Sun. Sep 18, 2022

Oral presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

9:00 AM - 12:15 PM JST | 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B251 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Chairperson:Masanori Kurosawa(Univ. Tsukuba), Ysuyuki Banno(AIST), Koichi Momma(Natl. Museum of Nature and Science)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[R1-01] Compositional dependence of peak intensity tensor for Fe^{2+}at the *M*1site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama[1], *Keiji Shinoda[1], Daigo Takagi[1], Yasuhiro Kobayashi[2] (1. Osaka Metropolitan Univ. Sci., 2. KURNS)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[R1-02] Compositional dependence of peak intensity tensor of Mössbauer quadrupole doublet due to Fe^{2+} at the *M*2site of Ca-poor orthopyroxene

*Keiji Shinoda[1], Keita Onoue[1], Yasuhiro Kobayashi[2] (1. Osaka Metropolitan Univ. Sci., 2. KURNS)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[R1-03] A new approach in quantitative chemical analysis by absorption correction using ATEM

*Kiyoshi Fujino[1], Naotaka Tomioka[2], Hiroaki Ohfuji[3] (1. Non, 2. JAMSTEC, 3. Tohoku Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[R1-04] Evaluation of dead time correction procedure for quantitative electron probe microanalysis (EPMA) of ultra-trace elements

*Takenori Kato[1] (1. ISEE, Nagoya Univ.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[R1-05] Morphology and Characterization of large gem quality HPHT-grown synthetic diamond crystals

*Hiroshi Kitawaki[1], Kentaro Emori[1], Mio Hisanaga[1], Masahiro Yamamoto[1], Makoto Okano[1] (1. Central Gem Laboratory)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[R1-06] A challenging in gemological science: Geology of gem deposits, geographic origin determination, application of advance analytical instrumentations

*Ahmadjan Abduriyim[1] (1. Tokyo Gem Science LLC)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[R1-07] Microtexture of talc associated with copper minerals

*Zhenghao Zhao[1], Kentaro Emori[1], Makoto Okano[1], Xuejing He[2], Hiroyuki Kagi[2], Hideto Yoshida[2] (1. Central Gem Laboratory, 2. Univ. of Tokyo Sci.)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[R1-08] 3 dimensional vein structure of oil-inclusion of quartz crystals from Kubokawa, Kochi, Japan.

*Yuki Sugiura Sugiura[1], Naoko Tobita[2], Takashi Tobita[3], Shu Nakaji[4], Masaru Taga[5], Kazumichi Yokota[1], Masanori Horie[1], Koichi Momma[6], Satoshi Matsubara[6] (1. AIST, 2. AgeoCentralHospital, 3. Tokyo Met., 4. Natural History Lab., 5. Ryukoku Univ, 6. NMNS)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[2Lecture-101-12-9add] Break time

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[R1-09] Zn-enriched minerals in magnesio-arfvedsonite-bearing albitite from the Omi area (Japan): its diversity and geological significance

*Hiroki Oka[1], Tatsuki Tsujimori[1] (1. Tohoku Univ.)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[R1-10] Chemical compositions of W-rich Nb, Ta-oxide minerals from Hirukawa, Nakatsugawa, Gifu Prefecture, Japan

*Yasuyuki Banno[1] (1. AIST)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[R1-11] Françoisite-(Nd) from Kotoge Pegmatite, Kawasaki, Tagawa, Fukuoka Prefecture, Japan

*Seiichiro Uehara[1], Kazuhiro Hamasaki[2], Isao Yukinori[2], Tatsuya Kubozono[2] (1. Kyushu Uni. Museum, 2. Fukuoka Min. Club)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[R1-12] Ti-Mn unknown mineral from Yakiyama, Iizuka , Fukuoka, Japan

*Seiichiro Uehara[1], Yuki Ishiki [2], Yuya Takeda[2], Satomi Enju[3] (1. Kyushu Uni. Museum, 2. Kyushu Univ. Fac. Sci., 3. Ehime Univ. Fac. Sci.)

