

ミャンマー南部の花崗岩類中の軽希土類と重希土類の分別：重希土類に富む花崗岩への影響
Fractionation between LREE and HREE in granitic rocks in southern Myanmar: Implications
for HREE-rich granite

*実松 健造¹、江島 輝美¹、昆 慶明¹、間中 崇行²

*Kenzo Sanematsu¹, Terumi Ejima¹, Yoshiaki Kon¹, Takayuki Manaka²

1.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 鉱物資源研究グループ、2.Neko Minerals Co., Ltd.

1.Mineral Resource Research Group, Institute for Geo-Resources and Environment, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.Neko Minerals Co., Ltd.

希土類元素(REE)の中でも、重希土類(HREE)はYを除くと軽希土類(LREE)に比べ地殻存在量が少なく、市場での価格も高い。現在採掘可能なHREEに富む鉱床は、イオン吸着型鉱床の一部(例えば、中国のLongnan)にほぼ限定されている。これらの原岩は極度に分化したカルクアルカリ花崗岩(> 74 -75 % SiO₂)であり、HREEに富みLREEに乏しい。本研究では、SiO₂含有量67 -76 %の花崗岩類をミャンマー南部から採取し、全岩化学組成とREE含有鉱物の産出を調べた結果を基に、HREEに富む花崗岩の特徴を論じる。

マグマ中ではHREEに比べてイオン半径が大きいLREEがより不適合元素として挙動するため、部分熔融度の低いマグマから形成されたアルカリ岩は一般にLREEに著しく富むがHREEには若干富む程度である。HREEに富む花崗岩の形成には、部分熔融度よりもマグマの分化に伴うREE含有鉱物の分別が重要な役割を果たす。本研究においてミャンマー南部で採取した白亜紀後期-始新世の花崗岩類を分析した結果、SiO₂含有量が74%程度を超える分化した花崗岩はHREEに富む傾向が見られた。この境界は全岩化学組成よりも、REE含有鉱物の産出によって明確に決められる。SiO₂含有量が74%以下の花崗岩はチタン石と褐レン石の片方または両方を含むのに対し、SiO₂含有量が74%以上の花崗岩にはこれらの鉱物をほとんど含まない。EPMAによる化学組成分析の結果、いくつかのチタン石はHREEに富んでいることが分かった。チタン石はジルコンと同様に花崗岩の主要なHREE含有鉱物であるため、チタン石が晶出しないと、メルトは最終的にHREEに富むようになる可能性がある。極度に分化した花崗岩(SiO₂ > 74%程度)中ではチタン石はほとんど見られなかったが、シンキス石-(Y)といった様々なHREE含有鉱物が確認された。

本研究結果は、イオン吸着型鉱床の原岩に代表されるようなHREEに富む花崗岩は、マグマの分化過程で主要なHREE含有鉱物であるチタン石を晶出しない条件で形成されたことを示唆している。花崗岩類の全岩化学組成および特定のREE含有鉱物の産出は、HREE鉱床の探査の指標になるかもしれない。

キーワード：重希土類、軽希土類、花崗岩、チタン石、褐レン石、鉱床

Keywords: HREE, LREE, Granite, Titanite, Allanite, Deposit

重希土類資源としてのアパタイトの可能性

Heavy rare earth potential of apatite resources

*星野 美保子¹、実松 健造¹、渡辺 寧²

*Mihoko Hoshino¹, Kenzo Sanematsu¹, Yasushi Watanabe²

1.(国研)産業技術総合研究所、2.秋田大学

1.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.Akita University

Phosphorous is one of the three major nutrients (N, K, P) required by plants and 80-90% of the phosphate mined in the world is used to produce chemical fertilizers. Securing stable supply of phosphate fertilizers is essential to a sustainable food production considering a continuing rapid growth of world population (Van Kauwenbergh et al., 2013). The world resources of phosphate rocks are more than 300 billion tons (U.S. Geological Survey, 2015). "Phosphate rock" is the term generally used in industry to describe mineral assemblages with a high concentration of phosphate minerals, commonly francolite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$) - apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$) series. There are two main types of phosphate deposits: sedimentary and igneous. The former deposits sometimes are called phosphorite and contain varieties of francolite (CO_2 -rich fluorapatite), the latter mainly consist of fluorapatite (F-rich apatite) (Ihlen et al. 2014).

