

口頭講演 | R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会との共催セッション)

■ 2022年9月17日(土) 9:30 ~ 12:30 | 会場 B253 総合教育研究棟 B棟2F
R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会との共催セッション)

座長: 秋澤 紀克(東京大学)、越後 拓也(秋田大学)

[座長]

秋澤紀克：R7-01~R7-05

越後拓也：R7-06~R7-11

9:30 ~ 9:45

[R7-01] 高枯渇度かんらん岩中の角閃石：高Cr#スピネルと高Siメルトの関係

*田村 明弘¹、西尾 郁也¹、荒井 章司¹、森下 知晃¹ (1. 金沢大・地球)

9:45 ~ 10:00

[R7-02] 関東山地IOA-IOCG型磁鉄鉱鉱床候補

*宮下 敦¹、村上 浩康² (1. 成蹊大理工、2. 早大教育)

10:00 ~ 10:15

[R7-03] 茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

*越後 拓也¹、石澤 ほたか¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大院・国際資源)

10:15 ~ 10:30

[R7-04] 茨城県岩船岩体の花崗岩の特徴と高取鉱床との関連性

「発表賞エントリー」

*山崎 陽生¹、江島 輝美¹、昆 慶明²、綱澤 有輝² (1. 信州大・理、2. 産総研)

10:30 ~ 10:45

[R7-05] 黒鉱鉱床における両錐石英の形成メカニズム

「発表賞エントリー」

*杉岡 純平¹、山田 亮一¹、岡本 敦¹ (1. 東北大・院環境)

10:45 ~ 11:00

[1Lecture-201-11-6add] 休憩

11:00 ~ 11:15

[R7-06] タヒチ島産マントルカンラン岩中の白金族鉱物を含むメルト包有物

「発表賞エントリー」

*三津川 到¹、小木 曾 哲¹、秋澤 紀克²、田口 知樹³、上杉 健太郎⁴、竹内 晃久⁴、安武 正展⁴、土山 明^{5,6}、松本 恵⁷、松野 淳也⁶、奥村 翔太¹、伊神 洋平¹、三宅 亮¹ (1. 京都大、2. 東京大、3. 早稲田大、4. SPring-8/JASRI、5. 広州地球化学研究所、6. 立命館大、7. 東北大)

11:15 ~ 11:30

[R7-07] 高知県佐川町鳥巣石灰岩の自生石英中の炭化水素流体包有物の産状と化学的特徴

「発表賞エントリー」

*城戸 太郎¹、黒澤 正紀²、池端 慶² (1. 東大・院理、2. 筑波大・生命環境)

11:30 ~ 11:45

[R7-08] 秋田県荷葉岳大黒溶岩に含まれる灰長石巨晶の包有物からの成因の考察

*西脇 健凱¹、越後 拓也¹ (1. 秋田大・院国資)

11:45 ~ 12:00

[R7-09] レーザー照射システムを用いた鉱物の高温その場透過電子顕微鏡観察

*三宅 亮¹、鈴木 祐希¹、伊神 洋平¹、野村 龍一²、治田 充貴²、大西 市朗³、橋口 裕樹³ (1. 京大・理、2. 京大、3. 日本電子株式会社)

12:00 ~ 12:15

[R7-10] プレート拡大速度の指標としての海洋地殻温度構造：オマーンオフィオライトの岩脈群の結晶粒径温度

*海野 進¹、奥川 歩美⁵、寅丸 敦志²、草野 有紀³、宮下 純夫⁴、足立 佳子⁶、田村 明弘¹、森下 知晃¹ (1. 金沢大・地球社会、2. 九州大学・理、3. 産総研・地質調査総合センター、4. 北海道総合地質センター、5. YKK AP株式会社、6. 電力中央研究所)

12:15 ~ 12:30

[R7-11] The magmatic conditions and hypersolidus deformation of lower crustal magma chamber below a fast-spreading ridge. Insight from the core analyses of the Oman ICDP drill holes GT1A and GT2A

*Trinh Nguyen¹, Susumu Umino¹, Takahiro Fudai³, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹ (1. Kanazawa University, 2. AIST, 3. Pacific Cement, Co. Ltd.)

高枯渇度かんらん岩中の角閃石： 高Crスピネルと高Siメルトの関係

田村明弘*・西尾郁也・荒井章司・森下知晃（金沢大学・地球）

Amphibole in highly depleted peridotite

A. Tamura*, I. Nishio, S. Arai and T. Morishita (Earth Sciences, Kanazawa Univ.)

スピネルかんらん岩は上部マントルを代表する岩石で、部分溶融によりマグマを生成した溶け残り岩である。かんらん岩中のスピネルのCr# ($=Cr/[Cr+Al]$ 比) は部分溶融度のよい指標とされ、輝石中の希土類元素などのインコンパチブル元素組成からは溶融時の物質の流入などの情報が得られる。

中央海嶺下のマグマ生成の溶け残り岩とされる「海洋底かんらん岩」では、Cr#は0.55に及ぶが、0.3以下が卓越する。一方、海溝付近の海底で得られる「前弧域かんらん岩」ではCr#は0.8に達し、海洋底かんらん岩に比べ溶融度が高いことが知られている。これは沈み込んだプレートからの物質の流入による、含水下での溶融とされる。このような溶融度の高いかんらん岩は、沈み込み帯に特徴的なボニナイトマグマの生成との起源関係が議論されている。

パプアニューギニアやニューカレドニアのオフィオライトにはハルツバーガイトでスピネルのCr#が0.8を超える、異常に部分溶融度が高い「高枯渇度かんらん岩」が産する (Xu et al., 2021; Barrett et al., 2022)。日本国内では、北海道、神居古潭帯北部の幌加内オフィオライトに産している (Igarashi et al., 1985; 加藤・中川, 1986; 田村ほか, 1999)。本発表では、幌加内オフィオライトのマントルセクション (幌加内岩体・鷹泊岩体) のかんらん岩の成因とともに、かんらん岩中の角閃石について報告する。

両岩体は単斜輝石を含まないハルツバーガイト・ダナイトを主体とする。かんらん岩中

には、しばしば細粒な直方輝石が認められ、ハルツバーガイトからダナイトへのモード変化は遷移的である。スピネルのCr#は0.7以上が卓越し、0.88に達する。直方輝石の Al_2O_3 含有量は低く (< 0.7 wt%), インコンパチブル元素が著しく枯渇している ($Y < 0.01$ ppm, $Ti \approx 2$ ppm)。これに対しZr含有量は比較的高く (≈ 0.02 ppm), この関係は物質の流入を伴う部分溶融を反映している。

