

南部アフリカ・リンポポ岩体の泥質グラニュライトに加水反応をもたらした変成流体の定量的見積もり

P-T-fluid evolution of retrogressed pelitic granulite from the Limpopo Complex, South Africa

小泉 達也^{1*}, 角替 敏昭¹

Tatsuya Koizumi^{1*}, Toshiaki Tsunogae¹

¹ 筑波大・生命環境

¹ Univ. Tsukuba

南部アフリカ・リンポポ岩体は、太古代末期（約 27-26 億年前）におけるジンバブエクラトンとカープバルクラトンの衝突によって形成された、世界最古の大陸衝突型造山帯である。リンポポ岩体南縁部は 950 を超える超高温変成作用を受けた泥質および苦鉄質-超苦鉄質グラニュライトやチャノッカイトが卓越し、低変成度（緑色片岩相-角閃岩相）のカープバルクラトンとの境界は Hout-River 剪断帯 (HRSZ) によって明瞭に定義されている。HRSZ はスラストセンスの運動を記録し、この剪断帯に沿ってリンポポ岩体南縁部がカープバルクラトン上に衝上しており、同時に大量の H₂O 流体が HRSZ に沿って浸透したと考えられている。それにより、HRSZ の上盤のリンポポ岩体南縁部は局部的に加水反応が卓越している。このような加水反応を伴う後退変成作用はグラニュライト岩体では一般的であるが、加水反応をもたらした水の量や、その温度圧力条件についての研究は乏しい。そこで本研究では、リンポポ岩体南縁部の著しい後退変成作用を受けた泥質片麻岩に対して鉱物平衡モデリング法を適用し、H₂O 流体の浸透時期や H₂O 量の定量的見積もりを試みた。

研究に使用した岩石は、ざくろ石+斜方輝石+石英+斜長石+カリ長石+黒雲母+堇青石のピーク鉱物組み合わせを保持している。斜方輝石 (En₆₃-En₇₀) は周囲を直閃石 (XMg=0.67) に取り囲まれ (斜方輝石 + 石英 + H₂O 直閃石)、堇青石は藍晶石+直閃石+石英に置換されるという (堇青石 + H₂O 藍晶石 + 直閃石 + 石英)、2 種類の加水反応組織を示す。これら組織について鉱物平衡モデリング法を用いたところ、950 に達するピーク変成作用を受けたリンポポ岩体南縁部の泥質グラニュライトは約 7-8 mol.% の H₂O に富む流体が浸透したことにより、750-790 °C/6-8.5 kbar において斜方輝石 + 石英 + H₂O 直閃石の加水反応がおこり、次に 650-700 °C/6.5-7.5 kbar において堇青石 + H₂O 藍晶石 + 直閃石 + 石英という複数の加水反応をおこした。また、H₂O 流体の浸透後徐々に減少する H₂O 量にともなう鉱物反応 (堇青石 + ざくろ石 + 直閃石 + 石英) も確認された。以上のように、後退変成作用を受けた岩石に鉱物平衡モデリング法を適用することにより、H₂O 流体の浸透時期や H₂O 量の定量的な見積もり、また、複数のステージで起こった加水反応を確認することが可能となった。

キーワード: グラニュライト相, 加水反応, シュードセクション, 変成流体

Keywords: granulite facies, hydration reaction, pseudosection, metamorphic fluid

ジュラ紀付加体に産する炭酸マンガンノジュール形成過程の地球化学的制約 A geochemical constraint on the formation process of a manganese carbonate nodule in the siliceous mudstone of the Juras

中田 亮一^{1*}, 白井孝明², 高橋 聡³, 鈴木 紀毅², 小川和広², 高橋 嘉夫¹

Ryoichi Nakada^{1*}, Takaaki Shirai², Satoshi Takahashi³, Noritoshi Suzuki², Kazuhiro Ogawa², Yoshio Takahashi¹

