

Sun. Sep 22, 2019

A-presentation space

Poster presentation

S3: Mineralogy, Petrology and Economic Geology of Northeast Asia (Special Session)

9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[S3P-01] Zircon U-Pb age around the Maana belt, Western Shikoku, SW Japan*Kenta Kawaguchi¹, Yasutaka Hayasaka¹, Tomoyuki Shibata¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-02] The petrography and zircon U- Pb ages for the Renge metamorphic rocks in Omi area, central Japan*Ippei Kitano¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹ (1. SCS, Kyushu Univ.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-03] Cristobalite inclusion in garnet in pelitic gneiss from the Hanhohiyin Mountains, northwestern Mongolia.*Tatsuro Adachi¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Kundyz Syeryekkhaan¹, Sereenen Jargalan², Masaaki Owada³, M. Satish-Kumar⁴ (1. Kyushu Uni. , 2. Mongol. Uni. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Uni., 4. Niigata Uni.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-04] Pressure- temperature-time conditions of metamorphism of pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.*Kundyz Syeryekkhaan¹, Y. Osanai¹, N. Nakano¹, T. Adachi¹, S. Jargalan², M. Owada³, M. Satish-Kumar⁴, Ch. Boldbaatar⁵ (1. Kyushu Univ., 2. Mongolian Univ. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Univ., 4. Niigata Univ., 5. Ochir Undraa LLC)

9:30 AM - 3:00 PM

A-presentation space

Poster presentation

R1: Characterization and description of minerals

9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[R1P-01] X-shaped Esterel twin of quartz crystals from Obira mine, Oita Prefecture, Japan.*TOSHIRO OKADA¹ (1. Wajirogaoka J.H.S)

9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-02] Magnetic properties and microstructures of magnetite from Yanahara mine, Okayama, Japan
*Makio Ohkawa¹, Geraldo Magela da Costa² (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. UFOP)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-03] Identification of rock type from thin sections using CNN deep learning
*Mana Matsuda¹, Yusuke Seto¹ (1. Kobe Univ. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-04] Integration of the Maximum Entropy Patterson method into the MEM analysis software Dysnomia
*Koichi Momma¹ (1. NMNS)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-05] Chemical characters of solid and melt inclusions in diopside megacrysts from Kamisano, Yamanshi prefecture.
*Masanori Kurosawa¹ (1. Life and Environ. Sci., Univ. Tsukuba)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-06] PGMs and Native Element Minerals from the Ultramafic Rock Body of the Kurosegawa Belt in Kumamoto prefecture, Japan
*Takahiro Tanaka¹, Daisuke Nishio-Hamane², Tadashi Shinmachi (1. Non, 2. ISSP, Univ. of Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-07] Minakawaite, a new mineral
Daisuke Nishio-Hamane², *Takahiro Tanaka¹, Tadashi Shinmachi (1. Non, 2. ISSP, Univ. of Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-08] Minerals from gold and PGM placer deposits from the Rumoi area in Hokkaido, Japan
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Katsuyuki Saito (1. ISSP, Tokyo Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-09] Morimotoite from Chisaka, Hidaka, Hokkaido, Japan
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Akihito Hagiwara (1. ISSP, Tokyo Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-10] Occurrence of holtstamite hydrogarnet from the Sekkaizawa and its high-pressure behavior
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Koichi Momma², Akira Harada (1. ISSP, Tokyo Univ., 2. Nat' I. Mus. Nat. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-11] The characteristic growth habits of phillipsite formed in Chichijima, Ogasawara Islands

*Yuki Inoue¹, Mana Yasui², Hiroshi Hagiya¹, Atsushi Yamazaki² (1. Tokyo City Univ., 2. Waseda Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-12] Amesite from Yakiyama, Izuka, Fukuoka Prefecture, Japan

*Yuki Isshiki¹, Seiichiro Uehara¹ (1. Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-13] Columbite group minerals from Mt. Nagatare, Fukuoka Prefecture

*Shin Ito¹, Seiichiro Uehara², Yohei Shirose³ (1. Itoshima HS, 2. Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ., 3. Univ. Kyoto Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-14] Occurrence of Co ores from the Eboshi deposit, the Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan

*Mariko Nagashima¹, Yuji Imoto², Yukina Morishita² (1. Yamaguchi Univ. Earth Sci., 2. Yamaguchi Univ. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-15] Clay mineralogy of the ore deposit and wall rocks from Akeshi mine, Kagoshima Prefecture, Japan

*Takuya Yoshimura, Seiichiro Uehara¹ (1. Kyushu Univ., Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-16] Quintinite from Hinogami Mine, Nichinan Town, Tottori Prefecture, Japan

*Takashi Ishibashi¹, Yoshihiro Yamamoto¹, Hidehiko Mitsuda¹, Norimasa Shimobayashi², Akane Watanabe¹, Takashi Fujiwara¹ (1. Masutomi Museum of Geoscience, 2. Graduate School of Science, Kyoto University)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-17] Mineral collection of Museum of Osaka University

*Takashi Ishibashi^{1,2}, Ken Ito¹, Setsuya Hashizume¹, Yasushi Nagata¹, Misao Sawada² (1. Museum of Osaka University, 2. Masutomi Museum of Geoscience)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-18] "Hiki Mineral Collection", mineral collection of Kyoto University

*Yohei Shirose¹, Norimasa Shimobayashi², Masaki

Takaya², Takashi Ishibashi³, Michiaki Bunno⁴ (1. Kyoto Uni. Mus., 2. Kyoto Uni. Sci., 3. Masutomi Mus. Geosci., 4. Tokyo Uni. Mus.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R1P-19] Mineral collection of Kyushu University

*Seiichiro Uehara¹, Yohei Shirose², Yasuhiro Ito³ (1. Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ., 2. Museum, Kyoto Univ., 3. Museum, Kyushu Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

Poster presentation

R3: High-pressure science and deep Earth's material
9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[R3P-01] Determination of the noble gas partition coefficients between metal and silicate melts under high-pressure and high-temperature conditions

*Tomotaka Tanaka¹, Satoshi Kishi¹, Hirochika Sumino¹, Hideharu Kuwahara², Ryuichi Nomura³, Hlroyuki Kagi⁴, Kenji Mibe⁵ (1. Univ of Tokyo. arts and sci., 2. Geodynamics Research Center, Ehime Univ., 3. Human and Environmental Studies., Kyoto Univ., 4. Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo., 5. Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-02] Reaction rates of hydrous mineral and iron under high pressure

*Tatsuro Hatakeyama¹, Masayuki Nishi¹, Tetsuo Irifune¹ (1. Ehime Uni. GRC.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-03] First-principles prediction of hydrogen partitioning between the core and mantle

*Atsuroh Ohba¹ (1. Ehime Uni. GRC)
9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-04] Al-Si substitution in Phase Egg and Al-rich new high-pressure hydrous phases

*Goru Takaichi¹, Masayuki Nishi¹, Youmo Zhou¹, Shinichi Machida², Tetsuo Irifune¹ (1. Ehime Uni GRC, 2. CROSS)
9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-05] high pressure hydrous phase e-AIOOH

*Masayuki Nishi¹, Yasuhiro Kuwayama², Jun Tsuchiya¹ (1. Ehime Univ., GRC, 2. Tokyo Univ., Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-06] Phase transition of ScOOH under high pressure

Yoshiaki Ito¹, Osamu Ikeda¹, Taito Kubota¹, Tatsuya

Sakamaki¹, Takahiro Kuribayashi¹, *Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Uni.)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-07] P-V-T equation of state of δ -AlOOH to 6.5 GPa and 500K

Taito Kubota¹, Yoshiaki Ito¹, Ryuji Watanabe¹, Seiji Kamada², Takahiro Kuribayashi¹, *Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ., Sci., 2. Tohoku Univ., FRIS)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-08] Effect of CO₂ on the viscosity of soda melilite melt under high pressures and high temperatures

*Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Uni.)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-09] GHz ultrasonic measurement in DAC: Summary and future perspective

*Akira Yoneda¹ (1. IPM, Okayama Univ.)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-10] Sound velocity and Mossbauer spectroscopy measurements of FeH₂

*Daijo Ikuta¹, Eiji Ohtani¹, Naohisa Hirao², Takaya Mitsui³, Satoshi Nakano⁴, Hiroshi Uchiyama², Satoshi Tsutsui², Alfred Q. R. Baron⁵ (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. JASRI, 3. QST, 4. NIMS, 5. RIKEN)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-11] Rheology of the subducted slab in the lower mantle

*Shintaro Azuma^{1,2}, Ryuichi Nomura^{3,4}, Kentaro Uesugi⁵, Yu Nishihara⁴, Shunta Doi⁴, Takeshi Arimoto⁴, Tetsuo Irifune⁴ (1. Tokyo Tech, 2. Kyushu Univ, 3. Kyoto Univ, 4. Ehime Univ, 5. JASRI/SPring-8)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-12] Olivine-Spinel transition under uniaxial deformation - the condition of shear instability

*Mori Yuichiro¹ (1. Kyushu Univ., Sci)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-13] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*Yu Itami¹, Satoru Urakawa¹ (1. Okayama Uni. Sci.)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-14] Synthesis of nano-polycrystalline diamond (NPD) from stearic acid and characterization of its microtexture

*Hideaki Kawamura¹, Hiroaki Ohfujii² (1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Geodynamics Research Center, Ehime University)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-15] Incorporation of Ga³⁺ into CaTiO₃ perovskite

*Nagai Takaya¹, Masaki Ohguro¹, Naoki Takakura¹,

Toru Inoue², Toru Shinmei³ (1. Hokkaido Uni. Sci., 2.

Hiroshima Uni. Sci., 3. Ehime Uni. GRC)

9:30 AM - 3:00 PM

Poster presentation

S3: Mineralogy, Petrology and Economic Geology of Northeast Asia (Special Session)

Sun. Sep 22, 2019 9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[コアタイム] 12:00~14:00

[S3P-01] Zircon U-Pb age around the Maana belt, Western Shikoku, SW Japan

*Kenta Kawaguchi¹, Yasutaka Hayasaka¹, Tomoyuki Shibata¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-02] The petrography and zircon U- Pb ages for the Renge metamorphic rocks in Omi area, central Japan

*Ippei Kitano¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹ (1. SCS, Kyushu Univ.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-03] Cristobalite inclusion in garnet in pelitic gneiss from the Hanhohiyin Mountains, northwestern Mongolia.

*Tatsuro Adachi¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Kundyz Syeryekkhaan¹, Sereenen Jargalan², Masaaki Owada³, M. Satish-Kumar⁴ (1. Kyushu Uni. , 2. Mongol. Uni. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Uni., 4. Niigata Uni.)

9:30 AM - 3:00 PM

[S3P-04] Pressure- temperature-time conditions of metamorphism of pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.

*Kundyz Syeryekkhaan¹, Y. Osanai¹, N. Nakano¹, T. Adachi¹, S. Jargalan², M. Owada³, M. Satish-Kumar⁴, Ch. Boldbaatar⁵ (1. Kyushu Univ., 2. Mongolian Univ. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Univ., 4. Niigata Univ., 5. Ochir Undraa LLC)

9:30 AM - 3:00 PM

四国西部真穴帯近傍のジルコン U-Pb 年代

川口健太, 早坂康隆, 柴田知之(広島大学・理)

Zircon U-Pb age around the Maana belt, Western Shikoku, SW Japan

Kenta KAWAGUCHI*, Yasutaka HAYASAKA and Tomoyuki SHIBATA (Hiroshima Univ.)

真穴帯は四国西端部にのみ分布する特異な地体で、真穴層とその周囲の蛇紋岩、四国西方沖の大島に分布する大島変成岩が主たる構成要素とされる。真穴帯は御荷銻帯もしくは秩父累帯の上位にナップで重なると考えられている(1)。近年、真穴層の碎屑性ジルコン年代測定により、その堆積年代は前期白亜紀であることが判明した(2)。また大島変成岩に関しても変花崗閃緑岩から 113 Ma の火成年代が、Grt-Bt 片麻岩から 121 Ma の変成年代が報告されており、これは肥後帯の年代値と極めてよく一致する(3)。このように真穴帯各構成要素の年代と帰属が明らかとなりつつある一方、真穴帯の定置メカニズムに関しては内帯起源説(1, 2)などが提唱されているものの、いまだにその実態は明らかとなっていない。

そこで、真穴帯の定置メカニズムを解き明かすことを目的とし、真穴帯周囲の諸地体の複数の地点における LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定を手がけた(図)。その結果、真穴帯南方の花崗岩類 2 試料(MKM-Qd1810, MKM-Gr1811)からはそれぞれ 470.6 ± 3.2 Ma, 468.3 ± 2.7 Ma の重み付平均年代が得られた。これは黒瀬川帯の古生代前期深成岩類の年代に一致する。また真穴帯の蛇紋岩に包有される碎屑岩-チャート-緑色岩コンプレックス中の碎屑岩(MKM17042504)の碎屑性ジルコン年代を測定した結果、全てのコンコダントなデータが石炭紀後期からペルム紀前期の狭い範囲の年代を示し、その堆積年代はペルム紀前期と推定される。この年代は北部秩父帯のペルム系沢谷ユニット、もしくは黒瀬川帯のペルム系に相当すると考えられる。真穴帯と御

荷銻帯との境界部に分布する花崗岩マイロナイトの小岩体(MKM-Gr1818)からは 151.8 ± 1.8 Ma の火成年代が得られた。この年代値は御荷銻帯の火成年代(4)に近いものの、全岩の微量元素組成が火成弧の特徴を示す点で海洋性の御荷銻帯の深成岩類とは異なる。110-158 Ma は朝鮮半島から日本列島にかけての火成活動静穏期(5)であることから、大規模な横ずれ運動もしくはナップ運動で遠方よりもたらされた異地性岩体である可能性がある。

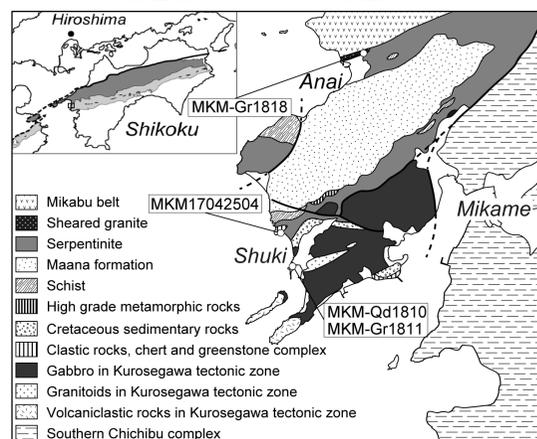


図 四国西端部真穴帯とその周囲の地質図、年代分析試料地点、武田ほか(1993)を改変。

- (1)武田ほか(1993) 地質雑, 99, 255-279
- (2)中畑ほか(2016) 地学雑誌, 125, 717-745
- (3)小山内ほか(2012) 地質学会講演要旨 R4-P-19
- (4)Sawada et al. (2019) Journal of Asian Earth Sciences, 169, 228-236
- (5)Sagong and Kwon (2005) Tectonics, 24, TC5002

Keywords: Maana belt, zircon U-Pb age, Kurosegawa tectonic zone, Chichibu composite terrane

*Corresponding author: kenta-kawaguchi@hiroshima-u.ac.jp

青海地域蓮華変成岩類の記載岩石学的特徴と ジルコン U-Pb 年代

北野 一平*, 小山内 康人, 中野 伸彦, 足立 達朗 (九州大)

The petrography and zircon U-Pb ages for the Renge metamorphic rocks in Omi area, central Japan

Ippei Kitano*, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.)

新潟県西部青海地域は飛騨外縁帯に位置し、高圧型変成岩類をテクトニックブロックとして含む蛇紋岩メランジェが分布している (例えば辻森ほか、2000)。この蛇紋岩メランジェは石炭-ペルム系付加体 (青海石灰岩体・姫川石灰岩体) および下部ジュラ系来馬層群と断層で接し、下部白亜系手取層群に不整合に被覆されている (例えば Tsujimori, 2002)。この地域では蓮華変成岩として結晶片岩が卓越して分布し、そのほかに変斑レイ岩、ザクロ石角閃岩、ヒスイ輝石岩、曹長岩などが産する (例えば松本、1980)。この結晶片岩は、Banno (1958)により初めて緑泥石帯および黒雲母帯に変成分帯され、緑泥石帯から藍閃石を含む結晶片岩が報告された。その後、詳細な地質調査、岩石学的解析、K-Ar 法・Ar-Ar 法年代測定が実施された (例えば松本、1980; 辻森、2000; Tsujimori, 2002; 梶座ほか、2002, 2004)。その結果、この地域はエクロジャイト相~青色片岩相片岩分布域のエクロジャイトユニット (EC ユニット) およびそれ以外の non-EC ユニットに区分され、両者の境界は不明瞭であるものの、前者は約 350-340 Ma、後者は約 340-280 Ma の K-Ar・Ar-Ar 年代で特徴づけられ異なる変成年代を示す (例えば Tsujimori, 2002)。しかしながら、両ユニットが一連の地質体として同じテクトニクス場で形成したのかどうかは議論の余地がある (松本ほか、2011)。そこで、本研究では、蓮華変成岩類のジルコン U-Pb 年代に着目し、EC ユニットおよび non-EC ユニット間での岩石記載-初生・変成ジルコン年代の関連性を検討した。

地質調査は、non-EC ユニットの橋立地域・歌谷地域周辺と EC ユニットの上路地域周辺で行い、結晶片岩類と変斑レイ岩を採取

した。そして、橋立地域の砂泥質片岩 (80401C: ザクロ石-ゾイサイト-黒雲母-緑泥石-白雲母片岩、80402A: ザクロ石-黒雲母-アクチノ閃石-緑泥石-白雲母片岩)、歌谷地域の変斑レイ岩 (804T02: ゾイサイト-変斑レイ岩) および上路地域の結晶片岩類 (80501: 緑泥石-白雲母片岩、80504: 珪質藍閃石-ザクロ石-緑泥石片岩、805T01A, 805T01G: ザクロ石-藍閃石-フェンジャイト片麻岩) からジルコン U-Pb 年代測定を行った。分析試料に関して、non-EC ユニットの結晶片岩には藍閃石は認められないが、EC ユニットの結晶片岩には 1 試料を除いて藍閃石が含まれ、Tsujimori (2002) の区分と調和的な記載岩石学的特徴を持つ。

年代測定の結果は下記の通りである。橋立地域の砂泥質片岩 (80401C, 80402A) のジルコンはコア-リム構造の内部組織を示し、コアから 2040-320 Ma の年代が、リムから約 300 Ma のディスコーディア切片年代が得られた。歌谷地域の変斑レイ岩 (804T02) に関してはセクター構造をもつジルコンから約 520 Ma の年代値が得られた。一方で、上路地域では、藍閃石を含まない結晶片岩 (80501) は橋立地域の砂泥質片岩 (80401C, 80402A) と類似した碎屑性ジルコン年代 (2790-320 Ma) を示すが、藍閃石を含む結晶片岩類 (80504, 805T01A, 805T01G) のジルコンはコアで 2360-380 Ma の年代を示し、リムでデータは少なく多少ばらつくものの約 350 Ma の年代を示した。

この結果は、青海地域蓮華変成岩の EC ユニットと non-EC ユニットで、変成条件のみでなく、碎屑ジルコンの後背地および変成時期も異なり、両者の変成作用後に蛇紋岩に取り込まれて隣接した可能性を示唆する。

Keywords: petrography, zircon U-Pb ages, Renge metamorphic rocks, Omi area, central Japan

*Corresponding author: 3GS14010G@gmail.com

モンゴル北西部・ハンホヒン山地に産する泥質片麻岩に 含まれるザクロ石中のクリストバライト包有物

足立達朗, 小山内康人, 中野伸彦, S. Kundyzy (九州大), S. Jargalan (モンゴル科技大), 大和田正明 (山口大), M. Satish-Kumar (新潟大)

Cristobalite inclusion in garnet in pelitic gneiss from the Hanhohiyin Mountains, northwestern Mongolia.