ハルツバーガイト中の角閃石はパーガサイト/エデナイト組成 ($Al_2O_3 \approx 8$ wt%, $Na_2O \approx 2.5$ wt%) で、かんらん石や直方輝石粒間および金雲母 (Naフロゴパイト) とともにスピネル中の包有物としても認められる。共存するスピネルはアメーバ状の不定形や包有物による虫食いの形状を呈する。

これらのハルツバーガイト/ダナイトの形成では、流体による含水下での部分溶融が考えられ、Siに富むメルトの生成が期待できる。著しく高いスピネルのCr#は、ボニナイトメルトの溶け残り岩としても調和的である。角閃石の微量元素組成からは、著しく枯渇した組成のメルトの存在が示唆され、スピネル中の包有物としても認められることから、溶融時にトラップされた含水メルトに由来すると考えられる。

また、低温での蛇紋岩化作用の際には、この角閃石の分解・変質により、かんらん岩体内および周囲の岩石中への二次的な元素の移動が想定される。

Keyword : Na

*Corresponding author : aking826@gmail.com

関東山地 IOA-IOCG 型磁鉄鉱鉱床候補

宮下 敦 (成蹊大理工), 村上浩康 (早大教育)

Plausible candidates of the IOA-IOCG type magnetite ore deposits in the Kanto Mountains.

Atsushi MIYASHITA* (Seikei Univ.), Hiroyasu MURAKAMI (Waseda Univ.)

In the Kanto Mountains, some Neogene magnetite ore deposits have features such as (1) formed near the tectonic line; (2) accompanied by hydrothermal brecciation of host rocks; (3) with actinolite or chlorite and carbonate alteration; (4) with REE-rich minerals; (5) magnetites including chlorapatite inclusions; (6) high formation temperature above 500°C. These characteristics indicate that these magnetite ore deposits are the IOA-IOCG type candidates in Japan. These ore deposits are thought to have formed a metallogenic province with the Miocene to Pliocene granodiorite.

関東山地には従来、第三紀鉄スカルン型に分類されてきた磁鉄鉱鉱床が分布している(Nakaono et al., 1990). このうち、中小坂鉱山磁鉄鉱鉱床は、今回の詳細な調査により、スカルン型ではなく、緑泥石-炭酸塩変質帯中の塊状磁鉄鉱鉱床であることが明らかになった。中小坂鉱山は、中央構造線に近く、鉱体を含めて周辺は角礫化を伴い、変質鉱物は数%の塩素を含んでいる。また、磁鉄鉱は、自形の燐灰石包有物を含む含ケイ素磁鉄鉱であり、一部に所謂 **Mushketovite** 様組織を示す。硫化物は、少量の磁硫鉄鉱と砒鉄鉱-硫砒鉄鉱を伴っている。予察的に得られた蛍石細脈の流体包有物充填温度および砒鉄鉱-硫砒鉄鉱の化学組成は、500°C以上の高温条件を示している。これらの特徴は、酸化鉄-燐灰石 (IOA)型あるいはキルナ型の磁鉄鉱鉱床のそれとよく一致する。

同様に、秩父鉱山ウズノ沢鉱床および甲武信鉱山梓山鉱床は、スカルンを伴う塊状磁鉄鉱鉱床であるが、共に、仏像構造線や秩父帯サブユニット断層近傍に胚胎され、磁鉄鉱は含ケイ素磁鉄鉱であり、自形の塩素燐灰石包有物を含む。加えて、ウズノ沢鉱

床は、透輝石と含 Ce 緑れん石などを伴う。また、甲武信鉱山では、El Lako 鉱床等でも認められるチタン鉄鉱離溶組織を持つ磁鉄鉱(離溶前はチタノマグネタイト組成)が見出されている。これらの特徴は、チリの鉄ベルト地帯に見られる酸化鉄-銅-金 (IOCG)型磁鉄鉱の特徴と類似している。

関東山地 IOA-IOCG 型候補の鉱体の磁鉄鉱について、Palma et al., (2021)の磁鉄鉱地質温度計を摘要すると、生成温度条件には差が見られ、秩父鉱山ウズノ沢が最も高温で、中小坂鉱山、甲武信鉱山梓山の順になる(図1)。これらの磁鉄鉱鉱体の関連火成岩は、中新世末~鮮新世の花こう岩マグマ活動と推定されており、IOA-IOCG 型磁鉄鉱鉱床区を形成していたと推定される。

これまで、日本列島では IOA-IOCG 型磁鉄鉱鉱床の報告はなかったが、これらの鉱床は同タイプの有力候補と考えられる。

引用文献

Nakano et al., (1990), *Econ. Geol.*, 85, 794-815.

Palma et al., (2021), *Nature*, 11:18424.

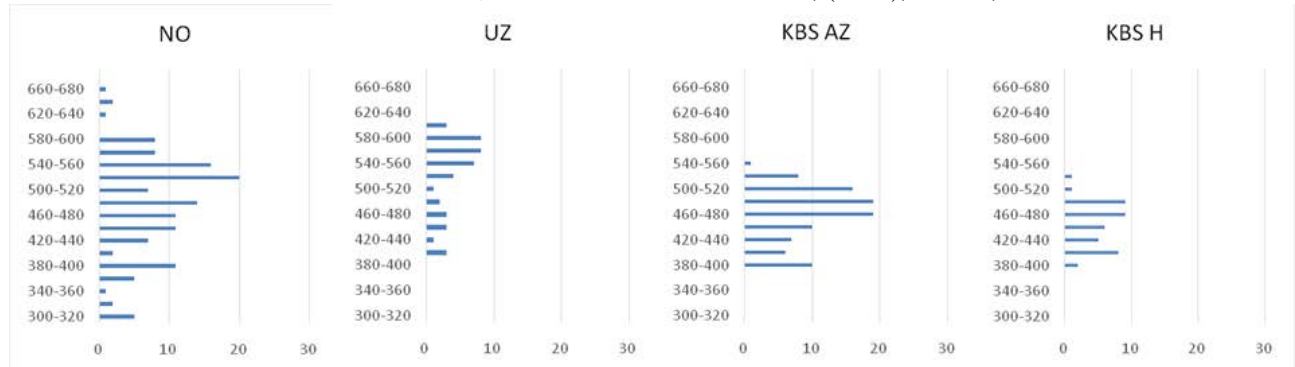


図1. 磁鉄鉱温度計(Palma et al., 2021)を用いた形成温度推定値のヒストグラム。KBS Hは離溶後の組成

Keywords: Magnetite, IOA-IOCG type, Skarn

*Corresponding author: miya@st.seikei.ac.jp

茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

越後拓也・石澤ほたか・渡辺寧 (秋田大院・国際資源)