¹ 広島大・院理, ² 東北大・院理, ³ 東京大・理

¹Hiroshima Univ., ²Tohoku Univ., ³Univ. of Tokyo

Manganese (Mn) carbonate nodules, which are different from seafloor Mn nodules mainly composed of MnO₂, are occasionally embedded as a lens shape in the Jurassic accretionary complexes such as the Tamba-Mino-Ashio Belt in Japan. The interpretation of the formation process of Mn carbonate is still controversial, namely whether the Mn carbonate was formed primarily or secondarily. The optical observation of thin sections shows that Mn carbonate nodules are comprised with abraded grains of rhodochrosite spherule with radiolarians and are sedimentarily embedded in siliceous mudstone. Microfossil radiolarians from the Mn carbonate nodules and the host red siliceous mudstone are dated as the Bajocian (170.3 ? 168.3 million years ago), but radiolarians in the nodules are somewhat older than those in the host red siliceous mudstone. In this study, geochemical analyses focusing on the rare earth element (REE) were performed to unlock the formation process of Mn carbonate nodules in the Tamba-Mino-Ashio Belt.

Our analysis using the X-ray absorption near-edge structure on Ce shows dominance of trivalent Ce at present, despite of a positive Ce anomaly in the PAAS-normalized REE pattern of Mn carbonate. The REE adsorption experiment on synthesized MnCO₃ does not show any distinctive positive Ce anomaly and a thermodynamic calculation suggests the possible coexistence of authigenic rhodochrosite and spontaneous oxidation of Ce. The leaching experiment that can selectively decompose carbonate phase demonstrated no Ce anomaly in the carbonate phase of Mn carbonate and poor contribution to the bulk REE concentration. The most plausible account of all the observational and experimental results is that rhodochrosite grains were primarily formed on the depositional site and subsequently transferred to the different site where siliceous mudstone was deposited.

キーワード: 炭酸マンガン, 希土類元素, 放散虫, XAFS

Keywords: manganese carbonate, rare earth element, radiolarian, XAFS

西南日本白亜紀古第三紀花崗岩の年代学的研究および同位体比測定 Chronology and isotope study for Cretaceous and Paleogene Granitic Rocks SW Japan

飯田 和也^{1*}, 岩森光¹, Park Taeho², 折橋裕二³, 谷水雅治⁴, Yong-Joo Jwa⁵, Sung-Tack Kwon⁶, 檀原 徹⁷, 岩野英樹⁷
Kazuya Iida^{1*}, Iwamori Hikaru¹, Park Taeho², Orihashi Yuji³, Tanimizu Masaharu⁴, Yong-Joo Jwa⁵, Sung-Tack Kwon⁶, Tohru
Danbara⁷, Hideki Iwano⁷

¹ 東京工業大学, ² 株式会社 遠一, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 独立行政法人海洋研究開発機構, ⁵ Gyeongsang Nat'l University,
⁶ University of Yonsei, ⁷ 株式会社京都フィッション・トラック

¹ Tokyo Institute of Technology, ² Eichi, ³ Earthquake Research Institute, ⁴ JAMSTEC, ⁵ Gyeongsang Nat'l University, ⁶ University
of Yonsei, ⁷ Kyoto Fission-Track

We especially focus on (1) spatial-temporal variation of granitic rock, (2) temporal variation of isotopic signature and whole rock chemistry and (3) tectonic and dynamic setting that caused the observed spatial-temporal variation and provided heat for the melt generation, based on the U-Pb zircon age, whole rock chemistry and Sr isotope ratio.

U-Pb zircon age determinations using LA-ICPMS was performed on total 81 rock samples. The obtained age ranges from 95 Ma to 30 Ma, with a possible temporal gap between 60 Ma and 50 Ma. During 95-60 Ma, the systematic migration of granitoid magmatism from the south to the north occurred. We also compile temporal variation of petrological signatures from literature. As a result, we observed (1) initial ratio of Sr isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) decreased from enriched characters (0.7090-0.7065) to depleted ones (0.7065-0.7050), and (2) rock types of granitoid changed from ilmenite-series to magnetite-series.

In this study, we also conduct Sr and Pb isotope initial ratio and whole rock chemistry of dated granitic samples. Based on these results, we discuss the origin of these variations and origin of granitic rocks in the SW Japan.

