

令和元年度廣川研究助成事業報告

ハロゲンの分析技術・地球化学的研究の 動向調査及び国際共同研究打ち合わせ

遠山 知亜紀¹⁾

1. はじめに

2019年廣川研究助成事業により、2019年8月17日から28日の期間でスペインとイギリスを訪問する機会をいただいた。まず、8月17日から24日までスペインに滞在し、バルセロナで開催された Goldschmidt Conference 2019 (GC2019)に参加した。その後、イギリスのマンチェスターに移動し、マンチェスター大学にて共同研究の打ち合わせを行った。本稿では、今回の訪問の内容について報告する。

2. 研究及び GC2019 参加目的

近年、マンツルの組成は様々な空間スケールで不均質であることが明らかになってきている。しかし、その不均質性の広がりや空間的構造と成因については複数のモデルが示され、一致していない。この問題解明の糸口として、筆者は地球内部のハロゲン分布や沈み込み帯でのその挙動について調べている。

ハロゲンは周期表の17族に位置する元素群で、フッ素 (F)、塩素 (Cl)、臭素 (Br)、ヨウ素 (I)、アスタチン (At) の5元素からなる。このうち、Atには安定同位体が存在しないため、地球化学における“ハロゲン”は主にFからIを指す。これらの元素は揮発性・液相濃集性が高く、その性質からマンツルに少なく、地球表層のリザーバー(海洋・海底堆積物・地殻)に高濃度で存在している。また、ハロゲンのイオン半径は原子番号が大きいものほど大きく、それに応じてハロゲン間で地球化学的挙動に違いが生じる。そのため、各リザーバー(海水・海洋堆積物・海洋地殻・間隙水・大陸地殻・マンツル)が異なるハロゲン組成を示す(John *et al.*, 2011)。このため、ハロゲンは地球内部の物質循環を調べる指標として期待されており、ハロゲンの分布とその挙動について近年盛んに研究が進められている。筆者らはこれまでの研究で、マンツル起源岩石

のハロゲンの全岩分析を行い、そのI/Br比がマンツル本来の値と沈み込み帯から沈み込んだスラブ由来のハロゲンの影響を受けたマンツルの値の2つに分類できることを明らかにした。さらに、ハロゲン元素比(Br/Cl・I/Cl)から、沈み込んだハロゲンの起源を推定し、ハロゲンがマンツルの物質循環を調べる指標として有用であることを示した(Toyama *et al.*, 2013; 小林ほか, 2015)。現在はその発展研究として、沈み込み帯におけるハロゲンの挙動を探るため、南米大陸南部アンデス弧の Southern Volcanic Zone (SVZ) の第四紀火山において採取された火山岩のハロゲン分析を行っている。SVZ最南端西方にはチリ中央海嶺で区分されるナスカプレートと南極プレートが南米大陸下に沈み込む三重点が存在しており、SVZは南に行くほど沈み込むナスカプレートの年代が若くなる特徴を持つ。この特徴から、この地域の火山フロント上の火山についてハロゲン分析を行うことで、年代の異なるプレートの沈み込みを反映したハロゲン組成の変化を調べることが出来る。筆者はこの研究の成果発表とハロゲンの最新分析技術や研究の動向調査を行うため、GC2019に参加した。

3. GC2019 参加報告

Goldschmidt Conference (GC)は、1991年に Geochemical Society と European Association Geochemistry によって開催されて以降、毎年開かれている地球惑星化学分野の世界最大の学会である。毎年4000人を超える研究者が集まり、様々な研究(太陽系形成、惑星地球の進化、生命地球化学、環境化学、海洋化学、資源科学など)の発表が行われる。開催地はアメリカとヨーロッパで交互に移動し、今回は2019年8月18日から23日の日程でスペインのバルセロナにて行われた(写真1, 2)。筆者は、「From magma chamber to eruption cloud: the role of volatiles in volcanic processes, monitoring, and hazard assessment」のセッションにてポスター発表し、参加者と議論を行った。これまで