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

9:00 AM - 12:15 PM JST | 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B253 Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F

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

Chairperson:Takaaki Kawazoe(Hiroshima Univ.), Masayuki Nishi(Osaka Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[R3-01] Pressure and temperature dependence of the Raman spectra of zircon and its application as a pressure sensor in water-alkali silicate systems

*Naoko Takahashi[1], Hiroki Kobayashi[1], Hiroyuki Kagi[1] (1. Univ. Tokyo Sci.)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[R3-02] Phase diagram in $MgSiO_3$

*Shigeaki ONO Ono[1] (1. JAMSTEC)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[R3-03] Shear instability and superplasticity induced by the metastable transformation in mantle olivine: Implications for microstructural evolution and rheology of MTZ slab

*Tomoaki Kubo[1], Rikuto Honda[1], Yuta Goto[1], Masahiro Imamura[1], Masaaki Miyahara[2], Yuji Higo[3], Akio Suzuki[4] (1. Kyushu Univ., 2. Hiroshima Univ., 3. JASRI, 4. Tohoku Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[R3-04] A new approach to determine high pressure-temperature phase boundary strictly based on the definition of phase equilibrium

*Takayuki Ishii[1], Artem Chanyshev[2], Tomoo Katsura[2] (1. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research, 2. University of Bayreuth)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[R3-05] Survival of bridgmanite in shocked meteorites due to amorphization-induced stress

*Masayuki Nishi[1], Akihiro Kaneko[2], Hiroshi Ohgidani[2], Haruhiko Dekura[2], Sho Kakizawa[3], Shogo Kawaguchi[3], Shintaro Kobayashi[3], Tatsuhiro Sakaiya[1], Tadashi Kondo[1] (1. Osaka Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC, 3. JASRI)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[R3-06] Hydrogen and aluminum depletion in bridgmanite coexisting with high-pressure hydrous phases and its geodynamical implications

*Eiji Ohtani[1], Takayuki Ishii[2] (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2Lecture-201-12-7add] Break time

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[R3-07] Determination of thermal expansivity of calcium ferrite-type $MgAl_2O_4$

*Hiroshi Kojitani[1], Mei Gonai[1], Yoshiyuki Inaguma[1], Masaki Akaogi[2] (1. Gakushuin Univ., 2. Univ. of Tokyo)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[R3-08] Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite

[Presentation award entry]

*Kazutaka Yamaguch[1], Takaaki Kawazoe[1], Toru Inoue[1], Takeshi Sakai[2] (1. Hiroshima Univ. Advanced Science, 2. Ehime Univ. Geodynamics)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[R3-09] Investigation of the effect of Si dissolution on the volume expansion by hydrogenation of hcp-Fe

[Presentation award entry]

*Yuichiro Mori[1], Hiroyuki Kagi[1], Katsutoshi Aoki[1], Sho Kakizawa[2], Asami Sano-Furukawa[3], Ken-ichi Funakoshi[4] (1. UTokyo, 2. JASRI, 3. J-PARC Center, JAEA, 4. CROSS)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[R3-10] Sound velocity of hcp-iron to the inner core pressure, and light elements in the inner core

*Daijo Ikuta[1], Eiji Ohtani[1], Hiroshi Fukui[2,3], Takeshi Sakai[4], Daisuke Ishikawa[2,3], Alfred Q. R. Baron[2,3] (1. Tohoku Univ. Dept. Earth Sci., 2. RIKEN, 3. JASRI, 4. Ehime Univ. GRC)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[R3-11] Behavior of hydrogenation of FeS at HPHT condition

*Masahiro Takano[1], Hiroyuki Kagi[1], Yuichiro Mori[1], Sho Kakizawa[2] (1. UTokyo, 2. JASRI)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[R3-12] Pressure dependence of magnetic properties and electrical resistivity of $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution

*Takamitsu Yamanaka[1], Saqib Rahman[1], Takanori Hattori[2], Kazuki Komatsu[3], Naohisa Hirao[4], Ho-kwang Mao[1] (1. High Press Sci and Tech Res Center, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Tokyo University Geochemical Research , 4. Research &Utilization Division JASRI SPRING-8)

Oral presentation | S1/R6 Joint session: Earth materials science related to igneous processes/Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

9:00 AM - 12:15 PM JST | 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B351 Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F

S1/R6 Joint session: Earth materials science related to igneous processes/Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Chairperson: Atsushi Kamei(Shimane Univ.), Tatsuhiko Kawamoto(Shizuoka Univ.), Morihisa Hamada(JAMSTEC), Masao Banno(Yamagata Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[S1R6-01] Relations between Kyushu and the other places from a view point of age of Cretaceous granitoids.