西南日本内帯・瀬戸内の後期白亜紀花崗岩体のペグマタイトに含まれる放射性鉱物の記載岩石学的研究
Petrologic study of radioactive minerals in pegmatites in Cretaceous granitoids from Setouchi, Inner Zone of SW Japan

佐藤 桂^{1*}, 皆川 鉄雄², 加藤 丈典¹, 牧 賢志³, 岩野 英樹⁴, 平田 岳史³, 鈴木 和博¹

Kei Sato^{1*}, MINAKAWA, Tetsuo², KATO, Takenori¹, MAKI, Kenshi³, IWANO, Hideki⁴, HIRATA, Takafumi³, SUZUKI, Kazuhiro¹

¹名古屋大学年代測定総合研究センター, ²愛媛大学大学院理工学研究科, ³京都大学大学院理学研究科, ⁴(株)京都フission・トラック

¹Center for Chronological Research, Nagoya Univ., ²Graduate School of Science and Engineering, Ehime Univ., ³Graduate School of Science, Kyoto Univ., ⁴Kyoto Fission-Track Co., Ltd.

In this study, radioactive minerals from three localities of pegmatite deposits in the Setouchi province, which belongs to the Inner Zone of SW Japan, were described by combining EPMA and LA-ICP-MS analytical data. This was done in order to discuss the distribution of trace elements and REEs between minerals. Late Cretaceous granitoids of the Inner Zone occur in east-west zone with lateral extension of ca. 800 km on the west side of the Itoigawa-Shizuoka Fault [1]. Previous K-Ar dating and Rb-Sr dating for granitoids of the Sanyo Belt from the southern part of Hiroshima Prefecture yielded the ages of ca. 78-89 Ma [2, 3].

Two groups of granitoids of the Sanyo Belt were collected from pegmatite deposits in the Mihara Mine area (Hiroshima Prefecture) and in the Omishima Mine area of the eastern Geiyo islands (Ehime Prefecture), respectively. The other one from the eastern part of Takanawa Peninsula (Ehime Prefecture) was also examined in this study. Micro-textures on thin sections were observed by using EPMA (JXA-8800), and CHIME dating for monazites on the textures was performed by using the other EPMA (JCSA-733). Zircon grains, which were extracted from the rocks, were analyzed for the preliminary examinations for investigating U-Pb ages and chemical characteristics by using ICP-MS with femt-second laser. The 91500 Zircon Standard was used for this LA-ICP-MS study.

Several radioactive minerals such as monazite (the ideal formula $CePO_4$, with LREEs, Y and Th etc.), zircon ($ZrSiO_4$), allanite $[(Ca,R)_2(Al,Fe,Ti)_3Si_3O_{12}(OH)]$; $R = Ce, Mn, La, Y$ and Th], apatite $[Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)]$, xenotime (YPO_4) and thorite ($ThSiO_4$) were found commonly in some of the examined rocks from Mihara, Omishima and Takanawa. Titanite ($CaTiSiO_5$) was observed in others. On the basis of description in the present study, we confirmed that the amount of monazite is decreased remarkably with increase of allanite or titanite probably due to supply of Th and LREEs to these minerals.

The following micro-textures were described in the present EPMA study: the reaction of "monazite => zircon + thorite + allanite + apatite" (Mihara); (2) the assemblage of thorite + xenotime and the outer rim of anhedral to subhedral zircon (Takanawa); (3) euhedral zircon with negative crystal growth due to coexistence with thorite (Mihara). All of these textures imply the influence by hydrothermal metasomatism in the latest stage of plutonic magma process. The LA-ICP-MS study demonstrated the chemical characteristic that Th/U ratio of zircons from Mihara was decreased toward rim (i.e. core: 0.8-0.4; rim: 0.5-0.2 or less) due to breakdown of monazite in later stage. Together with this, Th, P and LREEs were supplied to thorite, allanite and apatite. This result suggests that the Th-U distribution in zircon is caused by element partitioning between phases but not the difference between metamorphic or igneous processes. On the basis of CHIME dating, we confirmed that the primary monazite in a pegmatite from Mihara formed at the late Cretaceous age of 81.7 +/- 6.4 Ma (error: 2 sigma). To discuss precisely the process of crystallization differentiation of this plutonic magma, additional zircon dating might be required.

References: [1] Ishihara and Murakami (2006) Bull. Geol. Surv. Japan, 57, 89-103 (with English abstract); [2] Higashimoto et al. (1985) Geology of the Kure District, Geol. Surv. Japan (with English abstract); [3] Nakajima et al. (1990) Contrib. Mineral. Petrol., 104, 381-389.