T. Adachi*, Y. Osanai, N. Nakano, S. Kundyzy (Kyushu Uni.), S. Jargalan (MUST), M. Owada (Yamaguchi Uni.), M. Satish-Kumar (Niigata Uni.)

Cristobalite inclusions were found in garnet in garnet-sillimanite-biotite gneiss from the Hanhohiyin Mountains, northwestern part of Mongolia. The Hanhohiyin Mountains comprise meta-quartzites, marble, pelitic gneisses (garnet-sillimanite-biotite gneiss, garnet-cordierite-biotite gneiss and garnet-biotite gneiss) intercalating with lenticular garnet-orthopyroxene gneiss and amphibolites, indicating metamorphosed oceanic materials. Garnet in garnet-sillimanite-biotite gneiss shows core-rim texture indicated by different abundance of fine-grained inclusions. Sillimanite is present in the matrix and inclusion-poor rim portion of garnet, it therefore suggests that the rim portion of the garnet coexists with sillimanite and other minerals in the matrix. Metamorphic conditions are estimated as 650-700 °C and 5.5-6 kbar based on the chemical composition of the mineral pairs in the matrix and the rim of garnet, suggesting that this gneiss was affected by peak metamorphism in the upper amphibolite facies. In this gneiss, relict kyanite occurs as inclusion in plagioclase, which indicates that kyanite is prograde product and have experienced decompression. Earlier prograde mineral assemblage is preserved as inclusions in the inclusion-rich core portion of garnet. Fine-grained cristobalite inclusions are found with chlorite, pyrophyllite and quartz in garnet. Cristobalite occurring with minerals stable under low-temperature condition suggests originally (1) detritus grain or (2) opal-CT. In both cases, garnet should grow at a faster rate than transition from cristobalite to quartz. Garnet grains showing sector zoning and/or sieve texture, indicating qualitatively rapid growth, are widely distributed in the mountains. These textures are consistent with preservation of paragenesis of cristobalite and low-temperature minerals in garnet.

Keywords: cristobalite, pelitic gneiss, Hanhohiyin Mountains, Mongolia

*Corresponding author: t-adachi@scs.kyushu-u.ac.jp (T. Adachi)

Pressure–temperature–time conditions of metamorphism pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.

S. Kundyž*, Y. Osanai, N. Nakano, T. Adachi (Kyushu Univ.), S. Jargalan (Mongolian Univ. Sci. and Tech.), M. Owada (Yamaguchi Univ.), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), Ch.Boldbaatar (Ochir Undraa LLC)

The metamorphic rocks distributed over the Mongolian Altai and Gobi-Altai Mountains in Southwestern Mongolia, are geographically dispersed in the Bulgan, Uyenich, Tseel, Tsogt, and Erdene areas from west to east. In this study, we investigate the metamorphic rocks in the Erdene area (Gobi-Altai Mountains) using petrographical, geochemical, and geochronological approaches. Five amphibolite-facies pelitic gneisses containing assemblages of garnet + aluminosilicates were analyzed in this study. Two samples contain sillimanite in the matrix and/or sillimanite inclusions in garnet. We found kyanite from other two samples; one sample contains kyanite in the matrix and another sample contains symplectitic kyanite with staurolite and quartz replacing cordierite. Remaining sample contains andalusite inclusions in garnet rim and in the matrix. Garnet grains from three pelitic gneisses which contain kyanite or andalusite exhibit prograde zoning pattern with decreasing Mn and Ca and increase of Mg and Fe contents from core to rim. Two sillimanite-bearing samples contain garnet grains showing flat pattern for major elements concentrations with Mn-enrichment in the thin rim. Based on the thermobarometric calculations, the P – T conditions of two kyanite-bearing samples yielded 6.2–8.2 kbar and 598–668°C, whereas those of two sillimanite-bearing samples are 3.8–8 kbar and 590–740°C. Although we could not obtain any pressure condition from the andalusite-bearing sample due to absence of plagioclase, the calculated temperature condition is 550–650 °C. The U–Th–Pb monazite dating from all five samples yielded similar ages of *c.* 270 Ma, which correspond to the timing of collision in Mongolian Altai Mountains. These dating results together with previously published ages may imply that the metamorphic rocks across the Mongolian Altai and Gobi-Altai Mountains can be regarded as a single metamorphic belt. Similar age compared to previously published ages and various P – T conditions are still obscure, but they strongly indicate large pressure differences during continent-continent collision, which will be discussed with additional dataset in this presentation.

Keywords: aluminosilicates, P – T conditions, monazite dating, Gobi-Altai Mountains, Mongolia

*Corresponding author: kundinajan@gmail.com (S. Kundyž)

Poster presentation

R1: Characterization and description of minerals

Sun. Sep 22, 2019 9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[コアタイム] 12:00~14:00

- [R1P-01] X-shaped Esterel twin of quartz crystals from Obira mine, Oita Prefecture, Japan.
*TOSHIRO OKADA¹ (1. Wajirogaoka J.H.S)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-02] Magnetic properties and microstructures of magnetite from Yanahara mine, Okayama, Japan
*Makio Ohkawa¹, Geraldo Magela da Costa² (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. UFOP)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-03] Identification of rock type from thin sections using CNN deep learning
*Mana Matsuda¹, Yusuke Seto¹ (1. Kobe Univ. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-04] Integration of the Maximum Entropy Patterson method into the MEM analysis software Dynomia
*Koichi Momma¹ (1. NMNS)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-05] Chemical characters of solid and melt inclusions in diopside megacrysts from Kamisano, Yamanshi prefecture.
*Masanori Kurosawa¹ (1. Life and Environ. Sci., Univ. Tsukuba)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-06] PGMs and Native Element Minerals from the Ultramafic Rock Body of the Kurosegawa Belt in Kumamoto prefecture, Japan
*Takahiro Tanaka¹, Daisuke Nishio-Hamane², Tadashi Shinmachi (1. Non, 2. ISSP, Univ. of Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-07] Minakawaite, a new mineral
Daisuke Nishio-Hamane², *Takahiro Tanaka¹, Tadashi Shinmachi (1. Non, 2. ISSP, Univ. of Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-08] Minerals from gold and PGM placer deposits from the Rumoi area in Hokkaido, Japan
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Katsuyuki Saito (1. ISSP, Tokyo Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-09] Morimotoite from Chisaka, Hidaka, Hokkaido, Japan
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Akihito Hagiwara (1. ISSP, Tokyo Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-10] Occurrence of holtstamite hydrogarnet from the Sekkaizawa and its high-pressure behavior
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Koichi Momma², Akira Harada (1. ISSP, Tokyo Univ., 2. Nat' I. Mus. Nat. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM

- [R1P-11] The characteristic growth habits of phillipsite formed in Chichijima, Ogasawara Islands
*Yuki Inoue¹, Mana Yasui², Hiroshi Hagiya¹, Atsushi Yamazaki² (1. Tokyo City Univ., 2. Waseda Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-12] Amesite from Yakiyama, Izuka, Fukuoka Prefecture, Japan
*Yuki Isshiki¹, Seiichiro Uehara¹ (1. Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-13] Columbite group minerals from Mt. Nagatare, Fukuoka Prefecture
*Shin Ito¹, Seiichiro Uehara², Yohei Shirose³ (1. Itoshima HS, 2. Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ., 3. Univ. Kyoto Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-14] Occurrence of Co ores from the Eboshi deposit, the Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan
*Mariko Nagashima¹, Yuji Imoto², Yukina Morishita² (1. Yamaguchi Univ. Earth Sci., 2. Yamaguchi Univ. Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-15] Clay mineralogy of the ore deposit and wall rocks from Akeshi mine, Kagoshima Prefecture, Japan
*Takuya Yoshimura, Seiichiro Uehara¹ (1. Kyushu Univ., Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-16] Quintinite from Hinogami Mine, Nichinan Town, Tottori Prefecture, Japan
*Takashi Ishibashi¹, Yoshihiro Yamamoto¹, Hidehiko Mitsuda¹, Norimasa Shimobayashi², Akane Watanabe¹, Takashi Fujiwara¹ (1. Masutomi Museum of Geoscience, 2. Graduate School of Science, Kyoto University)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-17] Mineral collection of Museum of Osaka University
*Takashi Ishibashi^{1,2}, Ken Ito¹, Setsuya Hashizume¹, Yasushi Nagata¹, Misao Sawada² (1. Museum of Osaka University, 2. Masutomi Museum of Geoscience)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-18] “ Hiki Mineral Collection ” , mineral collection of Kyoto University
*Yohei Shirose¹, Norimasa Shimobayashi², Masaki Takaya², Takashi Ishibashi³, Michiaki Bunno⁴ (1. Kyoto Uni. Mus., 2. Kyoto Uni. Sci, 3. Masutomi Mus. Geosci., 4. Tokyo Uni. Mus.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R1P-19] Mineral collection of Kyushu University
*Seiichiro Uehara¹, Yohei Shirose², Yasuhiro Ito³ (1. Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ., 2. Museum, Kyoto Univ., 3. Museum, Kyushu Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM

大分県尾平鉱山産水晶にみられる X 型エステレル式双晶について

岡田敏朗* (福岡市立和白丘中学校)

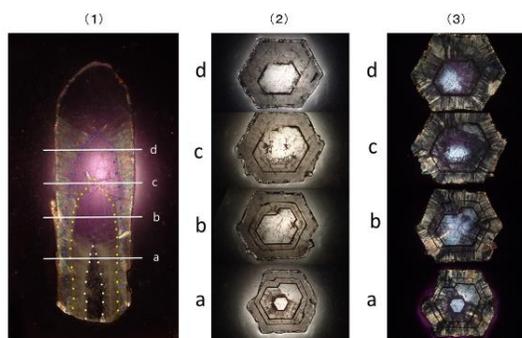
X-shaped Esterel twin of quartz from Obira mine, Oita prefecture, Japan.

Toshiro Okada (Wajirogaoka J.H.S)

1. はじめに

エステレル式双晶とは、双晶の接合角が $76^{\circ} 26'$, $\{10\bar{1}1\}$ を双晶面とし、 m 面が向かい合い稜線が平行になるという特徴を持つ。稀に、日本式双晶と同様に X 型や Y 型になることがあり、今回、エステレル式双晶を見出した尾平鉱山中小屋地区には両方の型が見出された。周辺の地質は、古生代の花崗岩や超苦鉄質岩類および苦鉄質片麻岩が分布し、小規模なスカルンを形成している。このスカルンの灰鉄柘榴石や灰鉄輝石の晶洞が発達した部分よりエステル式双晶を含む水晶が産出した。観察は、X 型エステレル式双晶の形態的特徴と同じ晶洞より産出した結晶の偏光顕微鏡観察およびカソードルミネッセンス観察を行い、その成長過程を考察する。観察試料には、成長組織を調べるために単結晶を使用し、 c 軸方向に対して垂直方向、および、 c 軸に対して平行で m 面に垂直方向に切断した薄片を作成し、成長に伴う変化を観察した。

OPM images



2. 観察結果ならびに考察

偏光顕微鏡観察の結果、中小屋地区の水晶には、4回の成長ステージがあり、桜組織が観察出来た。白濁している部分および外縁部にブラジル式双晶ラメラが多く分布し、無色透明な部分にはブラジル式双晶ラメラは見られない。外縁部は結晶方位差の違いによるリネージ構造も観察された。

CL 解析による観察では、成長初期の段階では、明暗がパッチ状になっており成長縞のコントラストがはっきりしない。しかし、成長後期になると非常に細かな成長縞の明暗が見られるようになる。この成長縞は偏光顕微鏡で観察したブラジル式双晶ラメラの分布とも重なる。

エステレル式双晶の理想形は前述したように m 面が向かい合い、稜線が平行になるという特徴をもつが、尾平鉱山産の X 型エステレル式双晶は、向かい合う m 面の稜線が平行ではなく僅かにずれているものが多く見られる。しかし、接合形態や接合角がほぼ同じものが多産することから、これらには普遍性があるのではないかと考えた。本来、双晶は結晶外形の対称性によって双晶であるか否かを論じられるが、中小屋地区の水晶は、全ての水晶に桜組織を有し、桜組織が小傾角粒界を含むリネージ構造を持つために結晶方位の僅かなずれが結晶外形に表れるものではないかという仮定を立てて観察結果を見ていくと非常に調和的であった。

これらの観察結果より考えると、桜組織を有することで、双晶の対称性に僅かなずれが生じるのではないかと考えることが出来る。



Keywords: Quartz, X-shaped Esterel twin, sakura texture

*Corresponding author: maika_yui@yahoo.co.jp

岡山県柵原鉱山に産する磁鉄鉱の磁気特性 および微細組織と組成

大川真紀雄* (広島大・院理),

Geraldo Magela da Costa (オウロ・プレット連邦大)

Magnetic properties and microstructures of magnetite from Yanahara mine, Okayama, Japan

Makio Ohkawa* (Hiroshima Uni. Sci.), Geraldo Magela da Costa (UFOP)

はじめに

岡山県美咲町にかつてあった柵原鉱山(1991年閉山)は火山性の硫化物鉱床でその鉱石は主として黄鉄鉱鉱石であるが、鉱床深部では後に貫入してきた花崗岩による接触交代作用により鉱体の一部が変質し磁鉄鉱鉱石が生成している(東元, 1962)。この磁鉄鉱を天然磁石であると紹介する文献もあるが、柵原鉱山では磁力選鉱が行われており、現在残っている磁力が磁力選鉱によって与えられた可能性を否定できない。しかし通常磁鉄鉱では強い残留磁化が残ることはまれで、本鉱石がもともと高い保磁力を持っていることに間違いはない。磁鉄鉱が高い保磁力を獲得する原因は、低温酸化による磁赤鉄鉱化(I型)と初生にTiを含む場合の高温酸化によるイルメナイトラメラの析出による粒子サイズの細分化(II型)に大別されている(Wasilewski, 1977)。柵原鉱山の磁鉄鉱はTiを含んでおらず、さらに鉱床の最深部より採掘されていることから酸化を受けている可能性も低い。そこで本研究では同産地の試料を用い磁化測定を行い、化学組成・微細組織を検討した。

実験

国立科学博物館所蔵の標本より分取した2試料に別途入手した試料を加えた3試料について、SQUID磁束計(Quantum Design MPMS)を用いた磁化測定、EPMA(JEOL JXA-8200)による化学分析、メスバウアー分光法による分析を行った。

結果と考察

国立科学博物館所蔵の2標本は鉄のクリップを引きつけるなど、明らかに磁石としての性質を有しているが、その保持力は“天然磁石”として知られる試料に較べるとずっと低いことがわかる(図)。組成的にはSi含有量が多い($\text{SiO}_2 < 4.34\text{wt}\%$)ことが特徴的で、EPMAによる面分析ではミクロンオーダーでのSi含有量の多寡による複雑な微細組織が認められる。メスバウアー分光法では一部に酸化が示唆されるデータが得られたものの、反射顕微鏡による観察でもEPMAによる分析でも低温酸化によってできるとされる酸化鉄(赤鉄鉱, 磁赤鉄鉱)は認められなかった。この結果はSi含有相の組成としてXuら(2014)によって提案された $[\square_{0.5}\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+}_{0.5}]^{\text{VI}}\text{Si}^{\text{IV}}\text{O}_4$ を仮定すれば整合的に理解可能である。よって柵原鉱山産磁鉄鉱の持つ高い保磁力は二次的な低温酸化によるものではなく、初生的な組成・組織が原因であると考えられる。

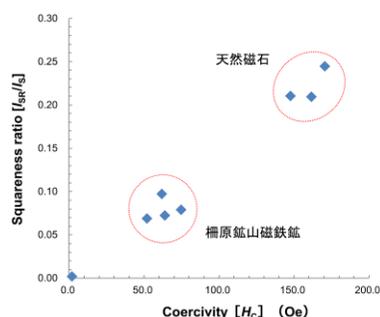


図. 磁鉄鉱の磁気特性

Keywords: magnetite, coercivity, Si-substitution, intergrowth

*Corresponding author: ohkawa@hiroshima-u.ac.jp

深層学習による薄片画像の認識と岩石分類

松田 真奈, 瀬戸 雄介* (神戸大・院・理)

Identification of rock type from thin sections using CNN deep learning

Mana MATSUDA, Yusuke SETO* (Kobe Univ. Sci.)