*Yukiyasu Tsutsumi[1], Kenichiro Tani[1] (1. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[S1R6-02] Magmatic processes and geochemical characteristics of Tsubashiki diorite complex, Sanyo belt, Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture

*Masaaki Owada[1], Satoko Matsumoto[2], Atsushi Kamei[3] (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Kikukawa J-high sch., 3. Shimane Univ. Sci.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[S1R6-03] Provenance study of obsidian from Oki-Dogo and Northern Kyushu, SW Japan

*Atsushi Kamei[1], Naoko Iioka[2], Yoshimitsu Suda[3], Kanta Naito[4] (1. Shimane Univ., 2. Nihon Chiken Co.,Ltd, 3. Nagasaki Univ., 4. Chiba Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[S1R6-04] Crystallization experiments of supercooled rhyolitic melt

*Tamotsu Sugawara[1], Shumpei Yoshimura[1] (1. Hokkaido Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[S1R6-05] Evolution of magma plumbing system beneath a submarine caldera after the Akahoya eruption at Kikai volcano

*Morihisa Hamada[1], Takeshi Hanyu[1], Iona M. McIntosh[1], Maria Luisa G. Tejada[1], Qing Chang[1], Takashi Miyazaki[1], Kenta Ueki[1], Bogdan S. Vaglarov[1], Tomoki Sato[1], Jun-Ichi Kimura[1], Satoru Tanaka[1], Katsuya Kaneko[2], Koji Kiyosugi[2], Reina Nakaoka[2], Kimihiro Nishimura[2] (1. JAMSTEC, 2. Kobe Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[S1R6-06] Structural state of plagioclase within volcanic ash erupted from Sakurajima volcano during December 2020 to June 2021

*Tomoaki Matsui[1], Tsuyoshi Tateyama[1] (1. Kagoshima Univ. Educ.)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2Lecture-301-12-7add] Break time

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[S1R6-07] Determination of chemical composition of andesite endmember magmas produced by magma mixing

*Ikuo Okada[1], Tomoyuki Shibata[1], Masako Yoshikawa[1], Hidemi Ishibashi[2], Takeshi Sugimoto[3], Yasutaka Hayasaka[1] (1. Hiroshima Univ. , 2. Shizuoka Univ., 3. Geothermal Engineering Co., Ltd.)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[S1R6-08] Geochemical features of crustal xenoliths in dacite of Hime-shima volcanic group, Oita Prefecture, Southwest Japan, and their relationship to Quaternary magma evolution processes.

*Takehiro Hirayama[1], Tomoyuki Shibata[1], Masako Yoshikawa[1], Yasutaka Hayasaka[1], KAUSHIK DAS[1], Keiji Takemura[2] (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. Kyoto Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[S1R6-09] Reactivation processes of shallow magma reservoir in latest magmatic eruption, Azuma volcano

*Masao Ban[1], Shun Kanno[1], Motohiro Sato[1], Takumi Imura[1] (1. Yamagata University)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[S1R6-10] Estimation of emplacement depth of granitoid pluton using melt inclusions in zircon: An example of the Miuchi pluton, Ehime Prefecture

[Presentation award entry]

*Yuka Taniwaki[1], Kazuya Shimooka[1], Satoshi Saito[1] (1. Ehime Univ. Sci.)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[S1R6-11] Mineral and whole-rock chemical composition of felsic rocks distribute on Kajishima, Ehime Prefecture, Southwest Japan.

[Presentation award entry]

*Kazuya Shimooka[1], Yasuhiro Ogita[2], Satoshi Saito[1] (1. Ehime Univ., 2. JAEA)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[S1R6-12] Natural and numerical considerations of water budget of the caldera-forming magmas in Naruko volcano, Northeast Japan

[Presentation award entry]

*Alexey Kotov[1], Satoshi Okumura[1], Kenji Shimizu[2], Isoji Miyagi[3], Masaoki Uno[1], Noriyshi Tsuchiya[1] (1. Tohoku Uni, 2. Jamstec, 3. AIST)

Poster presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-01] Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

[Presentation award entry]

*Momoka Yamakawa[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1] (1. Nagoya Univ. Env.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-02] Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

*Masanori Kurosawa[1], Akira Tsuneki[2] (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-03] An experimental study of Egyptian faience bead

*Yohei Shirose[1], Daisuke Okumura[1] (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-04] Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

*Yohei Shirose[1], Hayata Taniguchi[1], Satomi Enju[1] (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-05] Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma , Fukushima , Japan

[Presentation award entry]

*Atsushi ISHIHARA[1], Hiroaki Ohfuji[1] (1. Sci. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-06] Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