キーワード: 放射性鉱物, 微量元素, 希土類元素, 西南日本内帯, 後期白亜紀花崗岩類, ペグマタイト

Keywords: radioactive mineral, trace element, rare earth element (REE), Inner Zone of SW Japan, late Cretaceous granitoids, pegmatite

南アフリカ共和国ブッシュフェルド複合岩体と関連するかんらん岩中の2種のスピネル：テクトニクスの推察
Two types of spinel from a peridotite associated with Bushveld Complex, South Africa:
Tectonic implications

新藤 和安^{1*}, ラジェッシュ ハリハラン M¹
Kazuyasu Shindo^{1*}, RAJESH, Hariharan M.¹

¹ ヨハネスブルグ大学

¹ University of Johannesburg

Spinel is a common accessory mineral in ultramafic and mafic rocks, and because of its refractory nature, chemical composition of Cr-spinel is frequently used to infer the geotectonic environment of the rock which contains them. The tectonic setting of the largest layered ultramafic to mafic intrusion in the world, the Bushveld Complex, is still debated, with some studies suggesting a plume origin, while others arguing for a subduction setting. Few mineralogical studies have been carried out to address the possible tectonic setting. This study presents detailed petrographic and mineral chemical characterization of two types of spinels occurring within the Apiesdooringdraai peridotite, an extensive peridotite body that is spatially associated with the marginal sills and lower chill sequence, considered as parental to earliest magmas to the Bushveld Complex.

The peridotite body is composed mainly of olivine and orthopyroxene with minor amphibole, mica, spinel, apatite and sulphides. The first type of spinel is euhedral to subhedral and Cr-rich with Cr# (=Cr/(Cr+Al)) of 0.58 to 0.78 and Fe# (=Fe/(Fe+Mg)) of 0.60 to 0.75. With respect to the trivalent cations, the Cr-spinel grains do not show any within-sample variations. Mn and Ti are present in trace amounts. The second type of spinel is subhedral to anhedral and Al-rich with Cr# of 0.01 to 0.13 and Fe# of 0.25 to 0.34. Based on their petrographic and mineral chemical characteristics, the Cr-rich spinel is considered to represent the primary or near-primary spinel composition, while the Al-rich spinel is related to later fluid overprint contemporaneous with the formation of amphibole and mica in the rock. The later is further supported by the Ni and Zn contents in the Al-rich spinel, more than those in the Cr-spinel.

In comparison with a compilation of Cr-spinel composition from various tectonic settings, this study places constraints on the possible tectonic setting of the Bushveld Complex layered intrusion, forming part of the Bushveld large igneous province (Rajesh et al., 2013).

Reference

Rajesh, H.M., Chisonga, B.C., Shindo, K., Beukes, N.J., Armstrong, R.A. (2013) Petrographic, geochemical and SHRIMP U-Pb titanite age characterization of the Thabazimbi mafic sills: Extended time frame and a unifying petrogenetic model for the Bushveld Large Igneous Province. *Precambrian Research* (in press).

Keywords: Cr-spinel, peridotite, Bushveld complex, tectonic setting

高島クロミタイト捕獲岩の組織と白金族鉱物：オフィオライト非調和性クロミタイトとの類似点 Textural and PGM characteristics of subarc podiform chromitite xenoliths from Takashima, southwest Japan

三浦 真^{1*}, 荒井 章司¹
Makoto Miura^{1*}, Shoji Arai¹

¹ 金沢大学大学院 自然科学研究科

¹School of Natural system, Kanazawa University

西南日本、高島アルカリ玄武岩中に見出されるクロミタイト捕獲岩はその産状、鉱物化学的特徴、組織から島弧下マントルで形成されたポディフォーム・クロミタイトであろうとされている (Arai and Abe, 1994)。高島クロミタイトから捕獲岩としては初めて白金族鉱物 (PGM: platinum-group mineral) の一つであるローライトとペントランダイトを見出したので報告する。