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード：ハロゲン、塩素同位体、マンツル、希ガス化法

SVZ 地域火山の F 濃度データが報告されていないことや、モデル計算を用いてソースマンツルのハロゲン組成を推定した研究が少ないこともあり、多くの方に関心を持ってもらえたようだった。毎年何千件もの研究発表が行われる GC だが、筆者が初めてこの学会でハロゲンの研究を発表した 2009 年には、ハロゲンの研究は数件で、ほとんど関心を持たれなかった。それが今では数えきれないほどの発表があり、セッションが立ち上がる程になっていて、地球科学におけるハロゲンに対する注目度の高さを実感する。自身の発表以外では、マンツル物質や海洋地殻・海底堆積物などのハロゲンや塩素同位体を分析した研究や、高圧実験によって鉍物 / メルト / 流体間のハロゲンの分配係数を推定した研究、そして、沈み込み帯やマンツルに関連した研究などを聴講した。

4. マンチェスター大学訪問の背景と内容

筆者がハロゲンの分析に用いている手法は主に全岩分析に適している。しかし今後、上述した研究や業務である海

底鉍物資源の広域調査・成因研究を進めていく上で、量に限りがある試料や部位ごとのハロゲン分析が必要になると想定される。そこで筆者は極微量や局所領域のハロゲン分析法として、希ガス化法の使用を検討している。希ガス化法はハロゲンを原子炉での中性子照射により特定の希ガス同位体に変換し、超高感度希ガス質量分析計で測定する手法である (Johnson *et al.*, 2000)。従来法に比べ、検出限界が極めて低く、さらに、マトリックス効果の影響を受けない利点がある。また、試料からの希ガス抽出の際に段階加熱や破碎などの手法を使い分けることで、異なるサイトのハロゲンを識別して測定できる。しかしこの手法では試料が放射能をもつため、全ての作業を放射線管理区域内で行わなければならないなどの制約から、現状では世界で 3 つの施設でしか行うことができない。そこで筆者は、そのうちの 1 つであるイギリスのマンチェスター大学にて分析技術を習得し GSJ にてこの手法を立ち上げる研究計画を立て、在外研究制度に応募した。その結果、2020 年の 3 月から研究を行うことが決まったので、打ち合わせのためマンチェスター大学を訪問した (写真 3, 4)。

訪問先のマンチェスター大学 Burgess 教授はダイヤモンドなど様々な鉍物に含まれる包有物中のハロゲンを希ガス化法を用いて分析し、マンツル内における物質循環についての研究を行っている (例えば, Burgess *et al.*, 2009)。教授とは筆者の共同研究者である東京大学角野准教授を通じて知り合い、定期的に交流を続けている。打ち合わせでは、在外研究中に様々な希ガス抽出法 (段階加熱・破碎・レーザー) を組み合わせた希ガス化法の技術を学ぶこと、筆者の用いているハロゲンの全岩分析法を同大学で立ち上げること、そして、分析の際に使用する試料などについて