*Masayuki Ohnishi[1], Shoichi Kobayashi[2], Daisuke Nishio-Hamane[3], Norimasa Shimobayashi[4], Takeshi Hisano[1] (1. Non, 2. Okayama Univ. of Sci., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-07] Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

*Takefumi Niwa[1], Tatsuya Kubozono[2], Seiichiro Uehara[3] (1. Min. Soc. Nagoya, 2. Fukuoka Min. Club, 3. Kyushu Univ. Museum)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-08] Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-09] Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Etsuo Hashimoto, Seiji Harada (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-10] Aluminosugilite, cerchiaraite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Suzuki Yasumitsu, Ohki Yoshiya, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi[2] (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-11] Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Koichi Momma[2], Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi[3], Tetsuo Minakawa[4], Hanako Okada[4], Hiroyuki Imai (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Nat'l. Mus. Nat. Sci, 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-12] Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

*Norimasa Shimobayashi[1], Masaki Takaya[1], Daisuke Nishio-Hamane[2], Masayuki Ohnishi, Takefumi Niwa[3] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Univ. of Tokyo ISSP, 3. Min. Soc. Nagoya)

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

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

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

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-01] Density of sodium silicate melt at high pressure

*Akio Suzuki[1] (1. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-02] Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

*Sho Kakizawa[1], Asami Sano-Furukawa[2], Hiroyuki Kagi[3], Yuichiro Mori[3], Jun Abe[4], Takanori Hattori[2] (1. JASRI, 2. JAEA, 3. UTokyo, 4. CROSS)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-03] Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

*Yohei Igami[1], Akira Miyake[1], Ryuichi Nomura[1] (1. Kyoto Univ.)

Poster presentation | R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-01] Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

*Silpa Ammini Sasidharan[1], Satish-Kumar M[2], Toshiro Takahashi[2] (1. Shimane Univ., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-02] Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U–Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios: Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

*Takashi Yuguchi[1], Daichi Itoh[1], Tatsunori Yokoyama[2], Shuhei Sakata[3], Satoshi Suzuki[1], Yasuhiro Ogita[2], Koshi Yagi[4], Takumi Imura[1], Satoko Motai[1], Takeshi Ohno[5] (1. Yamagata Univ. , 2. JAEA, 3. Univ. Tokyo, 4. Hiruzen Institute, 5. Gakushuin Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-03] Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

*Keisuke ESHIMA[1], Masaaki OWADA[1], Atsushi KAMEI[2], Toru YAMASAKI[3] (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Shimane Univ. Sci., 3. AIST (GSJ))

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-04] Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

[Presentation award entry]

*Yusaku AKIMOTO[1], Masaaki OWADA[1], Mariko NAGASHIMA[1] (1. Yamaguchi Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-05] Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area , Gifu Prefecture, Japan

*Seiya Saijo[1], Toshiro Takahashi[2] (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Fac. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-06] Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

*Akitaka Shibano[1], Toshiro Takahashi[2] (1. Niigata univ. Sci., 2. Niigata univ. Grad. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-07] Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

*Naoki TAKAHASHI[1], Toshiro TAKAHASHI[2] (1. Niigata Univ. Sci, 2. Niigata Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-08] Petrological and geochemical features of High-Mg andesite, High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

*Toshiro Takahashi[1], Akitaka Shibano[2], Jun-ichi Ohki[3], Naoya Iwamoto[4] (1. Niigata Univ, 2. Niigata Univ. Sci., 3. Natural History Museum and Institute, Chiba, 4. Choshi Geopark)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-09] Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

*Takumi Imura[1], Masao Ban[1], Tsukasa Ohba[2] (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Akita Univ.)

Poster Online Core Time

2:30 PM - 4:30 PM JST | 5:30 AM - 7:30 AM UTC | B256/B258 オンラインコアタイム
ポスターセッション共通オンラインコアタイム

2:30 PM - 4:30 PM JST | 5:30 AM - 7:30 AM UTC
[core time] ポスターセッション共通オンラインコアタイム

Oral presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B251 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Chairperson:Masanori Kurosawa(Univ. Tsukuba), Ysuyuki Banno(AIST), Koichi Momma(Natl. Museum of Nature and Science)

[Chairperson]
Masanori Kurosawa: R1-01 - R1-04
Yasuyuki Banno: R1-05 - R1-08
Koichi Momma: R1-09 - R1-12

