、偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡（ならびに X 線分析、電子線散乱後方回折）、透過型電子顕微鏡（イオンミリング法）、二次イオン質量分析計、メスバウアー分光装置、FT-IR と多岐に渡った。加えて、非加熱および研磨液に水が使用できない特殊なサンプルの作製方法や薄片技術から離れるが高圧実験用容器の作製など数多くの技術を学ぶことができた。また、薄片作製の至るところで独自開発のツールや歯科用器具などが用いられており、専門分野に固執しない自由な道具選択や徹底的な作業性向上の工夫は非常に参考となった。

以下では、特に印象深かった研磨技術、試料調製法を一例ずつ取り挙げて紹介する。一つはアルミホイルを研磨板とする鏡面研磨方法で、研修先ではスプレータイプで研磨材を塗布し、アルミホイル上で研磨を行っていた。鏡面研磨は研磨布、錫、銅、鉛などの軟質金属盤、ラッピングフィルム上でしかできないものだと思っていたことから、アルミホイルで鏡面が創成されること、またこの研磨で得られる研磨面の平坦性が非常に優れていることに驚いた。もう一つは、コロイダルシリカを用いた研磨である。これは、ここ数年研磨する機会や相談を受けることが増えてきた研磨方法であるが、当薄片技術室に設備が無く経験に乏しかった。本研修により習熟されている方からコロイダルシリカ研磨の前処理、研磨時間、洗浄方法、諸注意事項など教わることで非常に勉強となった。

薄片作製実習・技術習得のための取り組み

技術者のご厚意により、多忙な業務の遂行と並行して、作製工程の一部ではあるが技術指導を行っていただけることとなったため、それぞれの研修先で実際に設備を利用して技術習得に励んだ。バイロイト大学では、ダイヤモンドパッド、アルミホイル、最終的な仕上げに軟質の研磨布を使用し、持参した岩石サンプルの表面分析用試料作製を行なった。一連の作業の見学時には易々と研磨されているように見えたが、実際に研磨し

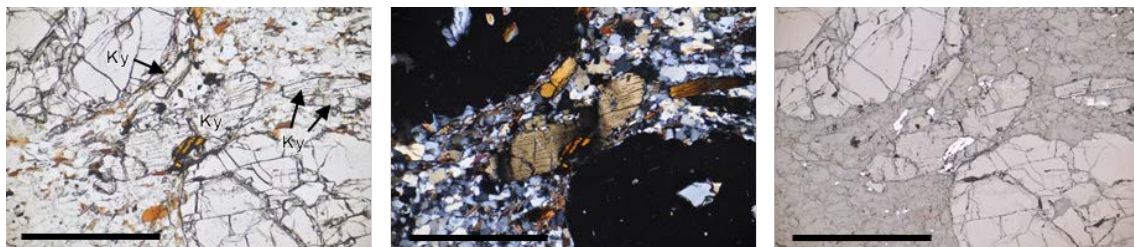
てみると、慣れた研磨粉での研磨と異なり、ダイヤモンドパッドでの研磨は摩擦が大きく、回転するパッド上でサンプルを支持することが難しかった。アルミホイルの研磨も同様に抵抗があり滑らかにサンプルを動かすことができず、研磨に最適なコンディションはスプレアの揮発性成分の乾き具合にも左右され、非常に経験の要る研磨方法であると感じた。エディンバラ大学では、技術者により準備頂いていた岩石サンプル(玄武岩、化石を含む石灰岩、包有物を含む花崗岩、Mn-rich 緑簾石を含む流紋岩、ケンタレン岩)において、ダイヤモンドパッドでの研磨、スライドガラスへの接着、自動研磨機後のガラス板上での最終研磨を経験した。バイロイト大学とは異なる種類の研磨パッドを使用した。バイロイト大学で感じたことと同様、研磨パッドはサンプルの縁が丸くダレることなく研磨でき、平面度の高い研磨面に仕上げることが可能であることが分かった。これは、これまでの耐水研磨紙の研磨経験により、固定された研磨材での研磨は試料の縁が丸くなるものと思い込んでいたことから驚いた。また、初めて触るケンタレン岩と Mn-rich 緑簾石の作製を通して、多種多様な地球惑星物質の作製経験を蓄積することができた。作製の合間には、研磨を行なう中で感じている加工上の問題について意見交換し、海外の技術者と共有することができて嬉しかった。