1. はじめに

近年、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いた深層学習が様々な分野に応用され、画像処理や音声処理における特徴検出や認識において高い性能を発揮することが示されている。条件によっては深層学習が人間の認識精度を超えることもあり、岩石・鉱物学分野への応用が期待される。本研究では、深層学習法が最も得意とする画像分類に注目し、岩石薄片画像から岩石種の判別する学習モデルの構築を試みた。

2. 研究手法

深層学習を行うためには大量の訓練用データを用意する必要がある。そのためまず偏光顕微鏡のステージにステップモーターを組み込み、さらにカメラと同期させることで、高速な自動撮影システムを構築した。

上記のシステムを用いて、(株)ニチカから購入した 10 種類の岩石(かんらん岩, かんらん石普通輝石はんれい岩, はんれい岩(ノライト), 石英モンゾニ岩, かんらん石玄武岩, ざくろ石黒雲母安山岩, 輝石安山岩, 緑簾石藍閃石片岩, 紅簾石石英片岩, 泥岩)から偏光顕微鏡薄片写真(オープンとクロス)を撮影した。それぞれの岩石種ごとに 720 枚の画像(3.0×2.3 mm²)を取得し、450×320 pixel² にリサイズしたものを学習に使用した。

深層学習の実装には Google 社が開発した TensorFlow (www.tensorflow.org) を使用し、Python 環境下で実行した。様々なニューラルネットワークモデルを作成し、学習精度や正解率を評価した。

3. 結果

CNN 深層学習は、画像中の特徴を抽出する畳み込み演算と、その特徴を保持しつつ画像サイズを圧縮するプーリング演算を交互に繰り返す手法である。畳み込みとプーリングの繰り返し回数は、学習結果に大きな影響を与えることが知られている。図 1 にこの繰り返し回数に対する正答率を示した。1~2 程度の繰り返しで正解率が高くなる傾向が

Keywords: deep learning, rock classification, computer vision

*Corresponding author: seto@crystal.kobe-u.ac.jp

みられ、最高の正解率はオープンニコルのみで評価した場合は 98 %、クロスニコルのみでは 95 %、両者を直列にスタックした画像では 98 % となった。全体的に、スタックした画像を使用した場合の正解率が高く、クロスのみの場合が低い。次に、訓練用データ数と正解率の関係を図 2 に示す。訓練用データが 500 枚(10 種の岩石が各 50 枚)の場合でも正解率は 70% を上回り、枚数の増加と共に正解率は向上する。5000 枚でも上限に達しておらず、訓練データを増やせば更なる正解率の向上が期待できる。

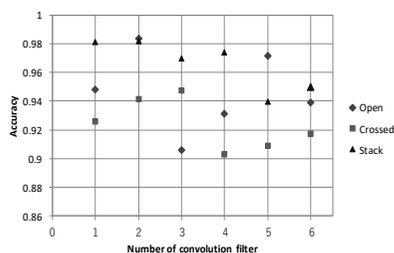


図 1. 畳み込み+プーリングの層数に対する正解率の変化。訓練用データ数は 5000 枚。

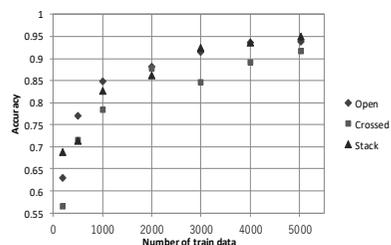


図 2. 訓練用データ数に対する正解率の関係。畳み込み+プーリングは 6 層。

4. 考察

薄片画像データを用いた深層学習による岩石判別を行った結果、少なくとも筆者らが用意したデータセットに対しては高い正解率を示した。特に、オープンニコルとクロスニコルの画像をスタックし、畳み込み+プーリングの層数は 1~2 回程度、訓練用データを 5000 枚以上使用した場合には 98% 以上の正解率に達し、岩石判別のツールとして有効であることを確認した。

MEM 解析ソフトウェア Dysnomia への最大エントロピー パターンソンの統合

門馬綱一(国立科博)

Integration of the Maximum Entropy Patterson method into the MEM analysis software Dysnomia

Koichi Momma (NMNS)

A feature of the Maximum Entropy Patterson (MEP) method has been implemented into a MEM analysis software Dysnomia. It is now capable of reading output files of RIETAN-FP, *.ffo, containing diffraction peak intensities extracted by Le Bail analysis, and generating a file *.input, containing improved intensities estimated by MEP, for structure solution by the charge flipping software Superflip.

最大エントロピー法(MEM)は結晶学において、実測のX線・中性子回折データから電子・核密度分布を計算する際などに広く用いられている。実測データには含まれない結晶構造因子の位相項の情報は、結晶構造解析の結果に基づいて構造モデルから計算した値がそのまま用いられる。一方、位相項を含まない回折強度(結晶構造因子の絶対値の二乗)からは、同様にMEMを用いてパターン関数分布を求めることができる。MEMにおいては、通常のフーリエ合成において問題となる打ち切り効果の影響が出にくく、(X線回折の場合)現実にはありえない負の電子密度やパターン関数密度が生じない。未観測の回折ピークに対しても、非負の強度が推定されることから、最大エントロピーパターン関数法(MEP)によって確度の高いパターン関数分布を求めることで、未観測ピークの強度や、粉末回折で問題となる重畳ピーク中の個別ピーク強度を推定することができる。

汎用のMEP解析ソフトウェアとしてはALBAがRIETAN-FPと共に配布されているが、設計が古く、大規模データに対応しない、重み付け機能を持たない、近似解しか得られず厳密解を求められない、などの課題があった。そこで、MEM解析ソフトウェアDysnomia (Momma et al., 2013) のアルゴリズムをそのまま生かし、MEP機能の統合を図った。基本的なMEMのアルゴリズム自体は電子・核密

度解析の際と共通であるが、MEP解析においては以下の相違点があり、それらの機能を追加した。(1)入出力ファイル形式、(2) Wilson plotによる回折強度のスケール因子の推定、(3)グループ化した反射による制約条件式。MEP解析においては、パターン関数そのものより、そこから導かれる回折強度データを用いて結晶構造を導出することが目的であるため、Superflipの入力ファイルを自動作成する機能も追加した。これにより、MEP解析終了後、Superflipを容易に実行でき、Charge flipping法による構造導出が可能である。

MEM解析においては、実測データに適切な重み付けを行わないと、合理的な電子・核密度データが得られないことが指摘されており、格子面間隔 d の4乗による重み付けなどが提案されている (de Vries et al., 1994)。しかし、適切な重みは、格子定数や、対象データの種類(電子密度、核密度、パターン関数の何れであるか)など、データごとに異なる。そこで、自動で最適な重み係数を決定する試みを行った。発表では最適な重み付け関数についての評価と、自動重み付け機能の詳細について述べる。

引用文献: [1] Momma et al. (2013) Powder Diffraction, 28, 184. [2] de Vries et al. (1994) Acta Cryst., 50, 383.

Keywords: maximum entropy method, maximum entropy Patterson method

*Corresponding author: k-momma@kahaku.go.jp

マグマ性鉱床プローブとしての透輝石斑晶メルト包有物

黒澤 正紀* (筑波大・生命環境)

Chemical characters of solid and melt inclusions in diopside megacrysts from Kamisano, Yamanshi prefecture.

M. Kurosawa*(Life Env. Sci., Univ. Tsukuba)

Solid inclusions and daughter minerals in melt inclusions of diopside megacrysts from basaltic andesite veins at the Kamisano area, Yamanshi prefecture, Japan, were analyzed with a SEM-EDS to examine chemistries of melts and fluids from magma associated with ore deposits in southern Fossa Magna area.

花崗岩起源の熱水性金属鉱床の形成には、塩素や硫黄に富む酸化的な花崗岩が地殻浅部に貫入することが重要とされている。特に、大規模金属鉱床の形成では、花崗岩マグマ中に初生的な硫酸イオンが存在し、母岩からメルトに有用金属を効率的に抽出することで、多量の金属を含む熱水流体が固結時に放出することが想定されている。つまり、大規模鉱床の形成過程の解明には、花崗岩マグマ形成での化学的環境の解析が重要となるが、地下深部情報の解析手法については、まだ模索段階となっている。そうした中、大規模地溝帯などの深部断裂に沿って上昇する深部由来岩脈の一部には、花崗岩形成場の近傍に源があり、斑晶の包有物に地下の化学的環境の情報を持つものが存在する可能性が考えられる。

南部フォッサマグナ地域の透輝石を含む岩脈は、組成と累帯構造の特徴からマグマ溜まり深部からの運搬結晶とされ、その種の結晶がオスロリフトなど大規模地溝帯によく伴われる点、包有物に含水鉱物を多量に含むことから、造構運動で上部マントル浅部に水が供給された条件での結晶化が推測されている。この条件は、この地域の花崗岩質マグマの形成環境と関連している可能性がある。そこで、今回は、南部フォッサ地域の上部マントル浅部でのマグマ発生と鉱床形成との関係を解明するため、透輝石斑晶の固相及びメルト包有物の特徴を予察的に検討した。

試料には、山梨県南部町天子湖付近林道に貫入する玄武岩質安山岩岩脈の透輝石斑晶を用いた。この岩脈は、周囲の小規模な閃緑岩・花崗閃緑岩の岩体とほぼ同じで、中新世～鮮新世の貫入とされている。斑晶として 1cm 大

の多数の透輝石、少量の普通輝石を含み、石基には主に透輝石・普通輝石・斜長石・緑泥石・磁鉄鉱・微量の黄鉄鉱が含まれていた。岩片として透輝石・斜長石の集合体も少量認められた。

透輝石斑晶は常に普通輝石のリムを持ち、コア部分は丸みを帯び、リムは骸晶状であることから、透輝石斑晶が異なるメルトに捕獲され、急速に上方運搬されたことを示唆する。透輝石コアの Cr_2O_3 濃度は 0.2～0.7wt.% で内部でも斑晶ごとにも変動がある。普通輝石リムの同濃度は 0～0.2wt.% である。透輝石コアは、固相包有物として斜長石を含み、微量の磁鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱を時々含む。

流体包有物として、析出結晶を含むメルト包有物が多数存在したが、液相を含むものは未確認である。メルト包有物の主な析出結晶は、普通輝石+斜長石+緑泥石+パーガス閃石+方解石+カリ長石+アルカリ長石+アパタイト+チタン石+ジルコン+硫化物+磁鉄鉱であった。硫化物は黄鉄鉱・黄銅鉱が主で、砒素を含む方鉛鉱、アンチモン・テルル・銀等を含む微小結晶も認められた。

析出結晶の鉱物組合せから推定される捕獲メルトの主成分組成は、ほぼ閃緑岩質～花崗岩質で、同地域の花崗岩類と一致する。多量の含水鉱物・方解石の存在から、この地域の上部マントルのマグマ形成場には水と炭酸ガスが豊富で、硫酸塩・赤鉄鉱の欠如から、それほど酸化的でない状態が示唆された。また、包有物内に亜鉛・鉛の硫化物が少ないことは、同地域内には小規模な金・銀・銅鉱床のみ分布する状況と調和的と考えられる。深部由来岩脈の透輝石斑晶の包有物は、地域の花崗岩マグマ形成場や熱水性金属鉱床の形成過程を検討する手がかりとなる可能性がある。

Keywords: melt inclusion, chromian diopside, sulfide

*Corresponding author: kurosawa@geol.tsukuba.ac.jp

熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体における白金族元素含有鉱物および元素鉱物について

田中崇裕*・浜根大輔（東京大・物性研）・新町正

PGMs and Native Element Minerals from the Ultramafic Rock Body of the Kurosegawa Belt in Kumamoto prefecture, Japan

Takahiro Tanaka*, Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo), Tadashi Shinmachi

日本における白金族元素含有鉱物 (PGM) についての研究は、北海道にほぼ限られている。熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体を横切る河川において、重砂試料を採集し、検討を行ったところ、多数の PGM および元素鉱物が見出されたことから、それらを報告するとともに、それらの起源についても考察する。

熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩は、概ねダン橄欖岩起源の蛇紋岩からなるが、部分的に単斜輝石岩のレンズ状岩体を含むことが知られている。今回、PGM および元素鉱物が認められた調査地は、八代市東陽町南 (M)、泉町下岳 (S)、坂本町深水 (F)、下益城郡美里町弘川 (H) である。下岳及び弘川は単斜輝石岩体、その他は蛇紋岩体を横切る河川の下流である。なお、今回得られた PGM は、ほとんど川擦れしていないことからほぼ現地性のもと考えられる。確認された鉱物種を Table 1 にまとめた。単斜輝石岩体由来の PGM は Pt-Rh-Pd (Palladium-subgroup platinum-group elements: PPGE) を主体とし、元素鉱物、硫化物、テルル化物、砒化物、アンチモン化合物となっている。それらは isoferroplatinum の粒をベースとし、それを覆うように産する他、粒の上にコブとして認められる。Ir-Os-Ru (Iridium-subgroup platinum-group elements: IPGE) は主に硫化物として少量のみ認められた。一方でダン橄欖岩起源の蛇紋岩由来のものは、IPGE の元素鉱物に限られていた。一般的に PPGE はマグマ中では不適合であるため、S, As, Sb, Te, Bi 等と共に分化

したマグマ中に濃集していく。一方、IPGE は集積岩と共にマグマから取り除かれていく。従って、本調査の結果から、黒瀬川帯の単斜輝石岩は、上部マンツルの部分熔融に始まり、マグマの分化の末に生じた残留メルトから生成したことが伺え、今回見出された多様な PGM もそのような特異なプロセスを経て生じたものと考えられる。

Table 1. List of PGMs and native element minerals from the ultramafic rock body of the Kurosegawa belt in Kumamoto prefecture, Japan

Mineral	Composition	Locality
PGMs		
Bowieite	Rh ₂ S ₃	H
Cherepanovite	RhAs	H
Cuprorhodsite	(Cu ₂ ,Fe _{0.2})Rh ₂ S ₄	H
Elichmanite	OsS ₂	H
Ferrosite-like mineral	(Fe,Rh,Ni,Ir,Cu,Co,Pt) _{3.4} S ₃	H
Hollingsworthite	RhAsS	H
Irarsite	IrAsS	H
Iridium	Ir	M
Isoferroplatinum	Pt ₂ Fe	H, S
Kingstonite	Rh ₂ S ₂	H
Laurite	RuS ₂	H
Miassite	Rh _{1.5} S _{1.5}	H
Minakawaite	RhSb	H
Moncheite	PtTe ₂	H
Osmium	Os	H, M
Paladinite	PdO	H
Platinum	Pt	H
Rutenium	Ru	M
Tetraferroplatinum	PtFe	H
Tulameenite	Pt,CuFe	H
Ungavaite	Pd ₂ Sb ₃	H
Unknown1	Pd ₃₀ Te ₂ or Pd ₃ Te	H
Unknown2	Pd ₂ Te	H
Unknown3	Rh[(Cu,Fe,Ge)?]	H
Unknown4	RhSbS	H
Unknown5	Rh ₂ Sb ₂ S	H
Unknown6	(Co _{0.2} ,Fe _{0.2})Rh ₂ S ₄	H
Unknown7	Ca(Rh,Ir,Pt) ₄ (SO ₄) ₄	H
Element minerals		
Sn-bearing brass	Cu ₂ (Zn,Sn) ₂	M
Gold	Au	H, M
Nickel	Ni	M
Silver	Ag	F

Keyword: PGM, Native element mineral, PPGE, IPGE, Kurosegawa belt

*Corresponding author: penta@kuh.biglobe.ne.jp

新鉱物 皆川鉱 (Minakawaite)

浜根大輔 (東京大・物性研)・田中崇裕*・新町正

Minakawaite, a new mineral

Daisuke Nisio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo), Takahiro Tanaka*, Tadashi Shinmachi

日本における白金族元素含有鉱物 (PGM) の産出については、北海道を除いてほとんど報告されていないことから、熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体を対象に PGM の調査を続けてきた。その結果、下益城郡美里町弘川の単斜輝石岩体を横切る河川から数多くの PGM が見出された。その中には、数種類の未知の鉱物が含まれており、その一つが RhSb という組成に該当した。我々は、著者である浜根及び田中の恩師である愛媛大学元教授の皆川鉄雄に、師の名を当該鉱物に献名したい旨を伝え、了承が得られたことから、国際鉱物学連合の新鉱物・鉱物・命名委員会に皆川鉱 (Minakawaite) を申請し、承認された。

弘川で採集された PGM は、ほぼ全ての粒のコア部が isoferroplatinum からなっており、しばしばそれを tetraferroplatinum 及び tulameenite が覆っている。また、isoferroplatinum の粒は多様な鉱物を包有する他、稀に表面にコブ状の粒を伴う。このコブ状の粒は、主に Rh, Ir, Ru, Os を主成分とする鉱物からなっており、皆川鉱はそれらを覆うように最も外側に皮膜状で形成されている。この産状から、鉱化ステージの際末期に生成したものと考えられる。肉眼的には、バラ色がかかった灰色であり、反射顕微鏡下では、淡灰色を呈し、弱い多色性(ピンク味がかかった淡灰色-青味がかかった淡灰色)及び中程度の異方性(赤灰色-青灰色)を示す。

皆川鉱の SEM-EDS による定量分析の結果は、Rh 46.83, Sb 48.97, As 4.08, total 99.88 wt% であり、総原子数を 2 としたとき $\text{Rh}_{0.998}(\text{Sb}_{0.882}\text{As}_{0.120})\Sigma 1.002$ の実験式が得られた。また、皆川鉱は薄い皮膜状で産するため、微小部 X 線回折計を用いて試

料表面から X 線回折パターンを得た。最も強い 7 つのピーク [$d\text{\AA}(\text{I})(hkl)$] は 2.860(63)(111), 2.774(35)(102), 2.250(47)(112), 2.199(100)(211), 2.162(38)(202), 1.923(49)(020), 1.843(51)(013) である。空間群 ($Pnma$) で指数付けされた格子定数は $a = 5.934(7)$, $b = 3.848(3)$, $c = 6.305(4)$ Å, $V = 144.0(2)$ Å³ ($Z = 4$) である。実験式及び XRD データを基に計算された比重は、10.04 g/cm³ である。皆川鉱は、合成物である MnP 型の RhSb 相と同一であり、鉱物としては、RhAs を端成分にする cherepanovite の Sb 置換体に相当する。

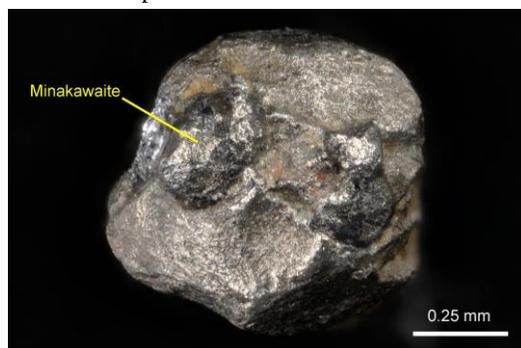


Fig. 1 Photograph of minakawaite

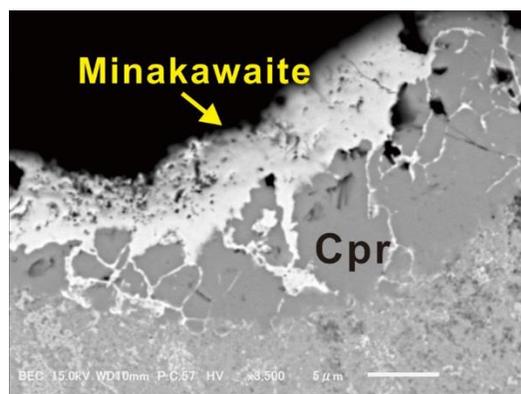


Fig. 2 SEM-image of minakawaite and Cuprorhodsite (Cpr)

Keyword: Minakawaite, PGM, Clinopyroxinite, Kurosegawa, Kumamoto

*Corresponding author: penta@kuh.biglobe.ne.jp

北海道留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物種

浜根大輔* (東大・物性研), 齋藤勝幸

Minerals from gold and PGM placer deposits from the Rumoi area in Hokkaido, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Katsuyuki Saito