Apatites contain a variety of REEs in concentrations from several thousands of ppm to several wt.%. They are generally enriched in LREEs (e.g., Roeder et al., 1987), however, some apatites are rich in HREEs: apatites in sedimentary phosphate rocks (Emsbo et al. 2015) and deep sea mud (e.g., Kon et al. 2014), and igneous phosphate rocks (e.g., Hoshino et al., 2015). In addition, both Th and U contents in apatite are very low in contrast to common REE minerals such as monazite and xenotime, and this may be a big advantage over the other types of REE deposits (e.g., alkaline REE deposits). In view of the future of HREE supply (considering both feasibility and sustainability), one of the most promising sources of HREEs is apatite ores that are mined for fertilizer production, because apatite ores are sufficient in reserves and contain enough amounts of the whole REEs that can cover the world demand.

キーワード：アパタイト、重希土類資源

Keywords: apatite, HREE resources

The Origin of the Nangarhar Talc Deposits in the Spin-Ghar Block, Afghanistan

*Tahir Muhammad¹, Akira Imai¹, Ryohei Takahashi¹, Masatsugu Ogasawara², Shujiro Yano³, Tadatoka Hida³, Amin Ullah Baig³

1.Akita Univ., 2.AIST, 3.Shokozan Mining Co.

Talc deposits in the E-W trending Spin-ghar block, southeastern part of Afghanistan, were formed in Paleoproterozoic carbonate rocks. There are two types of talc mineralization in the study area, one in the western part (Dar, Kherwas and Janinaw deposits) and other in the eastern part (Mamond Dara deposits) of the block, hosted by magnesite and dolomite marbles, respectively. The objective of this study is to describe the talc mineralization on the basis of field observations, microscopic observation, XRD, XRF, ICP-MS and SEM-EDS analyses.

In the western part of the block, talc is parallel to sub parallel to magnesite rock and cross cut by intrusive igneous rocks of diabase. Metamorphic rocks of quartz chlorite schist are parallel to sub parallel to talc ore body and magnesite. Massive layers of tremolite about one meter thick were observed at Kherwas. Intrusive rocks have not been identified and a thin layer of talcose quartz has been marked within talc veins at Janinaw. A thick layer of talc contains needle like macroscopic tremolite crystals in the matrix of talc at Janinaw. In the Mamond Dara area at the most eastern part of the block, parallel alternating layers of talc and dolomite marbles occur with quartz chlorite schist mostly altered to chlorite. Massive gneiss occurs at the contact of these talc, dolomite marbles and quartz chlorite schist. Mineral assemblages in the western part are (a) talc + tremolite + calcite, and (b) talc ± cordierite, while those in the eastern deposits are (c) talc + dolomite + calcite ± quartz ± apatite and (d) talc + dolomite + calcite. Talc was formed by alteration of tremolite and magnesite in Dar and Kherwas deposits, while in Janinaw and Mamond Dara, talc was formed by alteration of dolomite and tremolite and by alteration of dolomite, respectively. Total REE contents of talc bodies, magnesite and dolomite marbles range from 0.9, 5.3 and 13.0 ppm, respectively. The SiO₂ contents of carbonates and talc bodies range from 1.6 to 33.3 wt% and from 52.9 to 65.1wt %, respectively, while MgO contents of carbonate and talc bodies range from 18.4 to 48.1 wt% and from 29.4 to 34.0 wt%, respectively. The CaO contents in talc bodies and magnesite are less than 1 wt%, while those of dolomite marbles ranges from 18.0 to 26.0 wt%. The concentration of Al, Ta, Hf, Zr, Th and REE in talc ore and carbonates rocks is very low and inconsistent with a felsic igneous rock protolith, whereas the low concentrations of Cr, Ni, and Co are inconsistent with a mafic igneous protolith. On the basis of this low concentration of trace elements and REE, the Mg-rich carbonate rock is likely the protoliths of talc ore. Magnesium has been derived from pre-existing Mg-rich carbonate host rocks, i.e., magnesite and dolomite marbles.