ローライトはクロムスピネル ($Cr\# = 0.6-0.8$) 中に微小 ($< 5 \mu m$) な自形の包有物として産する。時折、スピネル中の初生的シリケート鉱物 (主に輝石) 包有物と共存する鉱物相として極微小な Cu を含むペントランダイトがみられる。ペントランダイトは白金族元素 (PGE: platinum-group elements) を僅かに含む。コンドライトで規格化した高島クロミタイトの PGE パターンは Ru から Pt に向かい若干の負の傾斜を示し、いくつかのオフィオライトのクロミタイトと類似している。ローライトはオフィオライトのクロミタイト中に広く一般的に見られる PGM である (Ahmed and Arai, 2003)。

また高島クロミタイトは多様な組織 (シュリーレン状、層状、塊状、稀にノジュラー組織) を示し (Arai and Abe, 1994)、これら組織はオフィオライトのクロミタイト (特にオマーンオフィオライト) に見られる組織と極めて類似している。北部オマーンオフィオライト、Wadi Rajmi 地域のマントル部で見られる小規模な非調和性クロミタイトでは、高島クロミタイトに多く見られるシュリーレン状・アンチノジュラー組織をよく観察することができる。非調和性クロミタイトは枯渇したハルツバーグイトの変形構造を明瞭に切っている非調和性ダナイトレンズ中に存在する。両者のスピネルは共に同様の化学的特徴を有し (高島クロミタイト: $Cr\# = 0.6-0.8$, $TiO_2 wt\% = 0.16-0.63$; オマーン非調和性ダナイト: $Cr\# = 0.75-0.78$, $TiO_2 wt\% = 0.15-0.2 wt\%$)、いくつかの島弧関連の深成岩中のものとよく一致する (Arai et al., 2011)。

西南日本弧下の島弧起源クロミタイトの組織、スピネルの化学的特徴、PGE・PGM の特徴は、オフィオライトのクロミタイトの特徴と類似する。また同様にオマーンオフィオライトを含むオフィオライトで見られるクロミタイトのいくつかは島弧下マントル起源であろう。

キーワード: ローライト, 白金族鉱物, クロミタイト捕獲岩, 高島, 島弧下起源クロミタイト

Keywords: laurite, PGM, chromitite xenoliths, Takashima, subarc chromitite

日本島弧産斜長石巨晶に包有される Fe-Cu-Ni-S 鉱物の意義 Significance of Fe-Cu-Ni-sulfide inclusions in plagioclase megacrysts from Japan

越後 拓也^{1*}, 西間木 志野², 木股 三善², 清水 雅浩², 斎藤 静夫², 西田 憲正², 星野 美保子³

Takuya Echigo^{1*}, Shino Nishimagi², Mitsuyoshi Kimata², Masahiro Shimizu², Shizuo Saito², Norimasa Nishida², Mihoko Hoshino³

¹ 滋賀大学, ² 筑波大学, ³ 産業技術総合研究所

¹ Shiga Univ., ² Univ. of Tsukuba, ³ AIST

灰長石巨晶は、An 成分 ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 端成分) が 90% 以上で 1cm 以上の粗粒な斜長石斑晶を指し、日本列島の玄武岩～安山岩に多数産出する特徴的な鉱物である (Kimata et al. 1995)。東日本では、東北日本弧火山フロントや、糸魚川～静岡構造線の東縁から伊豆七島の新第三紀～第四紀火山岩に産出し (Ishikawa 1951)、西日本では、五島列島福江島や阿蘇山から南西諸島に産する火山岩に含まれる (Matsui 2007)。日本列島に産する灰長石巨晶には、カンラン石が包有物として含まれていることが多いが、その Mg/(Mg+Fe) 比や Sr 同位体比から、斑晶のカンラン石と同起源であると考えられている (Arakawa et al. 1992)。カンラン石以外の特徴的な包有物として、伊豆諸島三宅島産灰長石巨晶には、自然銅 (Cu) (Murakami et al. 1991)、それに加え八丈島産にはさらに自然亜鉛 (Zn) および自然真鍮 (Zn-Cu 合金) まだが包有されており (Nishida et al. 1993)、しかも炭化水素が灰長石巨晶内部から検出されたことから、灰長石巨晶の生成に対するスラブ物質の寄与が示唆された (Kimata et al. 1993)。このように、日本列島産灰長石巨晶には多様な包有物が発見されているため、これらを詳細に検討することで、灰長石巨晶の成因に関する新たな知見が期待される。