北海道留萌管内は新第三紀の堆積岩を主体とする地質であり、超苦鉄質岩の分布は認められない。一方で多くの場所で砂金・砂白金を採集することができる。これは堆積岩の原岩に超苦鉄質岩体が含まれていたためと推測される。我々は原岩の超苦鉄質岩体の特徴を把握するために、砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物について調査を行っている。

今回報告する調査地は初山別村初山別川(S)、羽幌町愛奴沢川(A)、苫前町海岸(T)、小平町上記念別沢川(K)、小平町海岸(O)となる。Table1に確認された鉱物種および未命名鉱物を記した。また、砂鉱床に普遍的に認められる鉱物はリストからは除いた。留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物は多様であり、先日に承認されたばかりの皆川鉱(minakawaite)も含まれるが、ここではqusongiteおよびPtCu₃鉱物について概要を記す。

QusongiteはWCを端成分とし、チベットのオフィオライトから最初に見出され、カムチャツカからも産出が報告されている。愛奴沢川のqusongiteは400 μ mの楕円形状の黒色粒として産出し、表面には10 μ m程度の四面体結晶が多数認められる。分析値はW_{0.92}C_{1.08}、格子定数は $a = 2.092(2)$ Å, $c = 2.832(3)$ Å, $V = 20.65(11)$ Å³($P\bar{6}m2$)である。Qusongiteは粒子サイズがまばらで、粒子間には隙間も多く、製品の炭化タンゲステンにしばしば含まれるFeやCoも検出されないため、天然物と判断している。

PtCu₃鉱物は世界でもいくつかの地域から見いだされているが、鉱物種として確立されていない。苫前町海岸においては、rutheniumに付随するtulameeniteのインクルージョンとして、数 μ m程度のzaccariniiteの粒子とともに、数 μ mから20 μ mの不定型な粒子でPtCu₃

鉱物が見いだされた。おおむね100 \times 300 μ mの領域にそれらが多数分布することから、微小部XRDによる格子定数の測定が可能であった。PtCu₃鉱物の組成はCu_{3.09}Pt_{0.91}、格子定数は $a = 3.683(2)$ Å, $V = 49.97(7)$ Å³($Pm\bar{3}m$)である。

留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物は、カムチャツカの超苦鉄質岩から産出する鉱物群との類似性が認められる。

Table 1. List of minerals from placer deposits

Mineral	Composition	Locality
Braggite or Cooperite	PtS	T
Cherepanovite	RhAs	S, T
Gold	Au	A, K, O, S, T
Erlichmanite	OsS ₂	T
Ferronickelplatinum	Pt ₂ FeNi	O, S, T
Hollingworthite	RhAsS	K, S, T
Hongshiite	PtCu	S, T
Irarsite	IrAsS	A, K, S, T
Iridarsenide	IrAs ₂	S
Iridium	Ir	A, K, O, S, T
Isoferroplatinum	Pt ₃ Fe	A, K, O, S, T
Laurite	RuS ₂	A, K, S, T
Lead	Pb	S
Mertieite-I	Pd ₅ (Sb,As) ₂	T
Minakawaite	RhSb	T
Osmium	Os	A, K, O, S, T
Platinum	Pt	O
Qusongite	WC	A
Rhodarsenide	Rh ₂ As	S, T
Rumoiite	AuSn ₂	S
Rutheniridosmine	(Ir,Os,Ru)	A, K, O, S, T
Ruthenium	Ru	A, K, O, S, T
Shosanbetsuite	Ag ₃ Sn	S
Sperryllite	PtAs ₂	S, T
Tetraferroplatinum	Pt ₄ Fe	A, K, O, S, T
Tolovkite	IrSbS	A
Tulameenite	Pt ₂ CuFe	A, K, O, S, T
Vincinite	Pd ₃ As	T
Yuanjiangite	AuSn	S
Zaccariniite	RhNiAs	T
<i>Unnamed minerals</i>		
CuSbRh ₂	CuSbRh ₂	T
Fe(Ir,Os,Ru) ₂	Fe(Ir,Os,Ru) ₂	A
Ni ₂ IrS ₃	Ni ₂ IrS ₃	T
PtCu ₃	PtCu ₃	S, T

A, Ainusawa Riv.; K, Kamikinenbetsu Riv.; O, Obira Coast; S, Shosanbetsu Riv.; T, Tomamae Coast.

Keywords: qusongite, PtCu₃, PGM, gold, Rumoi, Hokkaido

*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

北海道日高町千栄産の森本ざくろ石

浜根大輔* (東京大・物性研)・萩原昭人

Morimotoite from Chisaka, Hidaka, Hokkaido, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Akihito Hagiwara

ざくろ石超族は $X_3Y_2Z_3\phi_{12}$ の一般式で示され、一般的に $Y = M^{3+}$ であることが多いが、森本ざくろ石 (Morimotoite) は $Y = (\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+})$ で特徴付けられ、その端成分は $\text{Ca}_3(\text{Ti}^{4+}\text{Fe}^{2+})\text{Si}_3\text{O}_{12}$ と定義されている。森本ざくろ石は岡山県高梁市布賀を模式地とし、ここでは石英モンゾニ岩の貫入に派生する高温スカルンに産出する。森本ざくろ石の産出は日本国内に限っては本報告が 2 例目となるだろう。

北部の日高町は沙流川上流から中流にかけて位置し、町内の山地は日高山脈に該当する。地質は古生代から新生代にかけての付加体を中心とし、大規模な蛇紋岩体も分布する。特に糠平岩体には、ハルツバージャイトやダナイトをはじめ、いわゆる日高ヒスイとして知られる透輝石を主体とした岩石やロジン岩がしばしば伴われる。沙流川の支流となる千呂露川へ注ぐ小規模河川の上流部を調査したところ、蛇紋岩に胚胎されるロジン岩の露頭を見いだした。ロジン岩には緑泥石+透輝石を主体とした岩石も伴われており、その岩石の構成鉱物および岩石を切る脈として森本ざくろ石が産出する。

岩石は主に緑泥石と透輝石の混合体で、緑泥石の比率がやや多い。そのほかの共生鉱物として微細なチタン石、森本ざくろ石 (もしくは灰鉄ざくろ石) が見られ、黄鉄鉱も含まれるが少量である。岩石内の構成鉱物は多くが不定形だが、脈状に分布するざくろ石のみは自形を示す。ざくろ石は最大径が 1 ミリの 12 面体結晶で、光沢の強い結晶が群晶となり脈面に連続する。

脈状に分布するざくろ石は主に黒紫色を呈する。内部は組成累帯を示し、Ti に富む部分と乏しい部分が認められる。マッピングに

より相関を観察したところ、Ti-Fe が強く相関する一方で Ti-Si および Fe-Si 間には相関が認められない。そのため分析値から実験式を組み立てる際に計算するべき Fe^{3+} はショーロマイトざくろ石成分ではなく、灰鉄ざくろ石成分を想定している。

Ti に富む部分の平均分析値 (n. = 10) は、MgO 0.44, Al_2O_3 1.42, SiO_2 31.50, CaO 34.14, TiO_2 13.30, FeO 15.57, Total 96.38 wt% であった。Ca+Mg = 3 で規格化し、合計アニオン 12 および $\text{Ti} = \text{Fe}^{2+}$ として Fe^{3+} と (H_4O_4) を見積もった実験式は $(\text{Ca}_{2.95}\text{Mg}_{0.05})_{\Sigma 3}(\text{Ti}_{0.81}\text{Fe}^{2+}_{0.81}\text{Fe}^{3+}_{0.24}\text{Al}_{0.13})_{\Sigma 1.99}[\text{Si}_{2.54}(\text{H}_4\text{O}_4)_{0.47}]_{\Sigma 3.01}\text{O}_{10.12}$ である。Si がわずかではあるが 2.5apfu を上回るため、鉱物種としては森本ざくろ石に該当する。このように本研究で見出された森本ざくろ石は $\text{Si} < 3$ となることが特徴的で、これは $\text{Ca}_3(\text{Ti}^{4+}\text{Fe}^{2+})(\text{SiO}_4)_{3-x}(\text{H}_4\text{O}_4)_x$ 固溶体の存在を示唆している。実際の含水量および三価鉄の測定などは今後の検討課題である。

Ti に乏しい部分の平均分析値 (n. = 10) は、MgO 0.26, Al_2O_3 0.88, SiO_2 32.47, CaO 33.92, TiO_2 8.76, FeO 20.18, Total 96.47 wt% で、同様に計算された実験式は $(\text{Ca}_{2.97}\text{Mg}_{0.03})_{\Sigma 3}(\text{Fe}^{3+}_{0.84}\text{Ti}_{0.54}\text{Fe}^{2+}_{0.54}\text{Al}_{0.08})_{\Sigma 2.00}[\text{Si}_{2.65}(\text{H}_4\text{O}_4)_{0.35}]_{\Sigma 3.00}\text{O}_{10.61}$ となり、これは灰鉄ざくろ石に該当する。また、脈の一部には緑色部が認められ、そこは極端に低い Ti 内容であった。その平均分析値 (n. = 10) は、MgO 0.18, Al_2O_3 1.66, SiO_2 35.04, CaO 33.57, TiO_2 1.69, FeO 24.87, Total 97.01 wt% で、実験式は $(\text{Ca}_{2.98}\text{Mg}_{0.02})_{\Sigma 3}(\text{Fe}^{3+}_{1.62}\text{Al}_{0.16}\text{Ti}_{0.11}\text{Fe}^{2+}_{0.11})_{\Sigma 1.99}[\text{Si}_{2.90}(\text{H}_4\text{O}_4)_{0.11}]_{\Sigma 3.01}\text{O}_{11.57}$ となり、より灰鉄ざくろ石の端成分に近い値が得られた。

Keywords: morimotoite, andradite, hydrous garnet, Nukabira complex, Hidaka

*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

秩父鉾山石灰沢から見出された holtstamite 加水ざくろ石 とその高圧挙動

浜根大輔*(東大・物性研), 門馬綱一(科博), 原田明

Occurrence of holtstamite hydrogarnet from the Sekkaizawa and its high-pressure behavior

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Akira Harada

ざくろ石超族は $X_3Y_2Z_3\phi_{12}$ の一般式で示され、多くは立方晶($Ia\bar{3}d$)であるが、2種類の加水ざくろ石(holtstamiteおよびhenritermierite)のみは正方晶($I4_1/acd$)を基本格子とする。加水ざくろ石固溶体を $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(H_4O_4)_x$ としたとき、 $x = 1$ がholtstamiteに該当し、端成分は $CaAl_2Si_2O_8(OH)_4$ と定義される。

HoltstamiteはWessels鉾山(南アフリカ)でのみ産出が知られる稀産鉱物で、henritermieriteと固溶体を形成する。構造は固溶されている Mn^{3+} のヤーン・テラー効果で正方歪みが強調されており、Hålenius et al., (2005)は加水ざくろ石が正方晶を維持するには Mn^{3+} の存在が不可欠であると考えた。

日本においては高温型スカルン(広島県久代)から産出する加水ざくろ石が興味深い性質を示す。久代産加水ざくろ石はholtstamiteに近い組成を示し、 Mn^{3+} を含まない。また、光学的等方体ではなく、太いXRDピーク半値幅を示す。これらの性質から逸見ら(1971)はこの加水ざくろ石は立方晶ではない可能性を指摘していた。

そうした先行研究がある中で、我々は埼玉県秩父鉾山石灰沢の高温スカルンから産する加水ざくろ石について検討を行ったところ、調べた範囲内のすべてがholtstamiteであることが判明した。またその化学組成は端成分に近く、 Mn^{3+} を全く固溶しない。このholtstamiteは岩石の単位で大量に存在し、石灰沢では最も普遍的な造岩鉱物の一つと言える。共通の特徴から逸見ら(1971)が報告した久代産加水ざくろ石もholtstamiteである可能性が示唆される。

石灰沢のholtstamiteはゲーレン石が熱水活

動で分解した岩石の主要構成鉱物をなす。そのほかの構成鉱物としてベスブ石、アメス石、ベーム石、chantaliteおよび少量の硫化鉱物が認められる。Holtstamite岩は全体的に白色だが、アメス石に富む部分は青色を帯びる。同様の岩石から和田石が産出した報告もあるが(松原, 2017)、本研究では未見である。

Holtstamiteの分析値($n = 30$)は $(Ca_{2.77}Mg_{0.22})_{\Sigma 2.99}(Al_{1.93}Fe^{3+}_{0.05})_{\Sigma 1.98}Si_{2.02}O_8(H_4O_4)$ で、格子定数は $a = 12.161(1) \text{ \AA}$, $c = 11.968(1) \text{ \AA}$, $V = 1770.0(3) \text{ \AA}^3$ である。結晶構造についてはガンドルフィーカメラで得られた回折に対しリートベルト解析を行い、 $R_{wp} = 2.17\%$, $R_p = 1.89\%$, $R_B(\text{holtstamite}) = 4.08\%$, $R_F(\text{holtstamite}) = 2.58\%$ に収束した。

Holtstamiteの結晶化学的な席は $X1_2X2Y1_2Z1_2Z2O1_4O2_4(O3H1)_4$ となっており、 $4H + {}^{22}\square \rightarrow \square + {}^{22}Si$ 置換によってZ2席がほとんど空となり、Z2-(O3H1)四面体が拡張していることが確認された。Holtstamiteの正方歪みは、OH基の発生がZ2席まわりのO3席に偏ることに起因すると考えられ、 Mn^{3+} の存在は本質的に不要であろう。

また加水ざくろ石の系統的理解の一助とするために、石灰沢産holtstamiteに対して静水圧下において10GPaまでの加圧実験を行った。得られた体積弾性率は $K_0 = 104.5(8) \text{ GPa}$ [$K' = 4.29(5)$]、 108.8 GPa ($K' = 4$)であり、この値はgrossular-katoiteのおおむね中間となる。詳細は当日に報告する。

引用: Hålenius et al. (2005) EJM, 17, 375-382; 逸見ら (1971) 鉱物学雑誌, 10, 160-169; 松原(2017) 秩父鉾山140種の鉱物のきらめき, p.21.

Keywords: holtstamite, hydrogarnet, Sekkaizawa, Chichibu mine, high pressure

*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

小笠原諸島父島に産する phillipsite の 特徴的成長組織について

井上裕貴(東京都市大)・安井万奈(早大理工)・萩谷宏(東京都市大)
・山崎淳司(早大理工)

The characteristic growth habits of phillipsite formed in Chichijima, Ogasawara Islands

Yuki Inoue* (Tokyo City Univ.) Mana Yasui (Waseda Univ.)

Hiroshi Hagiya (Tokyo City Univ.) Atsushi Yamazaki (Waseda Univ.)

The Ogasawara Islands are located in the Pacific Ocean approximately 1000 km south of Tokyo. The Ogasawara Islands are formed by Paleogene submarine volcanism and produce characteristic boninite formation. In particular, descriptions of various zeolites in the boninite and related rocks in Ogasawara Islands Chichijima and Anijima are reported. In this study, we focused on the characteristic crystal growth structure of phillipsite zeolite in the cavity of the volcanic rock of Chichijima. As a result of SEM-EDS analysis, at least three or more growth modes were observed. The extraframework cations of phillipsite filling in the rock cavity changes from the onset of growth to Na-rich, K-rich and Ca-rich in relation to the change in crystal habit. Furthermore, it was also observed that several different kinds of zeolite species coexist in the same cavity.

伊豆-小笠原弧南部に位置する小笠原諸島父島、兄島では様々な沸石がボニナイト及び関連する火山岩中に産出することが報告されている。(Nishido:1982、藤田:2016 他)

本研究では、父島の宮之浜および初寝浦において、ボニナイト及び古銅輝石安山岩中の空隙を充填する phillipsite について主に SEM-EDS を用いて観察を行った。

その結果、空隙中の phillipsite について少なくとも 3 段階以上の成長機構が確認された(図 1)。Phillipsite 結晶成長の開始基部(図 1 の右下)から、骨格外陽イオンの組成比が Na-rich から K-rich となり、最外部では晶癖の変化を伴い、Na 比は一定のまま、K 比が減少し Ca 比の増加がみられた。

Keywords: Phillipsite, Step growth, Boninite, Chichijima,*Corresponding author: i.yuki1488@gmail.com

また、その他の火山岩中には、同一の晶洞中に複数種の沸石が共生充填するものも観察された。これら沸石群の産状についてもあわせて報告する。

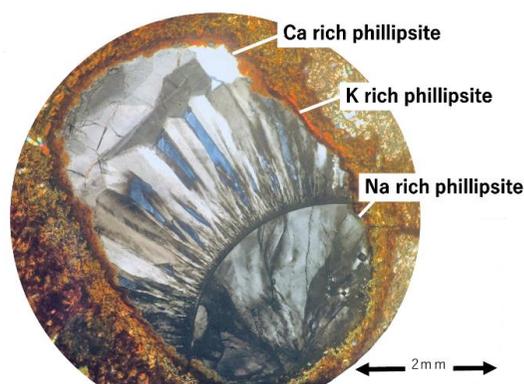


図 1. 宮之浜産ボニナイトの晶洞に見られる phillipsite の 3 段階成長

福岡県飯塚市八木山産のアメサイトについて

一色優希・上原誠一郎(九大・理・地惑)

Amesite from Yakiyama, Izuka, Fukuoka Prefecture, Japan

Yuki Isshiki* and Seiichiro Uehara (Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)

1. はじめに

蛇紋石は 1:1 型の層状珪酸塩鉱物で、円筒状構造のクリソタイル、波状構造のアンチゴライト、板状構造のリザーダイトの蛇紋石鉱物の族名として使用されている。理想化学組成は $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ で、一般に少量の Fe や Al を含むが、上記の理想化学組成に近いものが普通である。蛇紋石と固溶体の関係にある鉱物としてアメサイト($Mg, Al)_3(Si, Al)_2O_5(OH)_4$ があり、中間的組成のものは Al 蛇紋石と呼ばれている。Al 蛇紋石は緑泥石と多形の関係にあり、低温相(準安定相)と考えられ、鉱物学的に重要である。しかし、それらの産出は比較的稀であり、詳細な鉱物学的記載は少ない。今回、福岡県飯塚市八木山の龍王山周辺の蛇紋岩に伴うロジン岩の構成鉱物を調査中に Al 蛇紋石及びアメサイトを確認し、それらの産状及び鉱物学的性質を検討した。さらに Shirozu (1958)により記載された兎山産の Al 蛇紋石の再検討も行った

2. 試料および実験

飯塚市八木山および周辺の地域で、蛇紋岩中のロジン岩の産状観察と構成鉱物の検討を行った。試料の肉眼及び双眼実体顕微鏡観察の後に X 線回折分析(Rigaku Ultima IV, Rigaku RINT RAPID II), 偏光顕微鏡および走査電子顕微鏡観察(SEM-EDS: JEOL

JSM-7001F)を行った。また、九州大学超顕微解析研究センターの TEM (JEOL JEM-3200FSK)を使用し微細組織観察を行った。

3. 結果

この 5 年間の野外観察では 11 箇所のロジン岩露頭を確認した。ロジン岩は緑泥石-斜灰泥石、方解石、灰礬柘榴石、緑泥石、トムソン沸石などの Ca や Al に富んだ鉱物で構成される。アメサイトを確認した露頭は 2 箇所、産状は 2 つのタイプがある。ロジン岩の蛇紋岩との境界に近い部分に散在するもの(試料 No. Rod3)と脈状をなすもの(試料 No. Rod7)がある。試料 Rod3 では白色不透明の Al-蛇紋石と付随する形で薄茶色透明のアメサイトを含む。白色不透明部は $Al_2O_3 = 22-23 \text{ wt\%}$ で、結晶が非常に小さく(約 50-300 nm)、板状、円筒状を示す。X 線回折パターンは $6T_1$ ポリタイプとクリソタイルの混合物を示す。薄茶色透明部は $Al_2O_3 = 24-32 \text{ wt\%}$ で化学組成が不均一である。X 線回折パターンは積層不整の多い $6T_1$ を示す。

兎山産の Al 蛇紋石はロジン岩中に幅 2 mm 程の緑色透明脈中に緑泥石を伴い産出する。兎山の試料は Al_2O_3 含有量が少なく、*c* 軸長が長い。今回の八木山産アメサイトは沸石鉱物と共存しており、兎山に比べさらに低温の生成物であろう。

Key word: amesite, Al-serpentine, serpentine, rodingite, low-temperature phase

Corresponding author: Isshiki.yuki.525@s.kyushu-u.ac.jp

福岡県長垂山のコロンブ石族鉱物

伊東信 (福岡県立糸島高)・上原誠一郎 (九大・理・地惑)・白勢洋平(京大)

Columbite group minerals from Mt. Nagatare, Fukuoka Prefecture

Shin Ito (Itoshima HS), Seiichiro Uehara (Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.) and

Yohei Shirose (Mus. Kyoto Univ.)