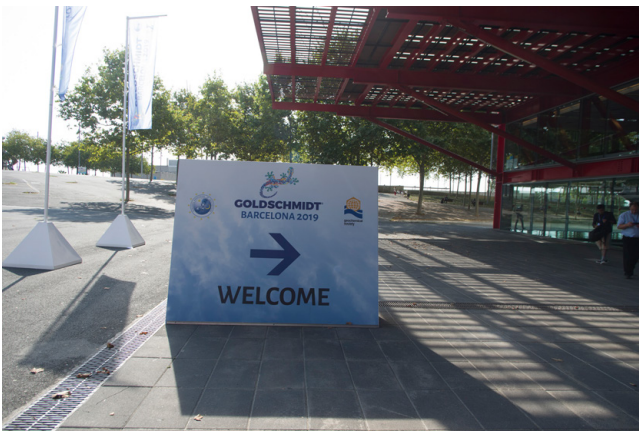


写真 1 Goldschmidt Conference 会場入り口



写真 2 Goldschmidt Conference ポスター会場



写真 3 マンチェスター大学を代表するメインの校舎



写真4 マンチェスター大学理学部校舎

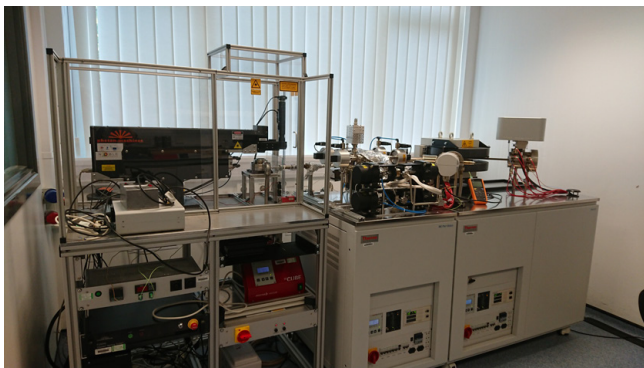


写真5 ハロゲンの分析に使用する希ガス質量分析器

話し合った。また、在外研究中の住居など生活面についても相談した。訪問した8月は大学の休校期間であったため、研究グループのメンバーは不在だったが、居室や実験室、大学構内を案内していただいた。実験室では丁度、角野准教授が希ガス質量分析計を用いて測定を行っていたので、その見学もすることが出来た(写真5)。また訪問中、Burgess教授に科学産業博物館を案内していただき、世界で最も古い駅舎や世界最古の蒸気機関車や飛行機、世界初のコンピューター、そして、とても古い質量分析計などを見学した。

5. おわりに

今回の渡航では、第一線の研究者の方々との研究交流や情報収集、そして、共同研究に向けた打ち合わせを行うことができ、とても実りの多いものとなった。また、研究以外でも、帰国時のマンチェスター空港で警報が鳴り空港の一部が閉鎖され搭乗手続きができなかったり、機内では飛

行中に近くに座っていた乗客が倒れ驚いていたら、筆者の隣りに医師が座っており一命を取り留めたりなど様々な場面に遭遇した。今回の渡航を通じ、筆者の経験値は間違いなく上がったと言える。

謝辞：訪問に際して、マンチェスター大学 Burgess 教授と東京大学角野准教授には事前の相談から打ち合わせまで、大変お世話になりました。また、今回の訪問は廣川研究助成事業により実現することができました。このような機会を与えてくださった関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

文 献

- Burgess R., Cartigny P., Harrison D., Hobson E. and Harris J. (2009) Volatile composition of microinclusions in diamonds from the Panda kimberlite, Canada: Implications for chemical and isotopic heterogeneity in the mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **73**, 1779–1794.
- John T., Scambelluri M., Frische M., Barnes J. D. and Bach W. (2011) Dehydration of subducting serpentinite: Implications for halogen mobility in subduction zones and the deep halogen cycle. *Earth and Planetary Science Letters*, **308**, 65–76.
- Johnson L. H., Burgess R., Turner G., Milledge H. J. and Harris J. W. (2000) Noble gas and halogen geochemistry of mantle fluids: Comparison of African and Canadian diamonds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **64**, 717–732.
- 小林真大・角野浩史・遠山知亜紀 (2015) マントル物質のハロゲン組成にみられるスラブ起源流体の痕跡. 地学雑誌, **124**, 445–471.
- Toyama C., Muramatsu Y., Sumino H., Yamamoto J. and Kaneoka I. (2013) Halogen ratios in kimberlites and their xenoliths related to their origin. *Mineralogical Magazine*, **77**, 2349.

TOYAMA Chiaki (2020) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2019 fiscal year: Report of Goldschmidt Conference 2019 and meeting for collaborative study of mantle heterogeneity deduced from halogen composition.

(受付：2020年1月14日)