今回、南蔵王不忘山および佐渡島小木半島に産する玄武岩質溶岩に含まれる灰長石巨晶から硫化物包有物を発見したので、その分析結果を報告する。いずれも新第三紀に噴出した溶岩であり、前者は火山フロント、後者は背弧に位置する。灰長石およびその包有物の化学分析は、波長分散型電子線プローブマイクロアナライザー (EMPA-WDS: JEOL JXA-8621) もしくは、エネルギー分散型走査電子顕微鏡 (SEM-EDS: JEOL JSM-6610LV) を用いて行った。

小木産・不忘山産灰長石巨晶のうち、硫化物を包有する結晶の化学組成は、An 成分が 87 - 93 % で、Or 成分 (KAlSi_3O_8 端成分) は検出されなかった。両者の灰長石巨晶には Fe が普遍的に含有されており、その固溶量は $\text{CaFeSi}_3\text{O}_8$ 端成分にして 1.4 - 2.2 mol% であった。硫化物包有物の大きさは、30 - 50 μm 程度で、その形状は、丸みを帯びた四角形を示すものもあるが、ほとんどは円～楕円形の droplet 形状を示し、結晶面は発達していない。小木産灰長石巨晶中には結晶内部から外側まで多量の硫化物包有物が散在しているのに対し、不忘山産のものは、少数の硫化物包有物がホストの灰長石巨晶の周縁部に線状に分布している。小木産、不忘山産ともに、硫化物包有物の化学組成は変化に富み、包有物内部においても Fe に富む相と Cu に富む相の 2 相に分けられる例が多い。化学分析の結果、Fe に富む相は磁硫鉄鉱 [pyrrhotite: $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ($x=0-0.17$)], Cu に富む相はキューバ鉱 (cubanite: CuFe_2S_3) と同定され、いずれの相も Cu および Ni を含有することが確認された。なお、両相に含まれる Ni 量を比較すると、小木産のものが 2.4 - 3.8 wt%、不忘山産のものが 0.4 - 1.0 wt% であり、前者の方が Ni に富むことが判明した。このような 2 相を示す droplet 形状の硫化物包有物は、高温環境で安定な硫化物相である monosulfide solid solution ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ - $\text{Ni}_{(1-x)}\text{S}$: Naldrett et al. 1967) もしくは intermediate solid solution (CuFeS_2 : Fleet 2006) が珪酸塩メルトから離溶し (Mungall 2007, Nadeay et al. 2010)、灰長石の成長時に流体包有物として取り込まれた後、冷却に伴って磁硫鉄鉱とキューバ鉱に分離したものであると考えられる。本研究で示された灰長石巨晶中の droplet 形状硫化物包有物の存在は、日本列島の火山フロントおよび背弧で発生した島弧マグマ中に、Fe-Cu-Ni に富む硫化物メルトが存在したことを示唆している。

キーワード: 斜長石巨晶, 島弧マグマ, 硫化物, 包有物

Keywords: Plagioclase megacryst, Arc magma, Sulfide, Inclusion

FIB と高感度 XRD による岩石薄片中の微小領域からの XRD 測定とその応用 A novel micro-XRD technique for the selected area in petrographic thin section using FIB and high-sensitive XRD

井上 紗綾子^{1*}, 小暮敏博¹
Sayako Inoue^{1*}, KOGURE, Toshihiro¹

¹ 東大院理

¹Earth & Planetary Sci., Univ. Tokyo

粉末 X 線回折 (XRD) は岩石中の鉱物の化学組成や結晶構造を決定する最も一般的な手法である。しかし、岩石中または岩石薄片中の鉱物の化学組成や結晶構造は不均質であり、岩石薄片中の鉱物の化学組成や結晶構造を詳細に決定する場合には、通常の粉末 XRD は一定量以上の試料が必要であるため目的を果たすことができないことがしばしばあった。この問題を解決するために、 μ -XRD と呼ばれる装置が開発され、適用されてきた。特に近年の共焦点 X 線ミラーにより集束 X 線源の輝度はシンクロトロンに近づき、CCD カメラやイメージングプレートのような 2 次元検出器によって高効率で検出することが可能となった。また、主に透過電子顕微鏡の試料準備に用いられる集束イオンビーム装置 (FIB) を用いたマイクロサンプリング技術は、岩石薄片中の選択的な領域から微小な鉱物片を取り出し、結晶学的な情報を得ることができ有効である。FIB によるマイクロサンプリングで作製することのできる試料の大きさには限りがあるが、高輝度 X 線源と効率の良い X 線検出器によってこの問題を解決することは可能である。本発表ではこれらの手法を組み合わせ、緑泥石と関係する鉱物の結晶構造を同定した結果を報告する。