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[R1-01] Compositional dependence of peak intensity tensor for Fe^{2+}at the *M*1site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama[1], *Keiji Shinoda[1], Daigo Takagi[1], Yasuhiro Kobayashi[2] (1. Osaka Metropolitan Univ. Sci., 2. KURNS)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[R1-02] Compositional dependence of peak intensity tensor of Mössbauer quadrupole doublet due to Fe^{2+} at the *M*2site of Ca-poor orthopyroxene

*Keiji Shinoda[1], Keita Onoue[1], Yasuhiro Kobayashi[2] (1. Osaka Metropolitan Univ. Sci., 2. KURNS)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[R1-03] A new approach in quantitative chemical analysis by absorption correction using ATEM

*Kiyoshi Fujino[1], Naotaka Tomioka[2], Hiroaki Ohfuji[3] (1. Non, 2. JAMSTEC, 3. Tohoku Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[R1-04] Evaluation of dead time correction procedure for quantitative electron probe microanalysis (EPMA) of ultra-trace elements

*Takenori Kato[1] (1. ISEE, Nagoya Univ.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[R1-05] Morphology and Characterization of large gem quality HPHT-grown synthetic diamond crystals

*Hiroshi Kitawaki[1], Kentaro Emori[1], Mio Hisanaga[1], Masahiro Yamamoto[1], Makoto Okano[1] (1. Central Gem Laboratory)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[R1-06] A challenging in gemological science: Geology of gem deposits, geographic origin determination, application of advance analytical instrumentations

*Ahmadjan Abduriyim[1] (1. Tokyo Gem Science LLC)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[R1-07] Microtexture of talc associated with copper minerals

*Zhenghao Zhao[1], Kentaro Emori[1], Makoto Okano[1], Xuejing He[2], Hiroyuki Kagi[2], Hideto Yoshida[2] (1. Central Gem Laboratory, 2. Univ. of Tokyo Sci.)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[R1-08] 3 dimensional vein structure of oil-inclusion of quartz crystals from Kubokawa, Kochi, Japan.

*Yuki Sugiura Sugiura[1], Naoko Tobita[2], Takashi Tobita[3], Shu Nakaji[4], Masaru Taga[5], Kazumichi Yokota[1], Masanori Horie[1], Koichi Momma[6], Satoshi Matsubara[6] (1. AIST, 2. AgeoCentralHospital, 3. Tokyo Met., 4. Natural History Lab., 5. Ryukoku Univ, 6. NMNS)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[2Lecture-101-12-9add] Break time

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[R1-09] Zn-enriched minerals in magnesio-arfvedsonite-bearing albitite from the Omi area (Japan): its diversity and geological significance

*Hiroki Oka[1], Tatsuki Tsujimori[1] (1. Tohoku Univ.)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[R1-10] Chemical compositions of W-rich Nb, Ta-oxide minerals from Hirukawa, Nakatsugawa, Gifu Prefecture, Japan

*Yasuyuki Banno[1] (1. AIST)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[R1-11] Françoisite-(Nd) from Kotoge Pegmatite, Kawasaki, Tagawa, Fukuoka Prefecture, Japan

*Seiichiro Uehara[1], Kazuhiro Hamasaki[2], Isao Yukinori[2], Tatsuya Kubozono[2] (1. Kyushu Uni. Museum, 2. Fukuoka Min. Club)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[R1-12] Ti-Mn unknown mineral from Yakiyama, Iizuka , Fukuoka, Japan

*Seiichiro Uehara[1], Yuki Ishiki [2], Yuya Takeda[2], Satomi Enju[3] (1. Kyushu Uni. Museum, 2. Kyushu Univ. Fac. Sci., 3. Ehime Univ. Fac. Sci.)

Ca に富む輝石の *M*1 席 Fe^{2+}のメスバウアー四極子ピークの強度テンソルの固溶体依存性

福山大毅(阪公大・理), 篠田圭司 (阪公大・理),
高木大瑚(阪公大・理), 小林康浩 (京大・複合研)

Compositional dependence of peak intensity tensor of Mössbauer quadrupole doublet due to Fe^{2+} at the *M*1site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama (Osaka Metropolitan Univ.), Keiji Shinoda* (Osaka Metropolitan Univ.),
Daigo TAKAGI (Osaka Metropolitan Univ.), Yasuhiro Kobayashi (KURNS)