序 福岡県長垂山の Li ペグマタイトは、古くから記載鉱物学的研究 (柴田, 1934 など) がなされ、リチア電気石やリチア雲母、コロンブ石など、多くの希元素鉱物が記載されてきた。しかし、Li ペグマタイトの周囲の複合ペグマタイト中の希元素鉱物について十分な鉱物学的研究は行われていない。本研究では、長垂山のペグマタイト露頭中の希元素鉱物の産状調査を行った。さらに、Li 鉱石貯鉱場跡から採取したコロンブ石族鉱物とともに、化学組成を分析し、分化の傾向について検討を行った。

産状 コロンブ石族鉱物は褐～黒色で金属光沢をもち、コロンブ石とタンタル石は肉眼的には区別がつかない。化学分析と X 線回折実験を行い、コロンブ石族鉱物について検討した。化学分析には走査電子顕微鏡(JSM-5800LV)を用いた。X 線回折実験には、Rigaku 製湾曲イメージングプレート X 線回折装置 RINT RAPID II を用いた。

結果 野外調査の結果、Li ペグマタイトの露頭は確認出来なかったが、ペグマタイトの露頭 8 地点から大きさ 1～5 mm ほどのコロンブ石族鉱物の産出が確認された。化学分析の結果、周囲の複合ペグマタイトから産した

試料からは、鉄コロンブ石、マンガンコロンブ石、鉄タンタル石が確認された (図 1)。結晶のコアの部分は鉄コロンブ石組成のものが多く、Mn の濃度は Li ペグマタイトから産したものと比較して高くならない。一方、Li ペグマタイトから産した試料からは、マンガンコロンブ石、鉄コロンブ石、マンガンタンタル石が確認された。結晶のコアはマンガンコロンブ石組成のものが多く、Mn/(Mn+Fe)の値が Ta/(Ta+Nb)と比較して周囲の複合ペグマタイトに比べて大きく増加する傾向が見られた。この傾向は F に富む岩体に産するコロンブ石族鉱物に見られる (Černý et al. 1986) ことから、長垂の Li ペグマタイトも形成時に F に富む環境であったと考えられる。

Keywords: columbite, tantalite, Nagatare

*Corresponding author : ito-s@kyudai.jp

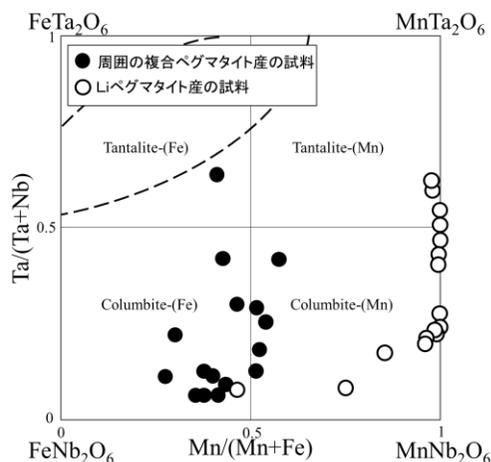


図 1 長垂山産コロンブ石族鉱物の四端成分図

山口県美祢市長登銅山烏帽子坑に産するコバルト鉱石

永畷 真理子 (山口大・創成科学), 井本 裕二, 森下 幸菜 (山口大・理)

Occurrence of Co ores from the Eboshi deposit, the Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan

Mariko Nagashima*, Yuji Imoto, and Yukina Morishita (Faculty of Science, Yamaguchi Univ.)

Mineral assemblages and chemical compositions of skarn and ore minerals from the Eboshi deposit, Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan were investigated. The Co-rich ores are given in a special focus. The major ore minerals are cobaltite, chalcopyrite, and early stage pyrite (Py-I) and later stage pyrite (Py-II). Py-II is enriched in arsenic (~3.42 As wt.%). Bi-bearing minerals, such as native bismuth, bismuthinite, emplectite, wittichenite, are associated with cobaltite. Kawazulite and skutterudite-like phase are newly described. Ag-bearing minerals, such as matildite and hessite, also occur. The mineral assemblages and textures indicate that chalcopyrite and Py-I were formed in the early to middle stages; cobaltite, Py-II and Bi-bearing minerals were of the middle stage; and Ag- and Te-minerals were crystallized in the late stage.

山口県美祢市には長登銅山、大和鉱山などの銅スカルン鉱床が複数存在する(Kato, 1916ほか)。秋吉石灰岩分布域南東部に位置する長登銅山は日本最古の銅山のひとつで、なかでも烏帽子坑はヘデンベルグ輝石スカルンを主とする本銅山最大の鉱床であり、輝コバルト鉱の産出でも知られる。烏帽子坑に産する鉱石鉱物およびスカルン鉱物の鉱物組合せや化学的特徴は永畷・森下(2018)によって報告されたが、コバルト鉱石の検討は十分ではなかった。したがって、本研究はコバルト鉱石の記載学的研究を行い、コバルトの鉱化作用プロセスの解明を研究目的とした。

烏帽子坑鉱石の主要鉱石鉱物は黄銅鉱、黄鉄鉱、輝コバルト鉱である。また孔雀石、藍銅鉱などに加え、輝コバルト鉱を多く含む鉱石では二次鉱物としてコバルト華[$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$]が産出する。最も卓越したスカルン鉱物はヘデンベルグ輝石で、輝石スカルンを構成するものは $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ (Hd), $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (Di), $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$ (Jo)成分がそれぞれ98-91, 0-3, 2-8 mol.%であるが、珪灰石スカルン中に産するものは $\text{Hd}_{94-73}\text{Di}_{0-17}\text{Jo}_{4-12}$ で相対的にMgや Mn^{2+} に富む。また灰鉄

ザクロ石は $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 成分がそれぞれ99-87, 0-12, 0-7 mol.%であり、光学異常を示さない。加えて、珪灰鉄鉱、バビントン石が産し、いずれのスカルン鉱物も非常にFeに富むことが特徴である。

鉱物組み合わせおよび鉱石鉱物の産状より、早期～中期にかけて黄銅鉱、黄鉄鉱が晶出し、黄鉄鉱は砒素を含まない早期のPy-Iと砒素を含む中期のPy-II(< 3.42 As wt.%)に分類される。輝コバルト鉱はPy-IIと同時期に含ビスマス鉱物(自然蒼鉛、輝蒼鉛鉱、エンプレクト鉱、ウィチヘン鉱など)とともに産する。本研究では新たに河津鉱[$\text{Bi}_{1.95}(\text{Te}_{1.74}\text{Se}_{0.08}\text{S}_{1.18})_{\Sigma 3.00}]$ やスクツテルド鉱様鉱物($\text{Co}_{0.93}\text{As}_3$)が見出された。また黄銅鉱晶出後の中期～後期に黄銅鉱外縁部に斑銅鉱が成長した。後期の晶出ステージは、マチルダ鉱やヘッサイトなど含銀・テルル鉱物の晶出で特徴づけられるが、河津鉱が自然蒼鉛と共生していることからテルルの供給は銀よりも相対的に早いと推定される。一部の鉱石中に不定形の銀濃集部が認められ、含銀鉱物の分解によって形成したと考えられる。

Keywords: Naganobori, copper, skarn, cobaltite

*Corresponding author: nagashim@yamaguchi-u.ac.jp

鹿児島県赤石鉱山における鉱床及び鉱床母岩の粘土鉱物

吉村拓哉・上原誠一郎（九大 理 地惑）

Clay mineralogy of the ore deposit and wall rocks from Akeshi mine, Kagoshima Prefecture, Japan

Takuya Yoshimura* and Seiichiro Uehara (Dep. Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.)

1. 緒言

鹿児島県南九州市にある赤石鉱山は、南薩摩型金鉱床に属する浅熱水性高硫化型鉱床 (Hedenquist, 1987) で、徳永 (1954) や中村ら (1994) による鉱床学的研究がなされ、自然金と随伴鉱物が記載された。また、河野ら(1986)により赤石鉱山に近接する枕崎地区の粘土鉱物について、カオリナイト、緑泥石、混合層粘土鉱物などが報告された。しかし、赤石鉱山の鉱床と母岩変質帯の粘土鉱物についての詳細な鉱物学的研究は行われていない。本研究では、三井串木野鉱山(株)より提供された赤石鉱山の鉱石及び鉱床から母岩に達する2本の試錐(以下 H27-2-2 孔, H29-1-1 孔)中の粘土鉱物を調査した。

2. 実験方法

試錐から、黄鉄鉱を含む硬質な珪化帯と粘土化が進み、脆い特徴がある変質帯が確認され、この岩相が変化している部分(H27-2-2 孔; 深度 70 m – 90 m の 30 試料, H29-1-1 孔; 深度 90 m – 110 m の 19 試料)を選択し、X 線回折実験、電子顕微鏡観察、化学分析を行った。電子顕微鏡観察と化学分析には EDS を装着した SEM (JEOL 製 JSM-7001F), EPMA (JEOL 製 JXA-8530F) 及び TEM (JEOL 製 JEM-3200FSK)

Keyword: Akeshi Mine, Gold deposit, Clay Minerals, Interstratified Clay Minerals

*Corresponding author: yoshimura.takuya@kyudai.jp

を使用した。

3. 結果及び考察

両試錐を石英の量と構成鉱物で強珪化帯、弱珪化帯、粘土化帯、変質安山岩帯に分類した。H27-2-2 孔の変質安山岩帯では、Mg-Fe 緑泥石、カオリナイト、イライトが確認された。Mg-Fe 緑泥石は Mg : Fe 比がほぼ 1 : 1 で、I/S は白雲母寄りの組成を示した。Mg-Fe 緑泥石は I/S との共生関係を持ち、原岩の長石斑晶はカオリナイトとイライトに置換されていた。また、TEM 観察結果より、変質安山岩帯から緑泥石や I/S の積層構造も観察され、微細な方解石やジルコンが粘土鉱物とともに産することが確認された。

変質安山岩帯において、幅広い種類の粘土鉱物が確認されたことから、赤石鉱山およびその周辺について、成分の異なる熱水が複数回流入し、現在の環境が形成されたと推察される。

4. 謝辞

本研究で用いた試錐および鉱石試料は、三井串木野鉱山株式会社よりご提供いただき、野外調査にもご協力していただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

鳥取県日南町日野上鉱山産のクインティン石 (Quintinite)

石橋 隆*・山本佳弘・光田英彦 (益富地学会館)・下林典正 (京都大・院理)
渡部 茜・藤原 卓 (益富地学会館)

Quintinite from Hinogami Mine, Nichinan Town,
Tottori Prefecture, Japan

Takashi Ishibashi*, Yoshihiro Yamamoto, Hidehiko Mitsuda (Masutomi Mus. Geosci.),
Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.), Akane Watanabe, Takashi Fujiwara (Masutomi Mus. Geosci.)

クインティン石 (Quintinite) はマグネシウムとアルミニウムの含水炭酸塩鉱物で、理想化学組成は $Mg_4Al_2(OH)_2CO_3 \cdot 3H_2O$ で表される。本邦では、これまでに産出報告のない種であるが、日野上鉱山のクロム鉱床近傍の変斑レイ岩に伴ってクインティン石の産出が確認されたので報告する。

種名は、鉱物研究家の Quintin Wight に因む。模式的な産地および産状として、ブラジルの Jacupiranga 鉱山のカーボナタイト中に産するものや、カナダの Mont Saint-Hilaire, Poudrette 採石場のアルカリ複合岩体に産するものが知られ、他にも世界各地の 10 箇所ほどから報告されている。

本報告の産地、日野上鉱山は鳥取県日野郡日南町南西部に位置する。超苦鉄質岩体に胚胎するクロム鉱床のクロム苦土鉱などが採掘され、大正 12 年から昭和 38 年に休山に至るまで操業した。ズリ (排石捨場) が稲積山の北側の山腹に残されており、蛇紋岩や変斑レイ岩が多くみられる。

日野上鉱山産のクインティン石は、ズリの変斑レイ岩あるいは灰礬柘榴石を主体とするロディン岩様岩石の表面を覆って、0.1 mm 以下の六角薄板状結晶が皮膜状に集合体をなすもののほか (図), 変斑レイ岩を切る脈で産し、空隙には最大 2 mm に達する六角短

柱状結晶の群晶が認められる産状などがある。結晶は無色でガラス光沢がある。1 方向に顕著な劈開が発達し、破断面には真珠光沢が認められる。ハイドロタルク石と共存する。

X 線粉末回折値は ICDD 51-1525 のクインティン石との良い一致を示す。主要な回折値 [d in Å (hkl)] は、7.63(100)003, 3.823(50)006, 2.572(20)222, 2.543(6)305, 2.290(20)225, 1.945(13)228, 1.524(8)600, 1.4952(6)603 など、回折値から求められた格子定数 (六方晶系) は、 $a = 10.563(3)$, $c = 22.920(10)$ Å, $V = 2214.6(15)$ Å³ である。定量分析によって得られた Mg と Al の原子比 (分析点の平均) は、Mg : Al = 65 : 35 で、理想組成の 67 : 33 に近似し、同定にあたって矛盾はない。



図. 日野上鉱山産 クインティン石
写真幅 : 左右約 5 mm

Keywords : quintinite, carbonate mineral, Hinogami mine, Nichinan Town, Tottori

*Corresponding author : t1484@d9.dion.ne.jp

大阪大学総合学術博物館の鉱物標本

石橋 隆* (阪大総合学術博／益富地学)・伊藤 謙・橋爪節也

永田 靖 (阪大総合学術博)・澤田 操 (益富地学)

Mineral collection of Museum of Osaka University

Takashi Ishibashi* (Mus., Osaka Univ. / Masutomi Mus., Geosci.), Ken Ito, Setsuya Hashizume,

Yasushi Nagata (Mus., Osaka Univ.) and Misao Sawada (Masutomi Mus. Geosci.)