緑泥石は多様な地質環境で産出する一般的な層状珪酸塩鉱物のひとつである。そのポリタイプは 6 つに分類できる。他の層状珪酸塩鉱物と同様に結晶構造または積層構造の同定は重要である。北海道豊羽熱水系に産出する「緑泥石類鉱物」(緑泥石、蛇紋石、蛇紋石/緑泥石混合層鉱物)の結晶構造をこの新しい μ -XRD に加えて電子線回折と高分解能透過電子顕微鏡像により同定した。分析の結果、脈充填緑泥石は実際には蛇紋石からなること、基質中の緑泥石は緑泥石であることが明らかになった。基質中の緑泥石の積層構造はそれらの化学組成と相関があることが示唆された。

キーワード: XRD, FIB, 岩石薄片, HRTEM, 層状珪酸塩鉱物, 緑泥石

Keywords: XRD, FIB, petrographic thin section, HRTEM, phyllosilicate, chlorite

高速遊星ボールミルによる高温高压相鉄系複合酸化物の衝突合成 Collision Synthesis of Fe-based Complex Oxides with High Temperature and High Pressure Phase by High-Speed Ball-Milling

橋新 剛^{1*}, 譚 振権¹, 山本 和広¹, 裘 南¹, 大原 智¹Takeshi Hashishin^{1*}, Zhenguan TAN¹, Kazuhiro YAMAMOTO¹, Nan QIU¹, Satoshi OHARA¹¹ 大阪大学¹Osaka University

1. 研究背景

遊星ボールミルを用いたメカノケミカルな手法は粒子を微細化するのに適している (Ohara et al., 2008). 一般に、この手法は合成に用いる出発物質の微細化、工業用産業廃棄物のダウンサイジングに用いられる。対して、高速遊星ボールミルによる 150 G の高い遠心力はスチールボール同士の高い衝突エネルギー (主に、ボール同士のせん断応力によるエネルギー) を実現可能である。我々は以前に、エアンデ隕石内のオニオンカーボン (Smith et al., 1981) にヒントを得て、スチールボール同士の高い衝突エネルギー (150 G) によりナノカーボンの合成に成功している (Ohara et al., 2010; Tan et al., 2010)。得られたナノカーボンは、カーボンナノリング、カーボンナノチューブ、カーボンオニオンの 3 形態であった。AFM により観察された新規なカーボンナノリングは数十 nm の直径であった。ボール同士の衝突による局所的な高温状態での気相反応がカーボンナノリングの生成に寄与したと考えられる。このメカノケミカル効果は鉄系複合酸化物の合成 (Ohara et al., 2010) にも応用可能である。

2. 実験方法

アタナーゼ粉末 (ST-01: 平均粒径 7 nm、石原産業製) を 10 cm³、ボール (SUS440C: 直径 3 mm、鉄系固溶体: 83 wt% Fe, 16 wt% Cr, 1 wt% C) を 50 cm³ を量り取り、ミルポット (SUS440C、容積: 180 cm³) 内に充填した。ミルポットを High-G (BX254E、栗本鐵工所製) に設置し、150 G で 3 時間のボールミリングを行った。得られた粉体の生成相は粉末 X 線回折 (UltimaIV: CuK α 、理学電機製) を用いて同定し、その微細構造を電界放出透過電子顕微鏡 (JEM-2100F: 200 kV、日本電子製) で観察した。