薄片の質、薄片作製の効率向上に関する調査

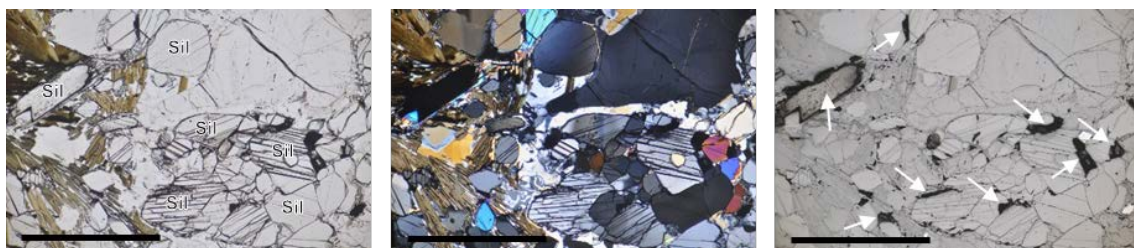
日々の業務遂行による作製経験の蓄積、研磨方法の模索などを通して技能高度化や薄片の完成度向上に取り組んでいるものの依然解決できていない課題について、海外の技術を見聞することにより、ブレークスルーを起こすことが本研修の大きな狙いの一つとしてあった。そこで、苦手になっているサンプルを2つ準備し、改善できるかどうか調査した。一つは、輝石、角閃石、珪線石、藍晶石などの機械的に壊れやすい鉱物を含むサンプルで、30 μm 厚に調整しようとする、割れ目が発達し、粒子の欠落、脱落が多数生じてしまうものである。もう一つは、雲母、緑泥石、蛇紋石などの軟らかい鉱物を含むサンプルで、表面分析用試料の鏡面研磨工程で軟質鉱物が研磨過剰となり、結果、研磨面が凸凹して面精度が低下してしまうものである。前者は表面分析用薄片を作製していただき、後者は技術指導を受けて研修者自身が表面分析用サンプルを作製した。結果として、脱落、研磨過剰ともに大きく改善できることが判明した。このうち、後者については、工夫次第では研修者の作業室の設備にて取り組むことができ、ありがたいことにアルミホイルなどの消耗品を頂戴することができたため、今後、技術習得に向けて取り組みたい。

また研修先では、薄片作製の効率化に繋がる様々な知見も得ることができた。例えば、スライドガラスに接着したサンプルを切り離す際、剛性の高い、厚みのあるブレードを用いることで、サンプルを薄く、かつ短時間で切断できるようにされていた。加えて、研磨力が高く高能率なダイヤモンド研磨パッドの採用による研磨時間の短縮化、自動研磨機を用いることによる複数サンプルの同時加工や複数工程の並行作業の導入が行わ

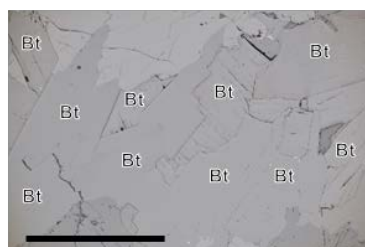
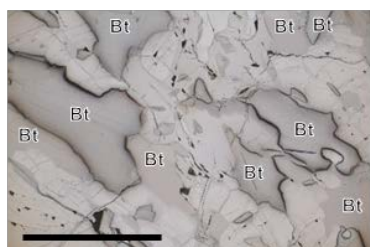
れていた。自動研磨機はまた、低負荷で研磨することにより、壊れやすい鉱物の破損低減にも有効なのではと感じた。



本研修で作製した分析用薄片の偏光顕微鏡写真(左, オープンニコル; 中央, クロスニコル)と反射顕微鏡写真(右). 写真中央にある藍晶石(Ky)が壊れやすい鉱物である. サンプルの厚さは約 40 μm で少々厚めに作製されている. かつて研修者が同サンプルで薄片を作製した際は, 同じ厚さでも藍晶石(Ky)が多数脱落してしまったが, 研修先で作製された薄片はほとんど脱落が生じていない. スケールバーはいずれも 1 mm.