大阪大学総合学術博物館には約 500 種、総数は約 2,000 点の鉱物コレクション（以降、阪大標本）が収蔵されている。昭和初期から平成に至るまでの期間に亘って継続的に蒐集された鉱物コレクションで、研究や教育のために活用されてきたものである。標本は日本国内産のみならず海外各地の標本も含まれている。阪大標本は長らく未整理の状態であったが、2005 年頃より豊 遙秋博士（当時産業技術総合研究所地質標本館館長）によって初めて全面的に標本の調査、整理、登録、データベース化がなされ、近年のさらなる調査によってその全貌が明らかになった。阪大標本は年代で大きく分けて戦前に教育用として標本業者から購入されたものと、戦後に大阪大学の関係者から個人コレクションを寄贈されたものに大別される。

標本に付せられたラベルの情報から、それぞれの標本の由来についても調査された。戦前のものには大阪大学の前身である旧制大阪高等学校と旧制浪速高等学校の標本が存在する。これらには質の高い標本が多くあり、教育用とは考えにくく蒐集家から寄贈されたものの可能性もある。戦後のものは寄贈された標本が中心で、その中核は旧教養部の竹林松二名誉教授（1908－1994）と大阪帝国大学の教授を務めた植田龍太郎教授（1903－1962）からの寄贈標本が 450 点以上あり、阪大標本全体の 20% に及ぶ。

これらの標本は、現在は大阪大学総合学術

博物館の収蔵室（大阪大学会館）に保管されているが、近年ではごく一部が常設展示室に陳列されているほか、博物館学芸員資格取得のための実習などに供されてきた程度で、十分な活用がなされていなかった。現在、標本資料を活用するために不可欠な標本目録（冊子）の制作が進められている。

2018 年には、標本活用の試みの一環として、鉱物をテーマとした特別展『The Mineral World—人と鉱物のつむぐ物語—』（10 月 22 日－12 月 21 日）が開催された。展示は単に所蔵標本を陳列するのみではなく、人類の文明文化の発展と鉱物の活用の関わりや鉱産資源の未来を考える啓発を主軸としたテーマを設け、大阪大学の研究者による研究成果展示が設けられた（例：博物館の研究者による近代日本の鉱業や鉱石研究、本草学的石薬研究、木村兼葭堂に代表される上方の本草学者と石に関する研究、更には大学院理学研究科の研究者による「はやぶさ」シリーズの小惑星探査による“石”の惑星科学的研究等）。また、阪大標本には阪大の主要キャンパスが位置する北摂産の鉱物や鉱石が多く含まれるために、地域の鉱業について地質の成り立ちと関連づけた啓発展示も行われた。展示会関連書籍として書籍として『鉱物—石への探求がもたらす文明と文化の発展—』（石橋・澤田・伊藤監修，2018，大阪大学出版会，96 総頁）も発行され、主要な阪大標本の写真とその概要についても収録されている。

Keywords : Mineral collection, Osaka University, Museum of Osaka University

*Corresponding author : t1484@d9.dion.ne.jp

京都大学の鉱物標本 -比企鉱物標本-

白勢洋平 (京大・博物館)・下林典正・高谷真樹 (京大・院理)・

石橋隆 (益富地学会館)・豊遙秋 (東大・博物館)

“Hiki Mineral Collection”, mineral collection of Kyoto University

Yohei Shirose* (Univ. Mus., Kyoto Univ.), Norimasa Shimobayashi, Masaki Takaya (Grad. Sch. Sci., Kyoto Univ.), Takashi Ishibashi (Masutomi Mus. Geosci.), Michiaki Bunno (Univ. Mus., Univ. Tokyo)

京都大学総合博物館には、2万点以上の鉱物・鉱石標本が所蔵されている。工学部より移管された京都帝国大学理工科大学採鉱冶金学科由来の「比企標本」、旧制第三高等学校由来の「三高標本」、農学部から移管された「農学部標本」からなる。中でも工学部由来の「比企標本」は、「和田標本」、「若林標本」、「高標本」といった20世紀初頭の日本の「三大鉱物標本」に勝るとも劣らないコレクションであり、蒐集当時は日本を代表する鉱物標本であった。しかしながら、比企の没後は関連分野の研究者にもその存在はほとんど認知されていなかった。2000年の総合博物館の竣工に伴う移管後も、その全貌を知ることができない状態であった。2012年に収蔵鉱物標本のデータベース化が計画され、「三高標本」に続き「比企標本」の調査・整理が行われた。その後、第1分冊として『京都大学総合博物館収蔵資料目録 第5号 比企鉱物標本 第一部 元素鉱物・硫化鉱物・ハロゲン化鉱物・酸化鉱物』(白勢ら, 2019)として目録を刊行するに至った。本発表では現在調査・整理を行っている「比企鉱物標本」の特徴を報告する。

「比企標本」は、採鉱冶金学科教授であった比企忠(ひき ただす, 1866-1927)が中心となって蒐集した1万点を超える鉱物・鉱石標本からなる。上述の目録(第一部)には元素鉱物・硫化鉱物・ハロゲン化鉱物・酸化鉱物として2622点(163種)を収録しており、

Keywords: Hiki Mineral Collection, Tadasu Hiki, Kyoto University, Mining and metallurgical department

*Corresponding author: shirose.yohei.6n@kyoto-u.ac.jp

多様な鉱物種が含まれていることがわかる。比企標本には、輝安鉱や水晶の日本式双晶といった日本を代表する鉱物標本や、岡野隕石等の貴重な隕石標本も含まれている (Fig. 1)。また、蒐集当時は日本の金属鉱山の隆盛期でもあり、2000点にも及ぶ品位の高い鉱石標本が、鉱物標本とは別に鉱山ごとに納められている。この中には日本を代表する鉱山が多く含まれ、鉱山の総数は150以上に達する。比企は当時鉱物学・鉱床学の最先端であったドイツをはじめとする諸外国から数多くの標本を取り寄せ、黎明期であった日本の鉱物学・鉱床学の発展に寄与した。多くの標本に比企の直筆のラベルが付されており、産地情報、蒐集者、採集年月日等が正確にわかるため、学術標本として大変重要な価値を持つ。ほとんどの金属鉱山が閉山した現在の日本では、資源工学的研究や鉱物学的研究を行う上でこれらの資料は欠かせない存在である。



Fig. 1 Photographs of stibnite from the Ichinokawa mine, Japanese twin quartz from the Otome mine, and Okano meteorite (hexahedrite).

九州大学の鉱物標本

上原誠一郎* (九大・理・地惑)・白勢洋平 (京大・博物館)・伊藤泰弘 (九大・博物館)

Mineral collection of Kyushu University

Seiichiro Uehara* (Kyushu Univ.), Yohei Shirose (Kyoto Univ.) and Yasuhiro Ito (Kyushu Univ.)

1. はじめに

九州大学の鉱物学は工学部採鉱学科で始まり、その後、農学部、理学部地質学科、旧教養部地学教室などで教育研究の一分野として行われた。自然科学において標本観察と野外観察は教育研究の原点で、これらの標本は鉱物学、地質学、博物館関連の授業や研究で現在も活用されている日本で一番と自負できる教材でもある。今回は九州大学収蔵の鉱物標本の中から日本の鉱物学黎明期に活躍した三人の学者が蒐集した標本を紹介する。

2. 九州大学の鉱物標本

『高標本』は日本産の鉱物結晶の標本を主体とし、その数は160種、約1200点になる。和田標本（三菱マテリアル所蔵）、若林標本（東京大学所蔵）と共に20世紀初頭の日本の三大鉱物標本の一つにあげられる学術的に極めて貴重な資料である。明治44年から昭和4年まで工学部採鉱学教室の教授であった高壮吉が蒐集した標本で、昭和14年理学部に地質学教室（現在、地球惑星科学教室）が創設された際に譲渡され、当時は本部事務局2階に展示されていた。その後6回の移転があり、平成30年9月に旧工学部本館2階に移転し、収蔵展示されている。

『岡本標本』は工学部講師の岡本要八郎によって福岡県と長崎県の鉱物調査のために蒐集されたもので、その成果は、『福岡縣鑛物誌』（1944）と『長崎県鉱物誌』（1958）として出版された。当時の日本新産種、現在では入手できない標本が数多く含まれる。点数は約1200点。

『吉村標本』は昭和17年から昭和44年まで理学部地質学教室鉱物学講座を担当した吉村豊文の標本である。学生や他の教員とともに終始一貫して、日本のマンガン鉱床の研究を行い、『日本のマンガン鉱床』3部作（総頁数は1571頁）を著した。そこに記載された鉱石鉱物からなる国内外最高のマンガン鉱物標本である。先生によって発見された新種の鉱物、轟石や原田石の他、先生に因んで命名された新種『吉村石』など学術的に貴重な標本が含まれ、点数は約3200点。

これを含めた1万点を超える九州大学の鉱物標本の将来の保存先は未定である。



高 壮吉

(1869-1946)



岡本 要八郎

(1876-1960)



吉村 豊文

(1905-1990)

Key word: Kyushu University, Mineral collection, Ko collection, Okamoto collection, Yoshimura collection.

Corresponding author: uehara@geo.kyushu-u.ac.jp

Poster presentation

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Sun. Sep 22, 2019 9:30 AM - 3:00 PM A-presentation space (East zone 1)

[コアタイム] 12:00~14:00

- [R3P-01] Determination of the noble gas partition coefficients between metal and silicate melts under high-pressure and high-temperature conditions
*Tomotaka Tanaka¹, Satoshi Kishi¹, Hirochika Sumino¹, Hideharu Kuwahara², Ryuichi Nomura³, Hiroyuki Kagi⁴, Kenji Mibe⁵ (1. Univ of Tokyo. arts and sci., 2. Geodynamics Research Center, Ehime Univ., 3. Human and Environmental Studies., Kyoto Univ., 4. Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo., 5. Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-02] Reaction rates of hydrous mineral and iron under high pressure
*Tatsuro Hatakeyama¹, Masayuki Nishi¹, Tetsuo Irifune¹ (1. Ehime Uni. GRC.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-03] First-principles prediction of hydrogen partitioning between the core and mantle
*Atsuroh Ohba¹ (1. Ehime Uni. GRC)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-04] Al-Si substitution in Phase Egg and Al-rich new high-pressure hydrous phases
*Goru Takaichi¹, Masayuki Nishi¹, Youmo Zhou¹, Shinichi Machida², Tetsuo Irifune¹ (1. Ehime Uni GRC, 2. CROSS)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-05] high pressure hydrous phase e-AlOOH
*Masayuki Nishi¹, Yasuhiro Kuwayama², Jun Tsuchiya¹ (1. Ehime Univ., GRC, 2. Tokyo Univ., Sci.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-06] Phase transition of ScOOH under high pressure
Yoshiaki Ito¹, Osamu Ikeda¹, Taito Kubota¹, Tatsuya Sakamaki¹, Takahiro Kuribayashi¹, *Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Uni.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-07] P-V-T equation of state of δ -AlOOH to 6.5 GPa and 500K
Taito Kubota¹, Yoshiaki Ito¹, Ryuji Watanabe¹, Seiji Kamada², Takahiro Kuribayashi¹, *Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ., Sci., 2. Tohoku Univ., FRIS)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-08] Effect of CO₂ on the viscosity of soda melilite melt under high pressures and high temperatures
*Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Uni.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-09] GHz ultrasonic measurement in DAC: Summary and future perspective
*Akira Yoneda¹ (1. IPM, Okayama Univ.)
9:30 AM - 3:00 PM
- [R3P-10] Sound velocity and Mossbauer spectroscopy measurements of FeH₂
*Daijo Ikuta¹, Eiji Ohtani¹, Naohisa Hirao², Takaya Mitsui³, Satoshi Nakano⁴, Hiroshi Uchiyama²,

Satoshi Tsutsui², Alfred Q. R. Baron⁵ (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. JASRI, 3. QST, 4. NIMS, 5. RIKEN)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-11] Rheology of the subducted slab in the lower mantle

*Shintaro Azuma^{1,2}, Ryuichi Nomura^{3,4}, Kentaro Uesugi⁵, Yu Nishihara⁴, Shunta Doi⁴, Takeshi Arimoto⁴, Tetsuo Irifune⁴ (1. Tokyo Tech, 2. Kyushu Univ, 3. Kyoto Univ, 4. Ehime Univ, 5. JASRI/SPring-8)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-12] Olivine-Spinel transition under uniaxial deformation - the condition of shear instability

*Mori Yuichiro¹ (1. Kyushu Univ., Sci)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-13] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*Yu Itami¹, Satoru Urakawa¹ (1. Okayama Uni. Sci.)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-14] Synthesis of nano-polycrystalline diamond (NPD) from stearic acid and characterization of its microtexture

*Hideaki Kawamura¹, Hiroaki Ohfuji² (1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Geodynamics Research Center, Ehime University)

9:30 AM - 3:00 PM

[R3P-15] Incorporation of Ga³⁺ into CaTiO₃ perovskite

*Nagai Takaya¹, Masaki Ohguro¹, Naoki Takakura¹, Toru Inoue², Toru Shinmei³ (1. Hokkaido Uni. Sci., 2. Hiroshima Uni. Sci., 3. Ehime Uni. GRC)

9:30 AM - 3:00 PM

高温高压条件下での金属-ケイ酸塩メルト間の希ガス分配

係数の実験的決定

田中友崇*, 貴志智, 角野浩史 (東大・総合文化), 桑原秀治 (愛媛大 GRC), 野村龍一 (京大・院人間), 鍵裕之 (東大・院理), 三部賢治 (東大・地震研)

Determination of the noble gas partition coefficients between metal and silicate melts under high-pressure and high-temperature conditions

T. TANAKA*, S. KISHI, H. SUMINO (Dept. Basic Sci., Univ. Tokyo), H. KUWAHARA (GRC, Ehime Univ.), R. NOMURA (Grad. Sch. Human., Kyoto Univ.), H. KAGI (Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo), K. MIBE (Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo)

1. 背景

地球内部の希ガスの同位体比は、地球形成時の始源的成分とウランやトリウムからの放射壊変起源成分の混合により支配されている。大気へのヘリウム同位体比 $^3\text{He}/^4\text{He}$ の値を $1R_A$ として規格化するとマンツルの $^3\text{He}/^4\text{He}$ は $8R_A$ 、マンツル最深部の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は $50R_A$ を示す。地球深部ほど始源的な希ガス同位体比 ($120R_A$) に近い値を示す事から核が始源的な希ガスを保持している事が示唆されている[1]。そこでマンツルの主成分であるケイ酸塩と核の主成分である鉄への希ガス分配実験が行われた[2,3]。しかしそれらの結果は整合的ではなく、核が始源的な希ガスのリザーバーになり得るのかは未だに分かっていない。そこで本研究ではより天然に近い濃度で正確な分配係数を出す事を試みた。

2. 実験手法

本研究ではマルチアンビル高压発生装置を用いて、高温高压条件下 (3 万~6 万気圧、 1700°C 程度) でサンプルを合成した。SEM-EDS、顕微ラマン分光、EPMA を用いて試料を観察した後、金属相とケイ酸塩ガラスそれぞれに含まれる希ガスの濃度を、紫外レーザーアブレーション装置と超高感度希ガス質量分析計を用いて求めた。

3. 実験結果

今回の実験では 3GPa ~ 6GPa まで 1GPa ごと 4 サンプルを合成した。得られた希ガス濃度から鉄とケイ酸塩間の分配係数を求め、先行研究[2]と比較した結果を図 1 に示す。今回得られた 5GPa における分配係数は先行研究[2]のトレンドと調和的であった。

[1] Porcelli and Halliday., *EPSL.*,2001. [2] Matuda.*et al.*,*Science.*1993. [3] Bouhifd *et al.*,*Nature Geoscience.*2013.

Keywords: noble gas, partitioning coefficients, high pressure, high temperature

*Corresponding author: sirokuma0310@igcl.c.u-tokyo.ac.jp

高压下における含水鉱物と鉄の反応速度

畑山達郎（愛媛大 GRC），西真之（愛媛大 GRC），入舩徹男（愛媛大 GRC）

Reaction rates of hydrous mineral and iron under high pressure

Tatsuro Hatakeyama (GRC,Ehime Univ.) , Masayuki Nishi (GRC,Ehime Univ.) ,

Tetsuo Irifune (GRC,Ehime Univ.)

水と岩石の反応生成物である含水鉱物の一部はプレートの沈み込みにより地球内部のマントルへ運ばれる。近年の研究により超高温高压条件下で熱力学的に安定な含水鉱物が複数発見されており、深さ 2900 km の核マントル境界までの水輸送の可能性が示唆された。また、含水鉱物によりマントル最下部に到達した水が地球深部の物質に及ぼす影響として、マントル物質の部分溶解や水の溶融鉄への溶け込み、新たな含水層の形成などが議論されている。

上記の現象は地震波により観測される核マントル境界の地震波超低速度領域の成因となり得るため、高温高压下での含水鉱物と中心核の構成物質である鉄の相互作用は、水の循環だけでなく地球内部構造とその進化への知見となる可能性がある。しかしながら、上記の反応が地質学的時間スケールにおいてどの程度の空間的規模で進行するかについての情報は得られていない。

本研究の目的は、高温高压下における含水鉱物-鉄の反応の機構と速度を実験により解明し、核マントル境界における水と鉄の挙動を議論することである。

実験にはマルチアンビル型高压発生装置

MADONNAIIを使用した。出発物質の含水鉱物(AlOOH, FeOOH)と Fe を Au 製のカプセル内に重ねて配置し、25 GPa・1050-1380 K の条件で加熱保持した。回収試料は表面を研磨し、走査型電子顕微鏡を用いて、反応帯組織の観察と化学組成の分析を行った。

すべての回収試料において、含水鉱物と鉄の間に FeO を含む反応帯が形成された ($2\text{AlOOH} + 3\text{Fe} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + 2\text{FeH}$)。反応帯の幅 ΔX が時間の 0.5 乗に比例 ($\Delta X \propto t^{0.5}$) しており、酸素と水素の拡散律速による成長が示された。また、得られた活性化エンタルピーから、本反応における成長速度を定式化した。さらに、圧力依存性を推定する homologous temperature scaling による外挿計算の結果から、核マントル境界の熱境界層において数十キロメートル規模の FeO の生成反応が可能であることが示された。

この結果は、もし核-マントル境界付近に水が存在した場合、水成分が鉄に吸収され、FeO に富む鉱物が形成されることを示唆する。鉄に富む鉱物や融点降下にもなう部分溶融物質は、核マントル境界の地震波超低速度領域の物性を説明可能である。

Keyword : core-mantle boundary, Ultra low velocity zones, wustite, atomic diffusion;

*Corresponding author : fctatsuro1029@gmail.com

核-マントル間における水素分配の第一原理的予測

大場篤朗*, 土屋卓久(愛媛大・GRC)

First-principles prediction of hydrogen partitioning between the core and mantle

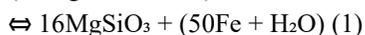
A. Ohba*, T. Tsuchiya (Ehime Univ.GRC)

1. はじめに

水素は太陽系内で最も豊富に存在する元素であり、外核の密度欠損(Birch, 1956)を補う軽元素の候補の一つである。そのため、外核内の軽元素の制約や地球内部における水循環の解明のために、高温高圧下における鉄-ケイ酸塩間の水の分配実験が行われた(Okuchi, 1997; Iizuka-Oku et al., 2016; Clesi et al., 2018)。結果として、これらの実験によって推定された鉄-ケイ酸塩間の水素の分配先は異っており、鉄-ケイ酸塩間における水素の分配特性は依然として明らかにされていない。そこで本研究では、第一原理計算を用いた Xiong et al. (2018)と同様の手法に基づき、核-マントル境界条件下での液体鉄-熔融ケイ酸塩間における水素の分配先の推定を行った。

2. 計算方法

本研究では、



で表される二つの反応を考えた。(1)式は鉄-ケイ酸塩間における水分子の交換反応であり、(2)式は Okuchi (1997)、Iizuka-Oku et al. (2016)、Clesi et al. (2018)で報告された水の酸化還元反応である。化学平衡時の反応系と生成系の量比は両系間のギブス自由エネルギー G の差で決定される。そのため、各項が持

つ G を計算することによって、反応のギブス自由エネルギー $\Delta G = G(\text{右辺}) - G(\text{左辺})$ を求め、平衡定数 $K_D = \exp(-\Delta G/k_B T)$ 、及び分配係数 $D_H = \text{H wt}\%_{\text{鉄}}/\text{H wt}\%_{\text{ケイ酸塩}}$ を決定した。自由エネルギーの計算には、熱力学積分法(Kirkwood, 1935; Meijer et al., 1990)を用いた。熱力学積分法は参照系から対象となる系への自由エネルギー差を求めることが可能な方法である。本研究では Taniuchi and Tsuchiya (2018)、Xiong et al. (2018)と同様にして、解析的に自由エネルギーの計算が可能な理想気体を参照系として採用し、参照系から第一原理系までの一段階の熱力学積分を行った。

3. 結果

計算によって得られた(1)式及び(2)式の ΔG 、 K_D 、 D_H はそれぞれ表のようになった。結果として、(1)式の水分子の交換反応、(2)式の水の酸化還元反応どちらの場合でも水素は鉄側に比べてケイ酸塩側により多く分配され、(1)式右辺の状態は(2)式右辺の状態よりも自由エネルギーは小さいことが分かった。現在は液体鉄の組成効果を調べるため、液体鉄の組成を純鉄から酸素濃度を増加させたものに置き換えて計算を行っている。