Chemical composition of tourmaline from Li-pegmatite of Myokenzan, Ibaraki prefecture, Japan

Takuya Echigo*, Hotaka Ishizawa, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

The chemical compositions of tourmaline from lithium pegmatites at Myoukenzan, were analyzed using EPMA. The tourmaline samples from this deposit can be classified into five types: black, indigo, dark green, watermelon, and pink. For each type of tourmaline samples, chemical composition was measured and the apfu was calculated. Our results identified those tourmaline as schorl-elbaite series. In addition, as the differentiation evolved, Fe tends to decrease and Li and Al tends to increase. This difference in chemical composition can be reflected as the difference in color.

1. はじめに

茨城県常陸太田市に位置する妙見山は、日本国内でも数少ない、リチウム含有鉱物を産するペグマタイトである。(櫻井ら, 1977; Matsubara, et al. 1995). 本ペグマタイトより産する鉱物のうち、電気石はさまざまな鉱物とともに産出し、また共生鉱物により色の違いがあることから、色の違う電気石の化学組成の違いについて考察すべく、EPMA-WDSを用いて化学組成測定を行った。

2. 試料の産状

本産地の電気石は、結晶の色によって、(1)黒色タイプ、(2)紺色タイプ、(3)濃緑色タイプ、(4)“ウォーターメロン”(中心部がピンク色・周縁部が緑色)タイプ、(5)ピンク色タイプの5種類に分けられる。これらの5種類は、色のみならず共生鉱物にも違いがある。最初期にできると考えられるのが黒色タイプで、これは曹長石やざくろ石、白雲母とともに産する。つづいて紺色タイプ、濃緑色タイプであり、どちらも石英と白雲母とともに産する。そして“ウォーターメロン”タイプと続く。これはポルックス石やリチア輝石とともに産する。最後にピンク色タイプで、これはリチア雲母や石英とともに主に産するものである。

3. 分析手法

黒・紺・濃緑・ウォーターメロン・ピンクの各タイプの電気石をそれぞれ1試料ずつ、計5試料について分析を行った。化学組成分析は、上述の通りEPMA (JEOL JXA-8230)で行った。なおEPMAではリチウムおよびホウ素、水が計測できないため、化学組成計算についてはClerk (2007)による計算式に基づき求めた。

4. 結果

電気石は $XY_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3V_3W$ で表される鉱物で、それぞれ $X=Na, Ca, Y=Mg, Fe, Al, Li, Mn, Zn, Z=Al, Fe, Cr, V, T=Si, Al, B=B, V=OH, O, W=$

Keywords : Pegmatite, Tourmaline, Myokenzan, EPMA

Corresponding author: echigo@gipc.akita-u.ac.jp

OH, F, Oといった元素を含む。

化学組成の分析結果から、黒色のものは鉄電気石、その他のものはリチア電気石に分類されるとわかった(図1)。それぞれのタイプの電気石において、Yサイトを占有する元素量 (apfu) が特に顕著な変化を示した。特に鉄は、黒色タイプでは1.51apfuを記録したが、濃緑色タイプでは0.15apfuまで減少し、ピンク色タイプでは検出されなかった。対してリチウムは黒色タイプでは0.30apfuであるが、分化後期に至るにつれ増加し、最終的にピンク色タイプでは0.89apfu程度まで増加した。

5. 考察

今回の分析によって、電気石の化学組成が結晶分化を経るごとに鉄が減少し、アルミニウムやリチウムが増加していくことが明らかになった。このようなコンパティブルからインコンパティブル元素への推移は同じく国内のリチウム鉱物産地である長垂に産する電気石の分析結果(Shirose and Uehara, 2013)の傾向とも一致する。本研究で確認された電気石の色の違いは、こうした化学組成の違いを反映したものである。

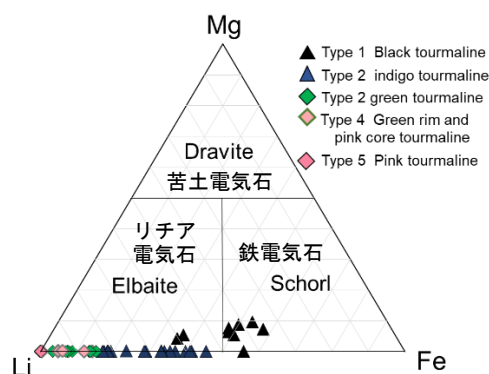


図1 妙見山ペグマタイト産電気石のYサイトにおけるMg-Li-Fe量 (apfu) を示す三角ダイアグラム。電気石の化学組成が鉄電気石からリチア電気石にかけて変化していることを示す。

茨城県岩船岩体の花崗岩の特徴と高取鉍床との関連性

山崎陽生*, 江島輝美(信州大・理), 昆慶明, 綱澤有輝(産総研)

Characteristics of the granite from the Iwafune pluton and its relation with the Takatori deposit, Ibaraki Prefecture

Haruki Yamazaki*, Terumi Ejima (Shinshu Univ. Sci.), Kon Yoshiaki, Yuki Tsunazawa (GSJ, AIST)

The trace element composition and zircon U–Pb age of granites from the Iwafune pluton were investigated to reveal the relation between the Takatori deposit and the granite. The granites are ilmenite series and contain high amount of Ga, Rb and Sn. The zircon U–Pb age of the granite lies within the range between the age of forming the Takatori deposit and the minimum age of aplite from that. The results are indicated that the granite of the Iwafune pluton might be associated with the granite that formed the Takatori deposit.