There are two crystallographically different cation sites named *M*1 and *M*2 in pyroxene structure. Fe^{2+} ions which occupy *M*1 and *M*2 sites show similar and overlapping quadrupole doublets in ^{57}Fe Mössbauer spectra. The ratio of two doublets obtained by decomposing the overlapping doublets indicate the ratio of Fe^{2+} ions at *M*1 and *M*2 sites. For powdered samples, intensity of quadrupole doublet can be assumed to be equal. However, intensity of quadrupole doublet of single crystal thin section varies and depends on the direction between γ-ray and crystallographic axes. Therefore, peak intensities of two doublets are necessary for reliable peak analyses of Mössbauer spectra which include similar and overlapping quadrupole doublets. Zimmermann (1975, 1983) introduced an experimental determination method of the peak intensity tensor from the Mössbauer spectrum of a single crystal. Ratio of peak intensity of two doublets of single crystal can be calculated from the peak intensity tensor.

According to the Zimmermann's method, Mössbauer spectra of thin sections of single crystal of Ca-rich pyroxenes (two diopside, augite and hedenbergite) were measured and calculated the peak intensity tensor of four different compositional pyroxene from intensity variation of quadrupole doublet by setting Cartesian coordinate (*X Y Z*) as *X*//$\boldsymbol{c}$*, *Y*//$\boldsymbol{a}$, *Z*//$\boldsymbol{b}$* in order to set $\boldsymbol{b}$-axis as *Z* and set $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{c}$-axes as right-handed system. Crystallographic orientation of four pyroxenes were determined using X-ray Back Laue and precession cameras. The compositional dependence of the peak intensity tensors for Fe^{2+} at *M*1 sites in Ca-rich pyroxene were obtained from Mössbauer spectra of crystallographically oriented single-crystal thin sections of four Ca-rich natural pyroxenes. Mössbauer measurements were carried out in transmission mode on a constant acceleration spectrometer with an Si-PIN semiconductor detector (XR-100CR, AMPTEK Inc.) and multi-channel analyzer of 1024 channels. A 3.7GBq ^{57}Co/Rh of 4mmϕ in diameter was used as γ-ray source. An ^{57}Fe-enriched iron foil was used as velocity calibrant. The two symmetric spectra were folded and velocity range was ±5mm/s. Components of the intensity tensor (I_{XX}, I_{YY}, I_{XY} and I_{ZZ}) for Fe^{2+} at *M*1 sites in Wo_{50} Ca-rich pyroxene were almost the same; the averages of the I_{XX}, I_{YY}, I_{XY} and I_{ZZ} components were 0.342, 0.477, 0.039 and 0.681, respectively. Intensity tensor for Fe^{2+} at *M*1 sites of Wo_{40} Ca-rich pyroxene was slightly different from the Wo_{50}. The difference of intensity tensor between Wo_{50} and Wo_{40} suggests that intensity tensor for Fe^{2+} at *M*1 sites are dependent on the Ca contents and are independent of Fe contents.

Keywords: Mössbauer spectroscopy, microspectroscopy, quadrupole peak intensity tensor, Ca-rich pyroxene
*Corresponding author: shinodakeiji@omu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Ca に乏しい直方輝石の *M*2 席 Fe^{2+}のメスバウアー四極子ピークの強度テンソルの固溶体依存性

篠田圭司 (阪公大・理), 小野植啓太(阪公大・理), 小林康浩 (京大・複合研)

Compositional dependence of peak intensity tensor of Mössbauer quadrupole doublet due to Fe^{2+} at the *M*2site of Ca-poor orthopyroxene

Keiji Shinoda* (Osaka Metropolitan Univ.), Keita ONOUE (Osaka Metropolitan Univ.)
Yasuhiro Kobayashi (KURNS)

Pyroxene is a major rock-forming mineral and a typical multi-site solid solution that includes two *M* sites. ^{57}Fe Mössbauer microspectroscopy is an important and unique method, that can measure Fe contents in two *M* sites of pyroxene. We suggested that the intensity tensor for Fe^{2+} at the *M* sites of pyroxene is very important for Mössbauer spectra of single crystal pyroxene thin sections for reliable peak separation of quadrupole doublets due to Fe^{2+} at the *M* sites. In this 2022 annual Meeting of JAMS, we reported that the intensity tensor of quadrupole doublets of Mössbauer spectra due to Fe^{2+} at the *M*1 sites of Ca-rich pyroxene depends on Ca contents and is independent of Fe contents. However, the Ca-dependence of the intensity tensor is not generally conformed. To confirm the Ca-dependence of the intensity tensor for Fe^{2+} at the *M* site of pyroxene in the different crystal system, the intensity tensors for Fe^{2+} at the *M*2 sites of Ca-poor orthopyroxene were calculated from Mössbauer spectra of crystallographically oriented thein sections of two orthopyroxenes of different chemical composition.