Keywords: Nangarhar, Spin-Ghar, Talc, Magnesite, Tremolite, Dolomite marble

高取鉬床における熱水の進化 - 鉄マンガン重石の交代組織について

Evolution of the hydrothermal fluid at the Takatori deposit, Japan - Replacement texture at the rim of wolframite

*生熊 純也¹、森下 祐一¹

*Junya Ikuma¹, Yuichi Morishita¹

1. 静岡大学大学院総合科学技術研究科

1. Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

高取鉬床は鉬脈型のタングステン鉬床であり、タングステン鉬石として採掘されていた鉄マンガン重石((Fe, Mn)WO₄)は鉄とマンガンの固溶体である。これまでの研究で、結晶の内部で鉄とマンガンの比率が変化していることがあり、それらは後期ステージの熱水との反応による交代組織であるとされている。しかしながら、この交代組織をもたらした熱水の特徴については未だ明らかになっていない。そこで、本研究の目的は高取鉬床におけるこの後期熱水の特徴を明らかにすることである。

試料は7番鍾の-4レベル(海拔60m)と-7レベル(海拔-30m)の2箇所から得られたものを使用し、それぞれ中部試料(middle sample)と深部試料(lower sample)とした。

SEM-EDSを用いた元素マッピングにより、鉄マンガン重石結晶の外縁部で交代組織が見られたため、EPMAを用いて測定を行った。その結果、中部試料での結晶の中心部のMn/Fe比は40-50 mole%であったが、黄鉄鉬を伴う試料ではリム部分で70 mole%まで増加していた。

これらの交代組織は、鉄マンガン重石中の鉄と、鉄マンガン重石の形成後に流入した後期熱水に含まれていたマンガンが置換して形成されたものであると考えられている。そのため、この後期の熱水は鉄マンガン重石結晶の周囲を流れることで交代組織を形成したと考えられる。

下部試料ではSEM-EDSマッピングとEPMAにより黄鉄鉬や他の硫化鉬物を伴う複雑な組織を示したが、Mn/Fe比の変化が中部試料と同じであることから、これらも交代組織であると考えられる。従って、この複雑な組織は後期熱水が結晶中のひび割れを通ることで形成されたと推測される。

相図より、この後期熱水は鉄マンガン重石を形成した初期ステージの熱水よりも低温であると考えられる。この環境では鉄重石(FeWO₄)が不安定となりマンガン重石と黄鉄鉬が安定となる領域が生じるため、硫化鉬物を伴う鉄マンガン重石(MnWO₄)で交代組織が発達したと推測できる。また、交代組織の形成にはpHと酸素 fugacity の変化も必要であったと考えられる。

キーワード：高取鉬床、鉄マンガン重石、交代組織、熱水性鉬床

Keywords: Takatori deposit, wolframite, replacement texture, hydrothermal deposit

沖縄トラフ伊平屋北海丘より採取されたコア試料を用いた流体包有物研究

Fluid inclusion study of core samples collected from the Iheya North Knoll in the Okinawa Trough

*向江 信寛¹、米津 幸太郎¹、ティンデル トーマス¹、渡邊 公一郎¹

*Nobuhiro Mukae¹, Kotaro Yonezu¹, Thomas Tindell¹, Koichiro Watanabe¹

1.九州大学工学部地球環境工学科

1.Department of Earth System Engineering, School of Engineering, Kyushu University

From July 9 to 26 in 2014, the dive expedition (Exp. 907, CK14-04) was performed at the Iheya North Knoll in the middle Okinawa Trough to confirm hydrothermal seafloor mineralization. The core samples used in this study were obtained from Hole C9015B and C9016B of the research target area. Microscopic observation and fluid inclusion microthermometry were mainly focused to reveal the ore formation condition. The objective of this study is to clarify geochemical characteristics and the point of similarity between Kuroko deposits and seafloor hydrothermal deposits.

The characteristics of the ores collected from Iheya North Knoll are as follows: C9015B samples are pyrite rich but chalcopyrite is minor, therefore, the characteristic of sulfide assemblage is not similar to yellow ore of Kuroko deposits. C9016B samples are divided into two groups. a) At the upper portion, from 29.6 to 32.7 mbsf, only framboidal pyrite could be observed. b) At the lower portion, from 38.1 to 42.1, pyrite is minor, while galena and sphalerite is abundant like Kuroko of Kuroko deposits.

Homogenization temperatures of fluid inclusions in quartz of C9015B range from 266.7 to 338.4°C and the salinity ranges from 0.00 to 6.30 wt. % NaCl eq. Homogenization temperatures of fluid inclusions in anhydrite of C9016B range 271.1 to 348.5°C and the salinity range from 3.2 to 6.1 wt. % NaCl eq. Both the data of fluid inclusion microthermometry of C9015B and C9016B samples are well plotted on the boiling curve of seawater. The fact that low salinity fluid can be observed may support the occurrence of boiling during the formation of the ore in Iheya North Knoll, Okinawa Trough.