高取鉍床は茨城県城里町に位置する、スズ–タングステン鉍床である。瀧本(1941)は、高取鉍床の北東約 5 km にある岩船岩体の花崗岩を高取鉍床の関連火成岩と推察した。一方、小笠原ほか(1993)は、岩船岩体は閃緑岩から構成されており(通産省・資源エネルギー庁, 1986)、高取鉍床を形成するにはやや苦鉄質であることを指摘し、岩船岩体は高取鉍床の関連火成岩ではないと推察した。

岩船岩体の地質調査においては、瀧本(1941)が報告した花崗岩の存在が確認された(山崎ほか, 2021)。しかし、先行研究において、この花崗岩と高取鉍床の関連性は検証されていない。したがって、本研究では花崗岩の微量元素組成およびジルコン U–Pb 年代により、花崗岩と高取鉍床の関連性についての説明を行う。

岩船岩体は主に閃緑岩から構成され、花崗岩は閃緑岩の南東部の東西 300 m の範囲に分布している。帯磁率は $0.09\text{--}0.21 \times 10^{-3}$ SI であり、イルメナイト系列の花崗岩である。花崗岩は、アルカリ長石、石英、斜長石および黒雲母から構成され、副成分鉍物として黄鉄鉍、チタン石、イルメナイト、アパタイト、ジルコン、ルチルおよびモナ

ズ石を含む。全岩化学組成は、 SiO_2 が 70.4–71.8 wt%, Ga が 27.5–29.7 ppm, Rb が 272–341 ppm, Sn が 3.5–4.7 ppm である。

スズ–タングステン鉍床を形成する花崗岩はイルメナイト系列であり(Ishihara, 1981)、岩船岩体の花崗岩も同様である。花崗岩の微量元素組成は、高取鉍床のアプライトのもの(Ga: 29.6–33.2 ppm, Rb: 340–410 ppm; 小笠原ほか, 1993)と類似し、高い Ga, Rb の値を示す。また、タングステン鉍床の指示元素となりうる Sn(石原, 2002)は、岩船岩体のものは 3.5–4.8 ppm と比較的高い値を示し、西南日本のタングステン鉍床区の花崗岩のもの(1.0–12.4 ppm, 中央値 4.6 ppm; 石原, 2002)と一致する。岩船岩体の花崗岩のジルコン U–Pb 年代(64.6 ± 2.1 Ma: 山崎ほか, 2021)は、高取鉍床の鉍床形成年代とアプライトの貫入年代の最小値の範囲(71.8–57.3 Ma: Shibata and Ishihara, 1974; 小笠原ほか, 1993)に入る。したがって、岩船岩体の花崗岩と高取鉍床を形成した花崗岩は、同時期の火成活動によって形成されたと考察される。これらの結果から、岩船岩体の花崗岩は高取鉍床を形成した花崗岩と関連する可能性が高いと言える。

Keywords: granite, Iwafune pluton, tin–tungsten deposit, Takatori deposit

*Corresponding author: h.yamazaki@tutanota.de

黒鉱鉱床における両錐石英の形成メカニズム

杉岡 純平*・山田 亮一・岡本 敦（東北大・院環境）

The mechanism of bipyramidal quartz formation in Kuroko deposits

Jumpei Sugioka*, Ryoichi Yamada, Atsushi Okamoto (Tohoku Univ. Env.)

We analyzed Kuroko ore specimens and conducted hydrothermal experiments to discuss the mechanism of bipyramidal quartz formation in Kuroko deposits. Fluid inclusion microthermometry revealed that the bipyramidal quartz in Kuroko formed in fluid at about 300°C. Hydrothermal experiments revealed that the bipyramidal quartz formed by phase transition from amorphous silica. The bipyramidal quartz is thought to have formed by supersaturation of silica in a fluid maintained at high temperature in the stockworks in the subsurface of the Kuroko deposit.

黒鉱鉱床の鉱石の解析と水熱実験を行い、黒鉱鉱床における両錐石英の形成メカニズムについて考察した。秋田県北鹿地域の花岡鉱山（堂屋敷鉱床、松峰鉱床）から採取した両錐石英を含む黒鉱鉱床の鉱石を解析に用いた。石英粒は自形の両錐形を示し、軸方向の長さが0.01–0.52mm、アスペクト比が~3であった。石英粒に含まれる流体包有物の均質化温度は281–309°Cであり、黒鉱鉱床の両錐石英は約300°Cの流体中で形成したことが明らかになった。また、鉛直流路を持つ実験装置を用いて、予め作成したシリカ水溶液（Si =

~300 ppm）を上向きに流通させた鉱物析出実験を行った。一定圧力で、反応管を流路に沿って加熱することでシリカ鉱物を析出させた。実験は、超臨界条件及び飽和蒸気圧条件において行った。析出物の解析結果から、両錐石英はアモルファスシリカから相変化して形成することが分かった。また、飽和蒸気圧条件においても形成したことから、両錐石英は気液混合相においても成長することが明らかになった。両錐石英は、黒鉱鉱床下部のストックワークにおいて、シリカが高温で過飽和になることによって形成したと考えられる。

Keywords: Quartz, Silica, Kuroko deposits, Submarine hydrothermal deposits, Hydrothermal experiments

*Corresponding author: jumpei.sugioka.r8@dc.tohoku.ac.jp

口頭講演

R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会 との共催 セッション)

座長: 秋澤 紀克(東京大学)、越後 拓也(秋田大学)

2022年9月17日(土) 09:30 ~ 12:30 B253 (総合教育研究棟 B棟2F)

[座長]

秋澤紀克：R7-01～R7-05

越後拓也：R7-06～R7-11

10:45 ~ 11:00

[1Lecture-201-11-6add]休憩

タヒチ島産マントルカンラン岩中の白金族鉱物を含むメルト包有物
三津川到¹, 小木曾哲¹, 秋澤紀克², 田口知樹³, 上杉健太郎⁴, 竹内晃久⁴, 安武正展⁴,
土山明^{5, 6}, 松本恵⁷, 松野淳也⁶, 奥村翔太¹, 伊神洋平¹, 三宅亮¹

(¹京都大, ²東京大, ³早稲田大, ⁴SPring-8/JASRI,
⁵広州地球化学研究所, ⁶立命館大, ⁷東北大)

Melt inclusions containing platinum group minerals in Tahitian mantle xenolith

I. Mitsukawa^{1*}, T. Kogiso¹, N. Akizawa², T. Taguchi³, K. Uesugi⁴, A. Takeuchi⁴, M. Yasutake⁴,
A. Tsuchiyama^{5,6}, M. Matsumoto⁷, J. Matsuno⁶, S. Okumura¹, Y. Igami¹, A. Miyake¹
(¹Kyoto Univ., ²Univ. of Tokyo, ³Waseda Univ., ⁴SPring-8/JASRI,
⁵Guangzhou Inst. Geochem., CAS, ⁶Ritsumeikan Univ., ⁷Tohoku Univ.)