Single crystals of orthoenstatite from Tanzania and hypersthene as small as 1mm^3 from Fukushima were used for this study. Three crystallographically oriented thin sections which are perpendicular to ***a****, ***b**** and ***c**** were prepared by measuring X-ray precession camera for both samples. Twelve and seven Mössabuer spectra of oriented thin sections were measured for enstatite and hypersthene, respectively. In this study, Cartesian coordinate (*X Y Z*) is set as *X*//***c****, *Y*//***a****, *Z*//***b****, where ***a****, ***b****, ***c**** are reciprocal lattice vectors of enstatite. Mössbauer measurements were carried out in transmission mode on a constant acceleration spectrometer with an Si-PIN semiconductor detector (XR-100CR, AMPTEK Inc.) and multi-channel analyzer of 1024 channels. A 3.7GBq ^{57}Co/Rh of 4mmϕ in diameter was used as γ-ray source. An ^{57}Fe-enriched iron foil was used as velocity calibrant. The two symmetric spectra were folded and velocity range was ±5mm/s. Average of ^{57}Fe Mössbauer parameters (isomer shift, Q-splitting, and line width) of Fe^{2+} at the *M*2 site of orthoenstatite were 1.06 2.11 and 0.34 mm/s, respectively. From twelve sets of intensity of quadrupole doublet, three components of the intensity tensor were I_{xx}=0.616, I_{yy}=0.458, I_{zz}=0.426. Average of ^{57}Fe Mössbauer parameters (isomer shift, Q-splitting, and line width) of Fe^{2+} at the *M*2 site of hypersthene were 1.147 2.127 and 0.392 mm/s, respectively. From seven sets of intensity of quadrupole doublet, three components of the intensity tensor were I_{xx}=0.577, I_{yy}=0.454, I_{zz}=0.470. Three components of the intensity tensor of Fe-poor and Fe-rich ortho-pyroxene suggest that I_{XX} and I_{ZZ} show weak chemical dependence of Fe^{2+} and I_{YY} is independent of Fe^{2+} components. This indirectly suggests that the intensity tensor of Fe ions at the *M* sites of pyroxene depends on Ca-contents.

Keywords: Mössbauer spectroscopy, microspectroscopy, peak intensity tensor, Ca-poor orthopyroxene
*Corresponding author: shinodakeiji@omu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

分析電顕での吸収補正による定量分析の新たな試み

藤野清志*，富岡尚敬(海洋研究開発機構)，大藤弘明（東北大）

A new approach in quantitative chemical analysis by absorption correction using ATEM

Kiyoshi Fujino*, Naotaka Tomioka (JAMSTEC), Hiroaki Ohfuji (Tohoku Univ.)

1. はじめに

分析電顕による薄膜の定量化学分析では，*k*-factor を用いた Cliff-Lorimer の式が広く用いられている．この式による定量化学計算では，これまで薄膜の厚さ等に対する *k*-factor の検量線から求めた *k*-factor 値を計算に用いることが多く，理論的な吸収補正計算によって定量化学分析が行われることはあまりなかった．その理由は，吸収補正計算の際に用いる測定点の厚さとしてどのような値を用いたら正確な分析値が得られるかが定式化されてないことが挙げられる．我々は組成既知で測定点の厚さが分かっている珪酸塩鉱物試料を用いて，吸収補正計算でどうしたら正確な化学組成が得られるかについて研究し，有効な方法が得られたので，それについて報告する．

２．吸収補正による定量分析法の問題点

珪酸塩鉱物の吸収補正計算では，酸素を独立の元素として扱う場合と，酸素を独立の元素とせず他の元素との酸化物として扱う場合の２通りの計算法がある．前者の場合は，薄膜の厚さとして計算の結果得られる酸素の値が理想化学式に合うような厚さを選ぶ，あるいは計算の結果電荷中和が得られるような厚さを選ぶ（Van Cappellen and Doukhan, 1994）等のことが行われる．一方，後者の場合は，すでに電荷中和は成り立っているので，計算の結果得られる酸素の値が理想化学式に合うような厚さを選ぶ等のことが行われる．しかし，いずれの場合もどのように測定点の厚さを選べば正確な化学組成が得られるかが確立されておらず，そのとき選んだ薄膜の厚さが実際の厚さと同じかどうかについても，ほとんど議論されてこなかった．