	ΔG (Ry)	K_D	D_H
(1)式	6.30.E-02	1.37.E-01	2.14.E-01
(2)式	2.18.E-01	1.01.E-03	1.86.E-02

Keyword : first-principles calculation, thermodynamics integration, hydrogen-partitioning, core-mantle boundary

*Corresponding author: ohbaatsuroh@gmail.com

Al-Si 置換型 Phase Egg および Al に富む未知含水高压相

高市合流* (愛媛大 GRC)、西真之 (愛媛大 GRC)、周佑黙 (愛媛大 GRC)

町田真一 (総合科学研究機構)、入船徹男 (愛媛大 GRC)

Al-Si substitution in Phase Egg and Al-rich new high-pressure hydrous phases

Goru Takaichi* (GRC, Ehime univ), Masayuki Nishi (GRC, Ehime univ),

Youmo Zhou (GRC, Ehime univ), Shinichi Machida (CROSS), Tetsuo Irifune (GRC, Ehime univ)

結晶構造中に OH 基を含む含水鉱物は、プレート沈み込みにより多量の水成分を地球内部に運ぶことが知られている。超高压下で熱力学的に安定とされる Phase D や Phase H といった高密度型含水マグネシウムケイ酸塩鉱物群(DHMS)は、1200 度を超える高温下で脱水分解するため、その存在は非常に冷たい沈み込みプレートに限られる。しかしながら、Phase Egg (AlSiO₄H)や Aluminous phase D (Al₂SiO₆H₂)といったアルミニウムを多く含む含水鉱物は 1500°C以上の高温でも分解せずに安定であり、地球深部における水のホストとして注目されている。特に Phase Egg はダイヤモンド包有物として発見されており、その相関係を知ることはマントル深部の水輸送を理解する鍵となる可能性がある。本研究は、Phase Egg や Aluminous phase D の安定性および相関係を詳しく理解することを目的として、Al₂O₃-SiO₂-H₂O 系の高压相平衡実験を行った。

高压実験は川井式マルチアンビル型高压発生装置 (Orange-2000) を用いた。出発試料として、 α -AlOOH と SiO₂ の粉末混合体を用いた。

Keywords : High pressure, Hydrous minerals, Phase Egg ;

*corresponding author:d310126h@mails.cc.ehime-u.ac.jp

回収試料は微小部 X 線回折装置(XRD)や走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) を用いて結晶構造の推定および化学組成の分析を行った。

マントル遷移層一下部マントル領域の温度圧力条件下で Al/Si 比が異なる様々な組成の含水鉱物が回収された。22 GPa, 2000 K の条件下で合成された Al_{1.43}SiO_{4.86}H_{1.43} 組成の含水鉱物の X 線回折パターンは、Phase Egg (AlSiO₄H)のものとは一致した。このことは Phase Egg 結晶中の Si⁴⁺=Al³⁺+H⁺の置換を示唆する。また、Al₂SiO₆H₂ と AlSiO₄H を張り合わせた高温高压実験により得られた拡散プロファイルから、Phase Egg は上記置換により Al/Si=1.0~1.7 の広い組成幅を持つことが明らかとなった。

その他、Al/Si 比の異なる新規含水鉱物を回収した。これらの含水鉱物の X 線回折パターンは Phase Egg や Aluminous phase D と一致しない。また、これらの化学組成は温度に敏感であり、Phase Egg と同様、ある程度組成幅を持つと考えられる。発表では安定領域と構造を含めて報告する。

マルチメガバールの新含水高压相 ε -AlOOH

西真之 (愛媛大 GRC), 桑山靖弘 (東京大), 土屋旬 (愛媛大 GRC)

New high pressure hydrous phase ε -AlOOH

Masayuki Nishi* (GRC, Ehime Univ.), Yasuhiro Kuwayama (Tokyo Univ.),

Jun Tsuchiya (GRC, Ehime Univ.)

Based on in-situ X-ray diffraction experiments in a laser-heated diamond anvil cell as well as first principles calculations, we found that δ -AlOOH transforms into a new phase with orthorhombic symmetry, named ε -AlOOH, at ε -190 GPa. Some hydrous phases remain stable beyond pressures found in the Earth's core-mantle boundary and hydrogen may thus be stored in these hydroxides or their potential high-pressure forms in the deep interiors of terrestrial super-Earths, and the rocky cores of some ice giants.

水素は宇宙で最も豊富に存在する元素であり、惑星内部の進化や構造に多大に影響を及ぼしてきたと考えられる。含水鉱物は地球内部における重要な水の貯蔵形態の一であり、含水鉱物が安定に存在できる温度圧力条件(安定領域)を知ることが、地球内部の水の循環機構を知るための手掛かりとなる。

近年下部マントルの温度圧力条件下で熱力学的に安定な含水鉱物が複数見つかり、最下部マントルへの水の輸送や中心核物質との化学反応が議論されている。本研究では、地球最下部マントルより高い圧力下における含水鉱物の安定性を高温高压実験により調べた。

出発物質は愛媛大学のマルチアンビル型高压発生装置により合成した δ -AlOOH

Key words: Extra-solar planets; hydroxide; water

*Corresponding author: nishi@sci.ehime-u.ac.jp

および CaCl_2 型 $(\text{Fe,Al})\text{OOH}$ 多結晶体を用いた。高温発生と試料の構造の決定は SPring-8 の BL10XU のファイバーレーザーと放射光 X 線回折測定により行った。得られた金の格子体積から圧力を算出した。

182 GPa, 2500 K 以下の温度圧力条件において、 δ -AlOOH の安定性が確認された。192 GPa, 2500 K では、新たな X 線回折ピークの出現が確認された。このピークは最近理論予測された AlOOH の新構造 (*Pbca*, Verma et al., 2018) により説明可能である。 $(\text{Fe, Al})\text{OOH}$ 組成の出発物質を使用した場合、パイライト型構造が出現した。このような広い含水鉱物の安定領域は、地球だけでなく太陽系外のスーパーアースや巨大氷惑星の内部構造や水の存在形態に影響する可能性がある。

高圧力下における ScOOH の相転移

伊東義章, 池田理, 窪田平海, 坂巻竜也, 栗林貴弘, 鈴木昭夫* (東北大・理)

Phase transition of ScOOH under high pressure

Yoshiaki ITO, Osamu IKEDA, Taito KUBOTA, Tatsuya SAKAMAKI, Takahiro KURIBAYASHI, Akio SUZUKI (Tohoku Univ.)

InOOH 構造となる M^{3+} OOH 酸化水酸化物の圧力誘起相転移を調べることは重要である。例えば、InOOH 構造を有する δ -AlOOH は下部マントル条件下で安定な含水相で、地球深部まで水を運ぶ可能性がある (Sano et al., 2008)。AlOOH は diaspore から InOOH 構造の δ -AlOOH、パイライト型 AlOOH へと圧力に対して相転移すると考えられている (Tsuchiya and Tsuchiya, 2011)。FeOOH については、diaspore 構造の goethite から InOOH 構造の ϵ -FeOOH、パイライト型の構造への相転移が確かめられている (Nishi et al., 2017; Hu et al., 2017)。一方、ScOOH については、170 atm 以下・350°C 以下の条件下で diaspore 構造の α -ScOOH、8 GPa・500°C で InOOH 構造、10 GPa 超・400°C で YbOOH 構造が確認されている (Christensen and Jensen, 1967; Christensen, 1971; Bendeliani et al., 1973)。しかし、ScOOH の相境界は調べられていない。 M^{3+} OOH の相転移について新たな知見を得るため、InOOH 構造の高圧相が YbOOH 構造という特徴がある ScOOH の相転移境界を試料急冷法と放射光その場観察実験から明らかにした。

試料急冷法をバイエルン地球科学研究所に

設置の Hymag プレス、Sumitomo プレス、Zwick プレスを用いて行った。2 GPa から 14 GPa、700 K または 800 K の条件で 1 時間保持後、急冷して回収した。回収試料に対して角度分散型粉末 X 線回折装置 (Bruker D8 Advance) を用いた相の同定を行った。

放射光 X 線その場観察実験を、高エネルギー加速器研究機構のビームライン NE5C 設置の高圧発生装置 MAX-80 および NE7A の MAX-III を用いて、3 GPa から 10 GPa の圧力で行った。ScOOH 粉末と NaCl 粉末を体積比 1:1 で混合した試料を出発物質として用いた。NaCl の状態方程式から圧力を算出し、W3%Re-W25%Re 熱電対で測温した。X 線回折データは Ge 半導体検出器を用いてエネルギー分散法で取得した。目標圧力まで加圧後、時分割測定しながら昇温して回折パターンの変化から安定相を確かめた。

試料急冷法と放射光その場観察実験の結果から、 α -ScOOH から InOOH 構造に相転移する境界がおおよそ 5 GPa、InOOH 構造から YbOOH 構造に相転移する境界がおおよそ 10 GPa であることを明らかにした。

Keywords: hydrous mineral, ScOOH, InOOH, YbOOH

*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

δ -AlOOH の P-V-T 状態方程式

窪田平海・伊東義章・渡邊隆二・鎌田誠司・
栗林貴弘・鈴木昭夫* (東北大学・理)

P-V-T equation of state of δ -AlOOH to 6.5 GPa and 500K

Taito Kubota, Yoshiaki Ito, Ryuji Watanabe, Seiji Kamada,
Takahiro Kuribayashi and Akio Suzuki* (Tohoku univ.)

1. はじめに

δ -AlOOH は Suzuki et al. (2000) によって見つかった 高压含水相 である。diaspore (α -AlOOH) の 高压多形 であり、130GPa までの 広い安定領域 を持つことから、地球の マントル への 水素キャリア としての 候補鉱物 と考えられている 含水鉱物 の 1 つ である。発見以来、多くの 興味 を引きつけられ、 δ -AlOOH に関する 実験 が行なわれてきた。しかし、その 多く は 室温 での 実験 であり、温度変化を考慮した 実験 は行なわれていなかった。

本研究では 外熱式ダイヤモンドアンビルセル を用い、300~500K までの 範囲 の 温度 での 粉末 X 線回折 を行い、そのデータから P-V-T 状態方程式を決定した。

2. 実験

外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用い、ガスケットにはレニウム、圧媒体にはダフニール 7474 を用いた。圧力は、試料である δ -AlOOH と共に NaCl を混合し、NaCl の X 線回折のフィッティングから決定を行なった。粉末 X 線回折パターンは KEK, Photon Factory の BL-18C のビームラインで測定を

行なった。測定に使用した X 線の波長は 0.62 Å で、回折した X 線はイメージングプレートによって検出した。

圧力は最大 6.5GPa までで、温度は 50K 間隔で測定した。2GPa 以下の圧力では 300K から昇温させながら、2GPa 以上の圧力では一度 500K まで昇温させた後、降温させながらデータの採取を行なった。

3. 結果

300~500K の温度範囲で 17 点の X 線回折パターンを得た。

得られたデータについて、状態方程式へのフィッティングは EoSFit7-GUI プログラム (Gonzalez-Platas et al., 2014)、EoSFit7c プログラム (Angel et al., 2014) を用いた。得られたデータに基づき、二次の Birch-Murnaghan 状態方程式でフィッティングを行ない、常温常圧での体積 (V_0)、300K での体積弾性率 (K_T)、常圧での体積熱膨張率 (α_0) に関して以下の結果が得られた。

$$V_0 = 56.557(17) \text{ \AA}^3$$

$$K_T = 162(3) \text{ GPa}$$

$$\alpha_0 = 1.0(3) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Keywords: hydrous mineral, δ -AlOOH, P-V-T equation of state

*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

高温高圧下における Soda melilite メルトの粘度に及ぼす

CO₂ の効果

鈴木昭夫* (東北大学)

Effect of CO₂ on the viscosity of soda melilite melt under high pressures and high temperatures

Akio Suzuki* (Tohoku Univ.)

Soda melilite, CaNaAlSi₂O₇, is an end member of natural melilite, and melilite is a solid solution of åkermanite, gehlenite and soda melilite. The NBO/T ratio of the soda melilite composition is 0.67, which is close to that of basaltic magma. Therefore, liquid soda melilite has been used as a model basalt melt. The main goal of our study is to determine the effect of dissolving carbon dioxide on the viscosity of silicate melts at high pressure. It has been known that volatiles are dissolved in natural magmas and affects the physical properties. However, very few studies have been performed to investigate the effect of carbon dioxide on the viscosity of silicate melts at mantle pressures. In the present study, the viscosity of carbon-dioxide bearing NaCaAlSi₂O₇ composition melts have been determined up to 5 GPa. Viscosity was calculated using the Stokes equation with the correction of wall effect. The movement of a metallic sphere in a sample chamber was recorded in X-ray radiography image. We have used this technique to determine the pressure, temperature and compositional dependence of the viscosity of silicate melts. A charge coupled device (CCD) camera with a YAG:Ce fluorescence screen was used to obtain the X-ray absorption contrast image. Experiments under high pressures and high temperatures has been conducted using the MAX-III apparatus installed at the AR-NE7A station at the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) in Tsukuba, Japan. Brealey and Montana (1989) measured the viscosity of melt with soda melilite composition at high pressure using the falling sphere method based on the quenching experiment. They reported that no detectable change in viscosity was observed in sodium melilite melt with the addition of 2 wt% CO₂. In this study we adopted the in situ falling sphere method using the X-ray radiography technique. We show that dissolved carbon dioxide decreases the viscosity of soda melilite melt, however, the effect on the viscosity of soda melilite melt is much smaller than that of jadeite melt, which reported previously (Suzuki, 2018).

Keywords: soda melilite, viscosity, carbon dioxide, high pressure, synchrotron radiation

*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

GHz-DAC 音速法の開発：ここまでの総括と今後の展望

米田 明（岡山大惑星研）、小林真一郎、鎌田誠司（東北大理）

GHz ultrasonic measurement in DAC: Summary and future perspective

DACで加圧された試料の弾性測定法としてレーザー光を用いるブリルアン散乱法が広く用いられてきたが、①不透明試料の測定ができない、②高圧下で試料のP波ピークがダイヤモンドのS波ピークに埋もれてしまう、等の問題がある。ブリルアン散乱法の欠点を解決するためにGHz-DAC法の開発を2011年頃から開始した。紆余曲折を経て、2017年にDAC中試料の音速測定に成功した[1]。今回、これまでの開発状況を紹介するとともに、今後の研究の展望に力点をおいて発表を行う。

図1はGHz-DAC音速法の概念図である。バッファロッドをアンビル背面に押し付けて、GHz超音波を試料部へと伝達する。

本構成の実験システムでKClとハワイ産のオリビンのP波速度測定を実施した。P波シグナルや試料長の評価法については発表にて詳細を説明する。

P波測定と並行して、S波バッファロッドの開発も行った。斜め入射する弾性波のP-S変換現象を応用している。図2に立方晶のYAG結晶で作成したS波バッファロッド

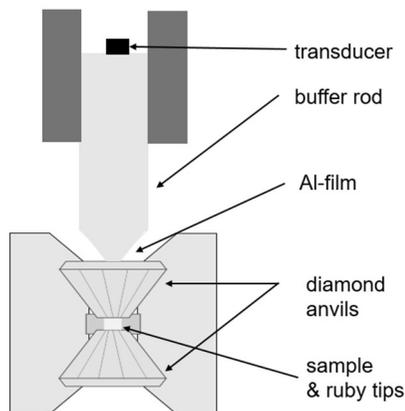


図1 GHz-DAC 音速法の概念図

の製作過程を示した。既にDACセルからのS波シグナルも確認できており、GHz法による V_p , V_s 同時測定の展望が開けた。

今後は、GHz音速法の強みを活かし、以下に示すようなブリルアン散乱法では不得手な鉄含有試料の測定を行なっていく。

- (1) 20 GPaまでの純鉄
- (2) 50 GPaまでの含鉄ブリッジマナイト。
- (3) 100 GPaまでの高Fe数フェロペリクレース

(2, 3) では鉄の高スピン低スピン転移領域でのGHz超音波測定を実施する。

本研究では大学院生の小林による貢献が大きかった。若手の新鮮な感覚はGHz開発において重要な役割を果たしている。今後も大学院生と協力して、GHz法研究を迅速に進展させていきたい。

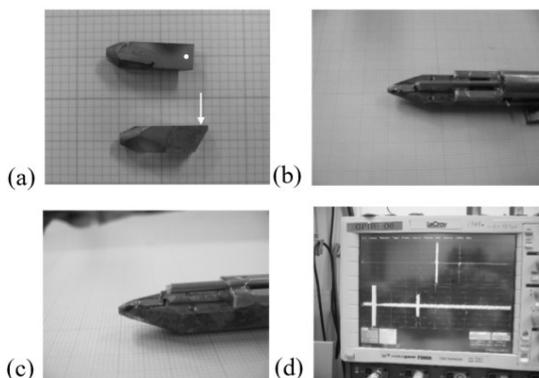


図2 S波バッファロッドの製作。(a)斜面をつけたYAG結晶。白点・白線は電極点を示す。(b,c)同軸ケーブル装着の様子。(d)オシロスコープによるS波発生の確認。

文献[1] 高圧力の科学と技術（日本高圧力学会誌）29巻2号（2019）

鉄水素化合物高压相 FeH_2 の音速及び磁性測定

生田 大穰* (東北大・理・地学), 大谷 栄治 (東北大・理・地学),
平尾直久 (JASRI), 三井隆也 (量研), 中野智志 (NIMS),
内山裕士 (JASRI), 筒井智嗣 (JASRI), バロン アルフレッド (理研)

Sound velocity and Mossbauer spectroscopy measurements of FeH_2

Daijo Ikuta* (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.), Eiji Ohtani (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.),
Naohisa Hirao (JASRI), Takaya Mitsui (QST), Satoshi Nakano (NIMS),
Hiroshi Uchiyama (JASRI), Satoshi Tsutsui (JASRI), Alfred Q. R. Baron (RIKEN)

The Earth's core has supposed to be constituted by iron-nickel alloys with some light elements such as sulfur, oxygen, carbon, silicon and hydrogen. Hydrogen is one of the most convincing candidates among those light elements. In Fe-H system, FeH_x ($0 \leq x \leq 1$) composition that takes bcc, fcc, and dhcp phases have been studied. Recently, FeH_2 , FeH_3 , and FeH_5 phases that contains much hydrogen were reported at high pressure conditions of the Earth's core. The physical properties of these high-pressure phases of Fe-H are important as the constituent of the Earth's core and giant planets that are composed mainly of hydrogen. However, the physical properties of these high-pressure phases of Fe-H compounds have not been measured yet. In this study, we report the sound velocity and magnetic property of FeH_2 that measured by inelastic x-ray scattering and Mossbauer spectroscopy, respectively.