白金族元素 (Platinum Group Elements, PGE) は、核-マントル分離や始原的物質の降着といった初期地球の進化過程を制約する上で重要な地球化学的トレーサーである。これまで天然のマントルカンラン岩を用いて仮想的な始原的マントル (Primitive mantle = PM) の PGE 組成が推定されてきた^[1]。しかし、マントルカンラン岩の PGE 組成は、メルトや流体の影響により二次的に変化することが知られており^[2]、正確な PM の PGE 組成推定のためにはマントル内部における PGE の分布や輸送機構を明らかにする必要がある。そのためには、マントルカンラン岩中において PGE の主要なホスト鉱物である Fe-Ni-Cu 硫化鉱物と白金族鉱物の記載が重要である^[3]。特に包有物として分布しているものは、地表付近での風化や侵食を免れていると考えられるため重要である^[4]。マントルカンラン岩中の Fe-Ni-Cu 硫化鉱物や白金族鉱物は、一般的に数 10 μm 以下と微小である。しかし、先行研究では、二次元的かつ μm スケールで記載が行われている場合が多く、三次元的な分布や体積比、他の相との共存関係が明確に示されてこなかった。

我々はこれまでに、タヒチ島産マントルカンラン岩捕獲岩中のメルト包有物に対して放射光 X 線 CT 撮影を実施し、PGE を含む数 μm 以下のメルト包有物を三次元的に μm 以下の空間分解能で記載してきた。その結果、単斜輝石中にメルト包有物として分布している Fe-Ni-Cu 硫化鉱物中に、先行研究における記載よりも多量 (約 4.4 vol%) の白金族鉱物が含まれていることを見出した^[5]。また、白金族鉱物と Fe-Ni-Cu 硫化鉱物は、珪酸塩ガラスや“流体らしき相”と様々な量比で共存していることが分かった。

本研究では、白金族鉱物と共存する“流体らしき相”に着目して、その相同定を目的にラマン分光分析を行った。さらに、同じ単斜輝石中に分布する別のメルト包有物に対して透過型電子顕微鏡 (TEM) とエネルギー分散型 X 線分光装置 (EDS) を用いた組成分析を行った。

Keywords: Platinum Group Elements, Bitumen, Melt inclusion, Raman spectroscopy, Tahiti Island

*Corresponding author: mitsukawa.itaru.35x@st.kyoto-u.ac.jp

“流体らしき相”に対してラマン分光分析を行った結果、1360、1600、3000 cm⁻¹ 付近に珪酸塩ガラスや硫化鉱物由来のピークとは明確に異なるブロードなピークが得られた。しかし、先行研究^[6]で報告のある二酸化炭素等の主要な気相のピークは得られなかった。“流体らしき相”から得られたラマンスペクトルは、主に高分子炭化水素から得られるラマンスペクトルに類似しており、その中でも特に瀝青質物質のラマンスペクトルと類似している。“流体らしき相”が瀝青質物質であれば、白金族鉱物を多量に含むメルト包有物が還元的な環境で包有されたことを示唆している。

さらに、白金族鉱物を含むメルト包有物が分布していた単斜輝石中の別のメルト包有物を含むように、厚さ 1 μm の TEM 用試料を、集束イオンビーム加工装置 (FIB) を用いて作製し、STEM-EDS 分析を行った。その結果、Fe-Ni-Cu 硫化鉱物中に Ir や Pt を含む白金族鉱物が見られた。しかし、“流体らしき相”の領域からは、明確に“流体らしき相”由来であると考えられる元素は確認できなかった。その原因としては、消失してなにも存在していなかった、または試料による特性 X 線の吸収の影響、組成分析を行った“流体らしき相”が瀝青質物質以外の物質であるなどの可能性が考えられる。今後、白金族鉱物と共存する“流体らしき相”に対してより詳細な分析を行っていくことで、多量の白金族鉱物を含むメルト包有物の形成環境を制約することが期待される。

[引用文献]

¹Becker et al., 2006, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **70**, 4528-4550

²Alard et al., 2000, *Nature*, **407**, 891-894

³Lorand et al., 2008, *Elements*, **4**, 247-252

⁴Akizawa et al., 2020, *Can. Mineral.*, **58**, 99-114

⁵三津川ほか, 2022 日本地球惑星科学連合 2022 年大会

⁶Akizawa et al., 2017, *Chem. Geol.*, **475**, 87-104

高知県佐川町鳥巢石灰岩の自生石英中の炭化水素流体包有物の 産状と化学的特徴

城戸 太朗* (東大理院), 黒澤 正紀, 池端 慶 (筑波大・生命環境)

Hydrocarbon fluid inclusions in authigenic quartz from Torinosu limestone at Sakawa, Kochi Prefecture, southwestern Japan

Taro Kido* (Univ. Tokyo, Sci), Masanori Kurosawa, and Kei Ikehata (Life Env Sci., Univ. Tsukuba)

Hydrocarbon fluid inclusions trapped in authigenic quartz from the Jurassic Torinosu limestone at Sakawa town, Kochi Pref., Japan were characterized by measurements of UV fluorescence, homogenization temperature, and Raman spectra to investigate behaviors of hydrocarbon fluids in organic-rich calcareous sediments from southwestern Japan.