研磨により鉱物の破壊, 脱落が生じた分析用薄片の例. (左, 中央)それぞれオープンニコル, クロスニコル下での偏光顕微鏡写真. (右) 反射顕微鏡写真. 研修で作製した表面分析用サンプルと同じ標本を用いて研修者が渡航前に作製したもの. 藍晶石(Ky)と同様薄片作製時に壊れやすい鉱物である珪線石(Sil)において, 割れ目の発達や脱落が認められる(反射顕微鏡写真中の白矢印). スケールバーはいずれも 1 mm.



軟質の鉱物(黒雲母; Bt)を多く含むサンプルにおいて, 研修者が渡航前に作製した表面分析用薄片の研磨面(左)と研修先で研磨した同サンプルの研磨面(右). 左では, Bt が大きく凹むとともに隣接する鉱物の縁が丸くなって平坦性が低下しているが, 右では Bt の凹みはわずかに抑えられ面精度も高い. スケールバーはともに 1 mm.

研磨消耗品の調査

機器分析用試料においては, 各種分析機器の運用条件を満たすことが求められる. 研修滞在期間においては, 接着やサンプルの包埋に使用される樹脂の調査も行った. これに関しては, 現地での消耗品の調査に加え, 樹脂を選別するにあたり非常に有益な情報である, 樹脂の化学組成, 電子線に対する抵抗度, 到達真空度などの様々な試験結果が公開されている web サイトを紹介していただいた. またこのサイトではインジウムによるサンプル包埋方法など興味深い技術も紹介されていることから, 今後ゆっくりと学んでいきたい.

ヘンリー・ソービーの薄片の見学

シェフィールドの博物館のコレクションストア（建物名無し）を訪問し、キュレーターのマクレーン氏の案内により岩石薄片を初めて作製したとされるヘンリー・クリフトン・ソービー（1826-1908）が作製した岩石薄片，結晶化実験生成物，海生生物のスライドなどを見学した。薄片はソービーのオリジナルボックスとともに保管されており，取り扱いはくれぐれも慎重にとのことであったが自由に触って良いとのことである。多くの薄片をボックスから取り出しては観察した。ソービーの薄片は4 cm 角のスライドガラスが使用されており，スライドガラス上には産地（実験の場合は条件など），記載，作製者（H.C.S.），作製年などが記入されていた。取り出した中で最も古い薄片は1849年で，樹脂の変色により多少黄ばんでいるものがあるものの170年前に作製されたものとは思えないきれいな薄片に感動を覚えた。偏光顕微鏡が無かったため厚さの確認や細部の観察が行えなかったことが残念であったが，スライドガラスの形状は異なるもののそれ以外の概観はほぼ現在の薄片と同等で，すでに技術が確立されていたことを現物で確認できたことは貴重な経験となった。

本学の国際化に対する研修成果の活用方法・フィードバック

これまで研究者からの伝聞や各機関ホームページでしか伺い知ることが出来なかった海外，特に日本よりも歴史あるドイツ，イギリスの薄片技術について，現地にて薄片技術者より直接指導や解説を受けることができ，見聞を深めることができた。今回の研修では薄片作製を行うことができたものの，実質は見学が中心であったため，新しく知り得た薄片技術や今回の渡航により足がかりを得た薄片の質，作製効率向上に関する知見をもとに技術習得，技術改善に努めたい。その上で日本の技術と海外の技術の良いところを組み合わせ，研究教育支援，すなわち薄片作製業務や実習，技術指導に活かしていきたいと考えている。それとともに，海外の薄片技術者と交流したことで構築できた技術者間のネットワークを将来に渡って維持し，技術者の最新の取り組みや海外の動向を取り入れ業務にフィードバックできればと考えている。