地球核はニッケルを10%前後含む鉄-ニッケル合金を主成分として、幾つかの軽元素を含んでいる構造と推定され、中でも水素は、地球核を構成する軽元素の有力な候補の一つと考えられている。

Fe-H系においては、 FeH_x 組成($0 \leq x \leq 1$)のbcc相、fcc相そしてdhcp相が知られていたが、近年 FeH_2 相、 FeH_3 相、そして FeH_5 相等の水素を多く含有する相が、地球核に相当する高压において報告されている。これらのFe-H系に出現する高压相

の物性は、地球核を構成している可能性のある物質としても、また、水素が大半を占めると考えられる木星型惑星の内部構成物質としても、地球惑星科学的に重要な情報である。しかしながら、これらのFe-H系の高压相の音速や磁性等の物性については実験的な測定が存在しておらず、現状では未解明である。

本研究では、Fe-H系における高压相の FeH_2 相の音速を非弾性X線散乱法によって、磁性をメスバウア分光法によって測定した結果を報告する。

Keywords: FeH_2 , Sound velocity, Mossbauer spectroscopy, High pressure

*Corresponding author: dikuta@tohoku.ac.jp

下部マントルに沈み込んだスラブ内レオロジー

東真太郎* (東工大, 九州大), 野村龍一(京都大, 愛媛大), 上杉健太郎
(JASRI/SPring-8), 西原遊, 土居峻太, 有本岳史, 入船徹男(愛媛大)

Rheology of the subducted slab in the lower mantle

Shintaro Azuma* (Tokyo Tech. Kyushu Univ), Ryuichi Nomura (Kyoto Univ. Ehime Univ), Kentaro Uesugi (JASRI/SPring-8), Shunta Doi, Takeshi Arimoto, Tetsuo Irifune (Ehime Univ.)

1. Introduction

The rheological properties of lower-mantle materials are key to understanding the dynamics and evolution in the Earth's interior. However, the pressure range of deformation apparatuses which can achieve large strain is limited to ~30–40 GPa due to a technical reason. We developed the rotational diamond anvil cell (rDAC) which can conduct deformation experiments with large strain under ultra-high pressure conditions (~300 GPa), corresponding to those of core [Nomura et al., 2017; Azuma et al., 2018]. In this study, we conducted the deformation experiments of lower-mantle materials using the rDAC.

2. Experiments

In this study, the mixture of bridgmanite (Mg,Fe)SiO₃ and ferropericlase (Mg,Fe)O, which was synthesized from San Carlos olivine, was deformed under torsion geometry using the rDAC. The experimental conditions are ranging 26–130 GPa, 300–1073 K. Starting material was grooved by FIB and the groove was deposited by Pt as a strain-marker. Recovered samples were cut by FIB to observe the deformation microstructures in each cross-section. Deformation experiments were conducted at BL47XU, SPring-8 (Japan) and 3D visualization of strain marker within samples was performed every rotation angle of upper anvil of 5–30 degree using X-ray laminography technique [Nomura and Uesugi, 2016]. Stress was measured by collecting X-ray diffraction pattern at twelve different azimuthal angles, $\Psi = 0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ,$

$\pm 90^\circ, \pm 120^\circ, \pm 150^\circ,$ and 180° .

3. Results

The geometry of strain-marker in cross-section of deformed samples show nearly simple shear (or general shear). Deformed microstructure of recovered samples was observed using FE-SEM and we determined the 2D surface area of ferropericlase and aspect ratio of bridgmanite. The deformation microstructures of the recovered samples showed that ferropericlase highly deformed and formed an interconnected weak layer. On the other hand, the aspect ratio of bridgmanite did not change with the strain, indicating that bridgmanite has high viscosity compared with ferropericlase. These results imply that ferropericlase dominates the deformation in the regions where large shear strain occurs under relatively low-temperature conditions in the lower mantle (e.g., mantle portion in subducted slabs).

Stress in bridgmanite was estimated by using diffraction peaks (110) and (112). Equivalent stress of bridgmanite was higher than that of ferropericlase. Equivalent stress of ferropericlase is relatively constant with strain, whereas that of bridgmanite shows the strain weakening during experiments. This experiment was performed under relatively low-temperature (<1073K) and high-pressure conditions, thus the equivalent stress in bridgmanite and ferropericlase was about three times higher than that in previous studies [e.g., Girard et al., 2016].

Key words: rDAC, bridgmanite, ferropericlase, lower mantle, rheology

*Corresponding author: shintaro.azuma@eps.sci.titech.ac.jp

一軸圧縮変形場におけるオリビン-スピネル相転移実験 剪断不安定化条件の解明へ向けて

森悠一郎*¹, 久保友明¹, 今村公裕¹, 山内幸子¹, 小泉早苗², 西原遊³
鈴木昭夫⁴, 肥後祐司⁵, 丹下慶範⁵
(¹九大理,²東大地震研,³愛媛大 GRC,³東北大理,⁴JASRI)

Olivine-Spinel transition under uniaxial deformation – the condition of shear instability

Y. Mori*¹, T. Kubo¹, M. Imamura¹, S. Yamauchi¹, S. Koizumi², Y. Nishihara³, A. Suzuki⁴, Y. Higo⁵
Y. Tange⁵ (¹Kyushu Univ.,⁴ERI, Tokyo Univ.,³GRC, Ehime Univ.,³Tohoku Univ.,⁴JASRI.)

1. はじめに

脆性-塑性転移を超えた深さ 300-700 km の深発地震には準安定オリビンの非平衡相転移が関連していると長年指摘されてきたが、そのメカニズムは未だわかっていない。我々は高温高压下でオリビンの変形と相転移を同時に行って、その挙動を放射光その場観察した。また、acoustic emission(AE)測定からせん断不安定化が生じる条件を探っている。ここでは一軸圧縮変形場におけるフォルステライト及びファイヤライトの変形-相転移実験の予備的結果を報告する。

2. 実験方法

出発物質には、ファイヤライト(Fe_2SiO_4)粉末およびフォルステライト(Mg_2SiO_4)多結晶体を用いた。前者では Spring-8 BL04B1 に設置の D-DIA 型高压変形装置に MA6-6 型セルを、後者では KEK PF-AR NE7 設置の D-111 型装置に KAWAI 型セルを組み込んで、一軸圧縮変形場におけるオリビン-スピネル相転移実験を行った。ともに入射 X 線には 50-60 keV の放射光単色 X 線を用い、約 4-5 分毎に 2 次元 X 線回折とラジオグラフィ測定を行っている。

また、D-DIA 型装置を用いたファイヤライトの相転移実験では 6 個の 2 段階アンビルそれぞれの底面に圧電素子を貼付け、AE 活動のモニタリングを行っている。

両方の実験ともに、常温加圧後、低压相の安定領域において焼きなましを行った。その後、高压相の安定領域まで加圧し、上下アンビルを変位速度 200-400 $\mu\text{m}/\text{h}$ で変形させながら一定速度で昇温し(0.1-0.2 K/s)、一軸圧縮変形場における相転移実験を行った。

3. 実験結果と考察

ファイヤライトを用いた実験ではまだ定

量的な解析ができていないが、昇温変形中にスピネル相(ahrensite)が増えるにしたがい、試料付近からの AE が多数観測された。しかしこれまでの実験では変形開始の前段階でスピネル相がすでに出現しており相転移初期のプロセスが捉えられていない。今後はオリビンからスピネルが出現する初期段階にも注目し、過剰圧・昇温速度・変形速度に依存した剪断不安定化条件を探る予定である。

一方、フォルステライトの実験では、変形昇温中に 17-21 GPa, 1000-1200 °C の条件でスピネル相(ringwoodite)が出現し、過剰圧が大きいほど低温で相転移が開始する傾向が見られた。歪の時間進化(Fig. 1)を見ると、昇温前の歪速度が $6 \times 10^{-6} \text{s}^{-1} \sim 2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ で、昇温後には $3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1} \sim 8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ に上昇しており、昇温もしくは相転移が変形を促進した可能性がある。

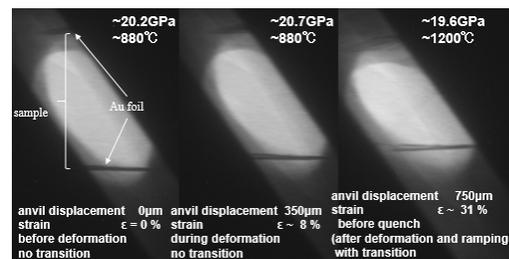


Fig.1 X-ray radiography images showing uniaxial deformation during the olivine-spinel transformation in Mg_2SiO_4 .

両実験ともに、今後、オリビンおよびスピネル両相から応力を推定し、相転移や AE 発生にともなう応力変化を明らかにする。また、KAWAI 型セルに 8 個の圧電素子を取り付け D-111 型変形装置に組み込む準備を行っており、フォルステライトの変形相転移実験においても AE 測定を目指す。

Keywords: deep earthquake, olivine, transformation, deformation, acoustic emission

*Corresponding author: mori.yuichiro.727@s.kyushu-u.ac.jp

Fe-Ni-S-C 系の溶融関係と 超深部起源ダイヤモンドの生成条件

伊丹 佐 (岡山大・院自然), 浦川 啓 (岡山大・院自然)

Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and- the formation of superdeep diamonds

Yu Itami* (Okayama Uni. Sci.), Satoru Urakawa (Okayama Uni. Sci.)

天然に産するダイヤモンドの多くは深さ 150-200 km の上部マントル内で生成する。しかし、包有物の研究からより深いマントルに由来する超深部起源ダイヤモンドの存在も近年では多数報告されている。Smith et al. (2016) は、超深部起源ダイヤモンドの一つである CLIPPIR ダイヤモンドの包有物中に固化した Fe-Ni-S-C メルトを発見し、このダイヤモンドがマントル遷移層まで沈み込んだスラブの上面で鉄合金メルトから生成したと考えた。本研究ではマントル遷移層でのダイヤモンド生成条件を明らかにすることを目的として、Fe-Ni-S-C 系の高温高压急冷実験を 15 GPa で行った。

高温高压実験は川井型マルチアンビル装置を用い、15 GPa、900-1700 K の条件で行った。出発組成は深さ 450 km (15 GPa) のマントルに存在する合金の化学組成 (Rohrbach and Schmidt, 2011) に基づき、Ni / (Ni+Fe) = 0.52 (質量比) に固定している。急冷回収試料は研磨して組織観察と EPMA による定量化学分析を行った。また、ラマン分光法によりダイヤモンド同定を行った。

15 GPa では 1400 K 以上でダイヤモンドが Fe-Ni-S-C メルトと共存する。1400 K 未満で

は液相は炭化物 $[(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{C}, (\text{Fe}, \text{Ni})_7\text{C}_3]$ と共存する。ダイヤモンドと共存する液相の最大炭素溶解度は硫黄濃度の上昇に伴い減少するが、硫黄濃度が 12 wt.% を超えると増加に転じる。マントル中の炭素含有量を考慮すると、15 GPa ではダイヤモンドと共存する液相の硫黄濃度が約 5-15 wt.% の範囲にあるとき炭素が過飽和となり鉄合金メルトからダイヤモンドが析出する。

上部マントル (6, 8 GPa) では、ダイヤモンドと共存する液相の最大炭素溶解度は硫黄濃度の増加に伴い減少し続ける (Tsunoda and Dasgupta, 2015)。つまり、液相の硫黄濃度が高いほどダイヤモンド生成は容易となる。一方、我々の結果はマントル遷移層ではダイヤモンド生成が容易となる硫黄濃度範囲が存在することを示す。深さ 450 km のマントルの温度は約 1700 K であり、一般的なマントル遷移層では Fe-Ni-S-C メルトからダイヤモンドが生成され得る。一方、沈み込んだスラブ上面の温度は 1700 K よりもかなり低いと考えられている。そのため、スラブ内では Fe-Ni-S-C メルトからのダイヤモンド生成は困難である。

Keywords: superdeep diamond, mantle transition zone, the Fe-Ni-S-C system

*Corresponding author: p7uf594q@s.okayama-u.ac.jp

ステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンド合成と その微細組織観察

川村英彰*, 大藤弘明 (愛媛大 GRC)

Synthesis of nano-polycrystalline diamond (NPD) from stearic acid and characterization of its microtexture

Hideaki Kawamura*, Hiroaki Ohfuji (GRC, Ehime Univ.)

We performed a series of high-pressure and high-temperature experiments using multi-anvil apparatus and found that yellowish NPD-like diamond was obtained from a decomposition product of stearic acid under high pressure and high temperature conditions. Recovered samples was observed by TEM to characterize the microtexture of diamond synthesized from stearic acid. The formation temperature of this diamond is about 800°C and significantly lower than that of previous NPD from graphite. Thus, its formation mechanism may be different from that by direct conversion of graphite.

1. はじめに

高温高圧下でのグラファイトからの直接変換によって合成されるナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) (Irifune et al., 2003) は、優れた硬度と高い透光性を有することから様々な用途へ応用されている。最近、我々は出発物質にステアリン酸 ($C_{18}H_{36}O_2$) を用いた場合、従来 (12–25 GPa, 2000–2500°C) よりも大幅に低温条件 (800°C~) で黄褐色で透光性を有する NPD 様のダイヤモンドが生じることを偶然見出した。本研究では、このステアリン酸から合成される NPD 様ダイヤモンドの合成と、その微細組織・結晶学的特徴について報告する。

2. 実験手法

高圧実験には 2000 t マルチアンビル装置を使用し、出発物質としてステアリン酸あるいはステアリン酸とマグネサイトを層状に重ねて Pt カプセル中に封入した。圧力温度条件は 10 GPa および 17 GPa, 800–1400°C で行い、回収試料の分析は顕微ラマン分光、微小部 XRD, SEM-EDS, TEM-EDS を用いて行った。TEM 観察のための薄膜断面試料の作成には FIB を使用した。

3. 結果と考察

ステアリン酸とマグネサイトを詰めた実験では、ステアリン酸封入側に透光性を有す

る黄褐色の物質が確認された。微小部 XRD 分析の結果、非常にブロードなダイヤモンドの回折線が観察され、極めて細粒で純粋なダイヤモンドより構成されることが分かった。この部分から FIB で作成した薄膜試料の TEM 観察を行ったところ、粒径 <5~20 nm ほどのダイヤモンドで構成されることが明らかとなった。電子線回折ではスムーズなリングパターンを示すことから、ナノダイヤモンド粒子はランダムな方位で集合していると言える。

一方、ステアリン酸のみを出発物質とした場合、回収試料は白色でほとんど透光性を示さなかった。TEM 観察の結果、マグネサイトを共存させた実験の回収試料と同様に 20 nm 以下の極めて細粒なダイヤモンドよりなるが、0.2~10 μm ほどの空隙が多数含まれることが分かった。それらの空隙は、ステアリン酸が分解した際に生成すると考えられる H_2O や CH_4 などの揮発性成分が流体あるいは固体の形でダイヤモンドと共存していたことを示唆する。現在、低温条件におけるステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンドの形成メカニズムの理解へ向けて更なる検討を行っている。

Keywords: Nano-Polycrystalline Diamond (NPD), High pressure, C-H-O fluid, TEM

*Corresponding author: kawamura@sci.ehime-u.ac.jp

CaTiO₃ ペロブスカイトへの Ga³⁺ の固溶について

永井隆哉*・大黒正貴・高倉直樹（北大院理）
井上徹（広大院理），新名亨（愛媛大 GRC）

Incorporation of Ga³⁺ into CaTiO₃ perovskite

Takaya NAGAI*・Masaki OHGURO・Naoki TAKAKURA (Hokkaido Univ.)
Toru INOUE (Hiroshima Univ.), Toru SHINMEI (Ehime Univ.)

Incorporation of Ga³⁺ into CaTiO₃ perovskite at high pressure was investigated. Synthesis experiments at high pressures were performed at the GRC, Ehime University (This work was supported by the Joint Usage/Research Center PRIUS.). Incorporation of Ga³⁺ into CaTiO₃ perovskite occurs in the CaTiO₃-CaGaO_{2.5} system. The system shows the eutectic relation and the eutectic temperature seems to be below 1200 °C even at 15 GPa. Solid solubility of the CaGaO_{2.5} component in CaTiO₃ perovskite at 1200 °C is ca. 10 mol% at 1 atm, ca. 40 mol% at 5 GPa, ca. 20 mol% at 10 and 15 GPa. A large solubility of the CaGaO_{2.5} component at 5 GPa may be related to the stability of CaGaO_{2.5} phase with the brownmillerite-type structure.

我々は下部マントル鉱物学の重要な課題であるブリッジマナイトへの 3 価の陽イオンである Al の固溶の問題について、アナログ鉱物 CaTiO₃ ペロブスカイトを使ってアプローチを行っている。今回は、Ga³⁺ の固溶について報告する。

大気圧下での合成実験は、北海道大学で高温マッフル炉を用いて実施し、高圧下（5, 10, 15 GPa）では、PRIUS 共同利用研究のサポートの下、愛媛大学 GRC において川井型マルチアンビル式超高压発生装置を用いて実施した。高圧実験におけるアンビルは TEL8 mm, 圧媒体は一辺 14 mm のものを用いた。また、5, 10 GPa の実験ではグラファイト、15 GPa では LaCrO₃ をヒーター材として用いた。回収試料は、XRD と SEM-EDS 分析で評価を行った。

CaTiO₃ ペロブスカイトへの Ga³⁺ の固溶は、圧力によらず Ga³⁺ が Ti⁴⁺ を置換する様式、すなわち酸欠損を生じる CaTiO₃-CaGaO_{2.5} 系と

して起こり、固溶相は直方晶系のペロブスカイト構造として説明可能であった。また、この系は共融関係にあり、共融温度は 15 GPa においても 1200 °C 以下であった。Ga³⁺ の固溶量の圧力変化は、CaGaO_{2.5} 成分として、大気圧下では約 10 mol% であったが、5 GPa では約 40 mol% と急増した。しかし、さらに高圧下 10, 15 GPa では約 20 mol% と減少した。

今回の結果は、Ga³⁺ が大気圧下では 4 配位を好むこと、また、Ga³⁺ の半分が 6 配位、半分が 4 配位のブラウンミラライト型構造を持つ CaGaO_{2.5} 相が大気圧下では存在しないこと、さらに、少なくとも 2.5 GPa 付近の圧力下では CaGaO_{2.5} 相が安定となること（Kahlenberg & Shaw, 2001）などと関係しているかもしれない。すなわち、10, 15 GPa で Ga³⁺ の固溶量が減少したことは、4 配位の Ga³⁺ を有する CaGaO_{2.5} 相がその圧力下では安定でなくなることを意味している可能性がある。

Keywords: CaTiO₃, CaGaO_{2.5}, perovskite, brownmillerite, solid solution

*Corresponding author: nagai@sci.hokudai.ac.jp