堆積岩中に存在する炭化水素は、続成作用の過程で生物源有機物から主に生成されるとされ、特に有機物に富む石灰岩中のものは、原油の起源物質として重視されている。石灰岩は続成作用の過程で、方解石や石英を自生鉱物として析出することがあり、周囲の流体を流体包有物として捕獲することも知られている。そこで、本研究では研究例の少ない島弧・大陸縁辺部の堆積岩中の炭化水素流体の化学的特徴を検討するため、高知県佐川町の石灰岩の自生石英中の炭化水素流体包有物について紫外線励起観察、均質化温度の測定、顕微ラマン分光測定を行った。

試料には、佐川町の鳥巢石灰岩中の晶洞に自生する石英と、石灰岩に随伴する砂質岩の裂罅に自生する石英の両面研磨片を用いた。自生石英は、大きさ数mmの両錐自形結晶で、石灰岩中の晶洞や砂岩中の裂罅に方解石・黄鉄鉱の自形結晶や瀝青質炭質物の微粒と共に自生していた。両者の石英内部には大きさ数十 μm の多量の流体包有物と少量の瀝青質炭質物・方解石結晶の固相包有物が含まれていた。流体包有物は液相+気泡±微小瀝青質析出物から構成され、多量の液相包有物と少

量の気相包有物からなっていた。紫外線照射では、9割近くの液相包有物が青色蛍光を示し、少量が緑色や黄色の蛍光を、無蛍光の包有物も稀にあった。このことから、芳香族化合物を主体とする炭化水素流体であることが推測された。

液相包有物の均質化温度は、石灰岩中の石英試料で45~49 $^{\circ}\text{C}$ (最頻値)、砂岩中の石英試料で35~39 $^{\circ}\text{C}$ (最頻値)であり、後者の包有物は室温でほぼ沸騰状態にあった。石灰岩中の瀝青質炭質物と石英試料の液相包有物を顕微ラマン分光法で測定すると、多環芳香族化合物に特徴的な1350 cm^{-1} と1600 cm^{-1} 付近のピークが認められ、芳香族化合物を多量に含むことが確認された。液相包有物および気相包有物に H_2O と CO_2 に由来するピークは確認されなかった。

分析結果から、石灰岩中の炭化水素流体は、数個のベンゼン環が結合した多環芳香族化合物を多量に含むことが分かった。炭化水素流体包有物の均質化温度は炭化水素の分解程度(熟成度)と密接で、今回の低い温度は複雑な生物源有機物の分解が進み、簡単な構造となった多環芳香族化合物の存在と調和的であった。

Keywords: hydrocarbon fluid inclusion, authigenic quartz, UV fluorescence, homogenization temperature, Raman spectra

*Corresponding author: kido-taro310@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

秋田県荷葉岳大黒溶岩に含まれる灰長石巨晶の成因： 包有物からの考察

西脇健凱・越後拓也（秋大院・国際資源）

Formation of anorthite megacrysts in Oguro lava of Mt. Kayo, Akita Prefecture: Insights from their inclusions

Takeyoshi Nishiwaki* , Takuya Echigo (Grad. School Internat. Res. Sci., Akita Univ)

火山岩を構成する斑晶鉱物のうち、粒径が著しく大きく An 成分が高い斜長石（典型的には粒径 1cm 以上かつ $An > 90$ ）は灰長石巨晶と呼ばれ、日本列島産火山岩に特徴的な鉱物であることが知られている (Kimata et al. 1995). 灰長石巨晶形成の生成機構として複数の仮説が提案されているが、灰長石巨晶の内部構造や化学ゾーニングを考慮したモデルはない。本研究では、秋田県仙北市荷葉岳火山に産出する灰長石巨晶の鉱物学的特徴を記載し、得られた分析結果に基づき荷葉岳火山に産出する灰長石巨晶の成因を考察する。

研究試料は荷葉岳の南側に分布する大黒溶岩の下部および上部から採取された玄武岩質火山岩である。偏光顕微鏡観察により、斑晶鉱物は普通輝石と灰長石、石基は自形斜長石からなり、まれに灰長石斑晶が融食して丸くなった普通輝石を包有していることが観察できた (図)。EPMA を用いた観察により、灰長石斑晶には低 An#(50% 程度)な部分と高 An#(83%-86%)な部分があり、以下のような産状を示すことが明らかになった: (1) 中心部が高 An#で縁辺部は石基斜長石と近い An#を示す正累帯型、(2) 高 An#の中心部から低 An#の縁辺部に至るまでに、正累帯と逆累帯を繰り返す波状累帯型、(3) ひとつの斑晶中に複数の高 An 領域が島状に存在し、その間を低 An 斜長石が埋めるように晶出した合体型の 3 型である。正累帯型は大黒溶岩の下部から上部まで普遍的に存在し、波状累帯型は主に大黒溶岩とその上位層の前郷溶岩との境界部で採取した試料で観察された。合体型は大黒溶岩上部の発泡が著しい転石か

Keywords: Anorthite megacrysts, Mt Kayo, EPMA, Chemical zoning, Crystal growth

*Corresponding author: nagaseelectronics@gmail.com

ら採取した試料で観察された。

以上の結果から荷葉岳火山の灰長石巨晶の成因と生成環境を考察する。まず、一部の灰長石斑晶に融食した普通輝石が包有されることは、比較的高い圧力のもと、普通輝石が灰長石よりも先に晶出し、その後、普通輝石の安定条件から外れた環境下で灰長石が晶出した可能性が Bindeman & Bailey (1999) の数値実験の結果から示唆される。また、波状累帯型構造を持つ灰長石巨晶の存在は、比較的分化したマグマだまり中に未分化なマグマが複数回注入されるようなマグマ混合が灰長石巨晶の成長に寄与したことを示す。さらに合体型においては、高 An 部分と低 An 部分の境界が比較的不明瞭であり、偏光顕微鏡観察で双晶でない部分で消光角度が一致していないことから、灰長石巨晶がマグマ混合によって、比較的大きな近くの斑晶を石基が取り込み合一 (coalescence) を起こし巨晶へ成長したものであると考えられる。分化が進んだマグマと未分化なマグマの混合が起きた際に、高 An なコア部分を取り囲むようにリム部分が晶出したと考察した。

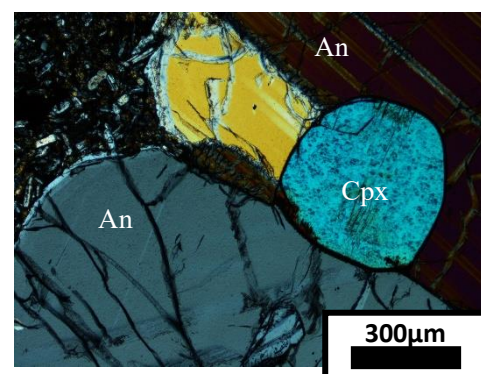


図. 普通輝石を包有する灰長石斑晶

レーザー照射システムを用いた鉱物の 高温その場透過電子顕微鏡観察

三宅亮・鈴木祐希・伊神洋平・野村龍一・治田充貴（京大），
大西市朗・橋口裕樹（日本電子株式会社）

In-situ heating TEM experiments of minerals with laser irradiation system

Akira Miyake*, Yuki Suzuki, Yohei Igami, Ryuichi Nomura, Mitsutaka Haruta (Kyoto Univ.),

Ichiro Ohnishi, and Hiroki Hashiguchi (JEOL Ltd.)