3. 結果と考察

図 1(a) に原料粉末、図 1(b) にスチールボール (SUS440C) を用いて 150G で 3 時間処理した生成相の X 線回折 (XRD) パターンを示す。図 1(a) を無機材料データベース (物質・材料研究機構 (NIMS)) と照合した結果、原料粉末はアタナーゼ相のみであることがわかった。図 1(b) は鉄のピークを除いて、ほとんどがイルメナイト相に帰属された。一般に、イルメナイトは固相反応により 1200°C 以上で生成する (Grant et al., 1972)。スチールボール同士の衝突によるより高い衝撃を介して、ステンレススチールポット内の温度が局所的に 1200 °C 以上に上昇していたと考えられる。面白いことに、ブラッグ回折角 (2 θ) が 32~34° の範囲において、高温高压相の Fe₂TiO₄ が鉄リッチイルメナイト (Fe_{1.5}Ti_{0.5}O₃) および化学量論組成イルメナイト (FeTiO₃) と共存していた。尚、Fe₂TiO₄ の 2 θ 値は文献 (Nishio-Hamane et al., 2012) から抽出した。

キーワード: 高速遊星ボールミル, 衝突合成, 鉄系複合酸化物, 高温高压相

Keywords: High-speed ball-milling, Collision synthesis, Fe-based complex oxides, High temperature and high pressure phase

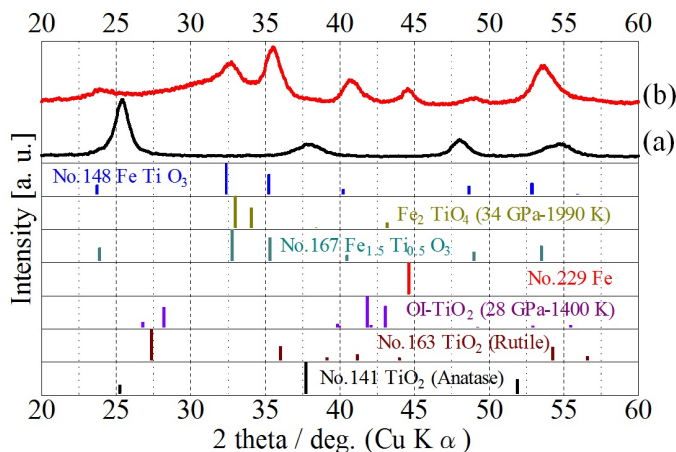


図 1 X 線回折パターン

(a) 原料粉体

(b) 生成物 (150 G×3 時間)

古地磁気学の手法を用いたアメリカ，ミシガン州，White Pine 銅鉱床の年代測定
Paleomagnetic age dating of the White Pine Cu mineralization, northern Michigan, U.S.A.

川崎 一雄^{1*}, サイモンズ デビット², ディール ジミー³
Kazuo Kawasaki^{1*}, SYMONS, David², DIEHL, Jimmy F.³

¹ 富山大学, ² ウィンザー大学, ³ ミシガン工科大学

¹University of Toyama, ²University of Windsor, ³Michigan Technological University

Paleomagnetic results are reported for the White Pine stratiform sedimentary copper (SSC) mineralization, northern Michigan, U.S.A. Paleomagnetic analysis of 176 specimens (19 sites) using mostly thermal step demagnetization isolated collinear characteristic remanent magnetization (ChRM) directions in both magnetite and hematite in both the SSC zones and overlying pyritic and upper zones of the Nonesuch Formation. A paleomagnetic fold test is positive, showing that the normal-polarity ChRM is pre-folding in origin. There is no statistically significant difference at 95% confidence between the tilt-corrected paleopoles for the SSC zone and the overlying unmineralized host rocks of the pyritic and upper oxidized zone of the Nonesuch Formation, indicating that the SSC mineralization is co-eval with host rock oxidation. Combining the ChRM directions from this study and from Henry et al. (1977) gives a paleopole at 7.3°N, 174.7°E (N = 29, A₉₅ = 3.0°) for the SSC mineralization and nonmineralized host rocks sites, yielding an age of 1063±8 Ma on the Keweenaw Apparent Polar Wander Path. Thus the observed paleomagnetic age is likely to date both the average age of oxidation and mineralization of the SSC zone, supporting the need for gravity-driven recharge of subsurface brines by meteoric water from adjacent highlands to supply the epigenetic oxygen and copper to form the White Pine deposit.

Keywords: Paleomagnetism, Ore Genesis, Stratiform Sedimentary Copper, Mesoproterozoic, U.S.A.