【はじめに】高温その場透過電子顕微鏡(TEM)観察技術として、小型ヒーター炉や金属ワイヤーを組み込んだホルダーが用いられてきたが、近年では MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) チップを用いた加熱ホルダーが主流になってきている。しかし、1500 °Cを超える高温は難しいとされ、また変形実験や他の実験との組み合わせには制限がある。一方、レーザー照射による試料加熱法も古くから検討されており[1]、近年はレーザーの小型化などにより開発や製品化が進み、ますます注目されている（例えば、[2],[3]）。しかし、酸化物、特に珪酸塩鉱物での適用例はほぼない。そこで本研究では、吸光率が小さい鉱物で、さらに TEM 用の超薄膜試料でもレーザー照射により加熱が可能かどうかを確かめるため、珪酸塩鉱物の相転移に注目して、TEM 内でレーザー照射その場加熱実験を行った。

【手法】試料として、相転移温度がわかっている天然石英 (SiO_2 , $P3_121/P3_221$) と合成した単斜エンスタタイト (MgSiO_3 , $P2_1/c$) を用い、比較のため熱伝導率の高いダイヤモンドも用いた。すべて集束イオンビーム装置 (Helios Nanolab G3CX, Thermo Fisher Scientific) を用いて Mo または Cu のグリッドにつけた。使用した透過型電子顕微鏡は、レーザー照射システム(Luminary Micro Compact Specimen Photoexcitation System) を搭載した JEM-ARM300F2 (JEOL)を用いてその場観察実験を行った。用いたレーザー光の波長は 577 nm、最大出力 3 W である。

約 100 mW 刻みで、段階的にレーザーの出力

Keywords: electron microscope, in-situ experiment, laser irradiation

*Corresponding author: miya@kueps.kyoto-u.ac.jp

をあげ、各出力で制限視野電子回折図形を取得した。そこから熱膨張率を計測し、過去の文献値[4]を用いて温度を推定した。

【結果と考察】573.15 °Cで高温相 ($P6_221/P6_421$) へ相転移することが知られている石英のその場観察の結果、1000 mW レーザー照射下から急冷した場合は相転移に伴うドフィーネ双晶は観察できなかったが、1500 mW レーザー照射下からの急冷では相転移に伴う双晶が観察できた。

単斜エンスタタイトは、1000–1100 °C付近で高温型の単斜エンスタタイト ($C2/c$) またはプロトエンスタタイト ($Pbcn$) に相転移することが知られている。単斜エンスタタイトのその場観察の結果では、レーザーの出力が 2300 mW で、特定の回折スポットが消滅し、高温型の単斜エンスタタイト ($C2/c$) へ相転移した。相転移前のレーザー出力 2200 mW における試料温度は、得られた電子回折図形と熱膨張率から見積もったところ、約 1000 °Cであることから、相転移温度は過去の相転移温度と大きくずれていない。これらの結果から、珪酸塩鉱物でもレーザーにより加熱できることがわかった。

一方、非常に熱伝導率の高いダイヤモンドでは、用いたレーザー照射システムの最大出力 3000 mW まで照射したが、熱膨張しなかった、すなわち温度上昇が計測できなかった。

【引用文献】 [1] Takaoka et al. J. Electron Microsc. 38, 95, (1989) [2] Wu et al., Microscopy & Microanalysis, 24, 647, (2018). [3] Grosso et al., Nano Lett., 20, 1041, (2020). [4] Hugh-Jones, American Mineralogist, 82, 689, (1997)

プレート拡大速度の指標としての海洋地殻温度構造： オマーンオフィオライトの岩脈群の結晶粒径温度

海野 進* (金沢大)・奥川歩美 (YKK)・寅丸敦志 (九州大)・草野有紀 (産総研)・宮下純夫 (北海道総合地質)・足立佳子 (電中研) 田村明弘・森下知晃 (金沢大)

Thermal structure of the oceanic crust as a proxy for the spreading rate — X-tal size geothermometer of the sheeted dikes in the Oman Ophiolite

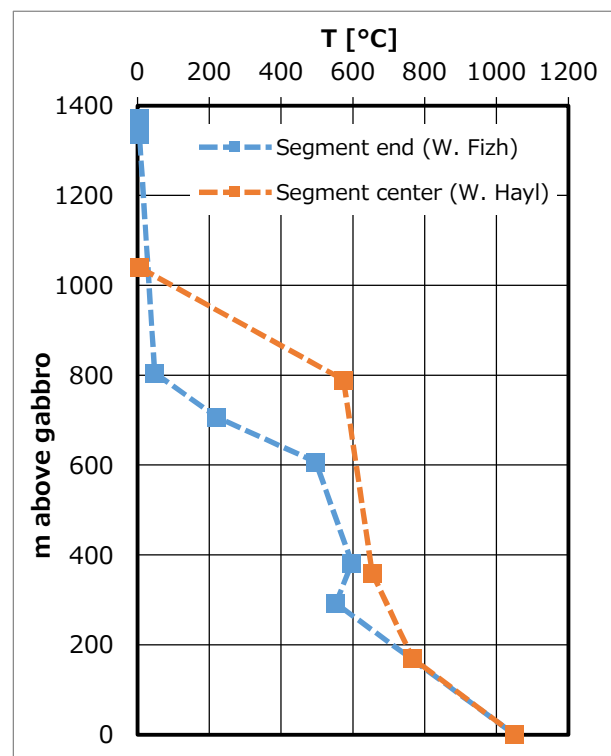
Susumu Umino (Kanazawa Univ.), Ayumi Okugawa (YKK), Yuki Kusano (AIST), Miyashita, S. (HRCG), Yoshiko Adachi (CRIEPI), Akihiro Tamura and Tomoaki Morishita (Kanazawa Univ.)

中・高速で拡大した上部海洋地殻では、海嶺軸に沿ったマグマ供給率の違いに対応して地殻の構造や厚さが系統的に変化する(海野・草野, 2021)。海嶺軸セグメントの中心では浅所にマグマ溜まり頂部のメルトレンズがあり、薄い岩脈群と厚い噴出岩層が発達する。一方、セグメント端では薄いメルトレンズが深所にあるか、存在しない。噴出岩層よりも岩脈群が厚く発達する。セグメント中心の方が端よりもマグマ供給率が高いため、メルトレンズが浅くなると考えられる。

現在の海嶺下の下部地殻についてはよくわからないが、オマーンオフィオライトでは古拡大軸セグメント内の下部地殻構造もセグメント内の位置に応じて変化する。セグメント中心にあたるオマーン北部のWadi ThuqbahやICDPオマーン掘削が行われた南部のWadi Gideahではハイパーソリダス変形が卓越するフォリエーティッドガブロが厚く、顕著なモード層状構造を示す層状ガブロはモホ遷移帯直上のみ分布する。これに対してセグメント端にあたる北部のW. Sadamではシート状岩脈群直下まで厚い層状ガブロが発達する。セグメント中心ではマグマ供給率が高いため、部分熔融した結晶マッシュ状のマグマ溜まりが発達し、厚いフォリエーティッドガブロとなったと考えられる。一方、低マグマ供給率のセグメント端ではマグマ溜まりの冷却が進み、間隙率障壁を生じやすく、上昇するメルトがトラップされてシルとなって層状ガブロが発達したと考えられる。

このように海嶺軸セグメントに沿ってマグマ供給率が変わることに応じて、地殻構造の違いが生じる。従って、高マグマ供給率のセグメント中心の地殻は高温で、低供給率のセグメント端は低温であったと予想される。これを確かめるには海嶺軸直下の温度構造を知る必要がある。われわれが開発した結晶粒径温度計は、岩脈中心付近の結晶粒径から母岩の温度を推定する方法である。北部オマーンオフィオライトのシート状岩脈群に本温度計を適用し、古拡大軸セグメント中心のW. Haylと端にあたるW. Fizehの岩脈群の温度を推定した。セグメント中心では岩脈群を通して600℃以上と高

温であるのに対して、セグメント端では岩脈群上部で200℃以下、下部ではガブロへ向けて温度勾配が急上昇する温度構造を示す。セグメント端では岩脈群上部が熱水循環により、下部は主に熱伝導によって冷却されたと解釈できる。これに対してセグメント中心の様に高温の岩脈群は、上昇する熱水によって岩脈群が加熱されたと考えられる。熱収支のモデル計算の結果、セグメント中心の温度構造を再現できる条件は限られており、これによりプレートの拡大速度を制約できる可能性がある。詳細は本講演において報告する。



海野 進・草野有紀, 地学雑誌,
doi:10.5026/jgeography.130.599.
Umino, S., et al., Scientific Drilling, doi.org/10.5194/sd-29-69-2021.

X-tal size geothermometer, Oman Ophiolite, crustal architecture, geotherm, spreading rate

* sesumin@staff.kanazawa-u.ac.jp

The magmatic conditions and hypersolidus deformation of lower crustal magma chamber below a fast-spreading ridge — Insight from the core analyses of the Oman ICDP drill holes GT1A & GT2A

Trinh Nguyen*, S. Umino, T. Fudai, Y. Kusano, O. Ishizuka, A. Tamura, and T. Morishita

The ICDP Oman Drilling Project drilled the lower crustal section of the Oman Ophiolite in Wadi Gideah, north of Ibra and recovered 400 m long cores each from Hole GT1A and GT2A. Microscope observations and La-ICP-MS analyses were conducted on the core samples to obtain microstructural data and trace element concentrations, which help to understand the magmatic conditions and hypersolidus deformation operated in the lower crustal magma chamber beneath the Oman paleoridge axis.

Progressive downhole variations in cumulate gabbro microstructures are observed throughout the hole GT2A to GT1A. Plagioclase changes from flat, platy crystals with high aspect ratios to short, stubby crystals with wavy outlines. The proportion of primary, cumulus plagioclase decreases from more than 70% to around 3% in GT2A, and from about 7% to less than 1% in GT1A, while that of broken plagioclase increases from approximately 25% to 95%, and from nearly 85% to 90% in GT2A and GT1A, respectively. The amount of recrystallized plagioclase crystals ranges from 0% to 5% in GT2A, smaller than that in GT1A ranging from 5% to 10%. Clinopyroxene is deformed to distorted rectangular shapes with a quarter structure, and then changes into crystals with sub-grains, which eventually forms neoblasts. Equilibrium texture shown by polygonal crystals that meet at a triple junction of obtuse angles around 120° appears in downhole. The percentages of primary clinopyroxene in GT2A drop from 100% to 80%, most of them are more than 90% while in GT1A, they fall from 90% to 60%. In contrast, secondary clinopyroxene crystals including subgrains, neoblasts, and recrystallized grains increase to 20% in GT2A, and vary between 10% and 40% in GT1A. Ophitic clinopyroxene is present throughout the drill holes, although gradually decrease in number downhole.

The progressive deformation and recrystallization of cumulus crystals shown above are associated with compaction of cumulus piles that led to entrapment of interstitial melts. Subsequent cooling of cumulus mushes caused in-situ fractionation of the trapped melts to form zoning in the rims. Most cumulus clinopyroxene shows normal zonings, while there are a few unzoned crystals in GT2A and in the lower GT1A. Trapped melt fractions were estimated by mass balance calculations on the basis of the modes of olivine, clinopyroxene and plagioclase, and the concentrations of La, Ce and Pr in clinopyroxene crystals.

Ophitic texture is present throughout the holes suggesting that all cumulus plagioclase and clinopyroxene crystallized under large degrees of supercooling, which is typically observed in the sheeted dikes and the roof zone upper gabbros. Furthermore, high trapped melt fraction and the common presence of zoned cumulus minerals suggest that both GT2A and GT1A drill holes penetrate the thick foliated gabbros in Wadi Gideah section, which crystallized on the axial melt lens floor and were transported downward in the lower crust.

Keywords: Oman ICDP, GT1A>2A, magma chamber, fast-spreading ridge, foliated gabbro

*Corresponding author: ngttrininh@hcmus.edu.vn