我々は，あらかじめ EPMA で化学組成を調べたガーネットとオリビンの同じ試料を，それぞれ異なる 200 kV 分析電顕用に薄膜化し，走査電顕等で薄膜の厚さを調べたのち分析し，それぞれ異なる分析システムで化学定量計算をしてみた．特性 X 線の測定は，いずれも走査モードで行った．

３．結果

X 線カウント数に対する吸収補正の計算は，どちらの分析ソフトでもほぼ理論式通りであることが確認されたが，アナライザーによるデータ処理の細部にまでは立ち入ることはできなかった．そこで，それぞれのシステムによって得られた分析結果から最適な定量分析値を得るにはどうしたら良いかを考えた．その結果，各分析システムで得られた分析結果に対し，以下に述べる SSD を用いるのが有効であることがわかった．

$$\mathrm{SSD}\ (\Delta t) = \sum_i [n_i - \{\sum_j n_{ij}\,(\Delta t)\}]^2 \qquad (1)$$

ここにΔt は吸収補正計算で用いた測定点の厚さ，n_iは分析試料の i サイトの理想原子%，$\sum_j n_{ij}\,(\Delta t)$ は吸収補正計算で得られた i サイトを占める j 種イオンの原子%の和であり，試料のすべての原子サイトのn_iと$\sum_j n_{ij}\,(\Delta t)$の差の二乗を加えたものが，SSD (Δt)である．種々検討の結果，この SSD の値が最小となる厚さΔt が，最適な化学組成を与える有力な候補となることが判明した．

各試料についての計算の結果，酸素を独立元素として計算した場合より酸化物として計算した方が SSD の最小値は低かった．そしてそのときの SSD の値が十分低く，酸素の原子%が理想化学式の値に近ければ，その厚さにより得られる化学組成値はほぼ最適な値となった．しかし，SSD の最小値が高く，酸素の原子%が理想化学式とかけ離れているときは，各イオンの占有するサイト指定のどれかが間違っている可能性が高いことが判明した．以下，詳細については，講演で述べる．

Keywords: Analytical TEM, quantitative chemical analysis, absorption correction.

*Corresponding author: kfujino7241@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）による極微量元素定量分析における不感時間補正方法の評価

加藤丈典*（名大・ISEE）

Evaluation of dead time correction procedure for quantitative electron probe microanalysis (EPMA) of ultra-trace elements

KATO Takenori* (ISEE, Nagoya Univ.)

近年、電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて微量元素を定量分析する研究が多くなされるようになり、様々な研究に用いられている。EPMA による定量分析では、二次イオン質量分析計（SIMS）、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS）、粒子線励起 X 線分析（PIXE）と比較すると、基本的に非破壊分析であり、かつ、マトリクス補正が確立していて標準物質に対する制約があまりないというメリットがある。しかし、10 μg/g 以下の濃度の元素を正確に定量する分析することは容易ではないというデメリットがある。

Liebhafskey *et al.* (1960) は、検出限界に関して特性ピークのカウント値（N_{PK}）とバックグラウンドのカウント値（N_{BG}）が、

$$N_{PK} \geq N_{BG} + 3\sqrt{N_{BG}} \qquad (1)$$

となる場合に元素が存在すると考えられるとした。他にも検出限界についてさまざまなモデルが提唱されているが、実用上大きな差は生じない。$P/B = N_{PK}/N_{BG}$とすると、式(1)は

$$P/B \geq 1 + 3/\sqrt{N_{BG}} \qquad (2)$$

となる。ここで極微量元素の測定について考えると、P/BやN_{BG}が大きいほど有利であると言える。微弱なピークを計測するためには、計数時間、照射電流、加速電圧、分光結晶の選択、コリメーションスリットについて最適な条件を設定しなければならない。

N_{BG}を大きくする方法として、複数の分光器で同時に同じ波長の X 線を計数する方法がある。例えば、4 つの分光器の計数値を合算すれば、理想的には 4 倍の計数値が得られ、相対誤差は半分となる。この方法は、計数時間、照射電流、加速電圧を変える方法に比べて、試料の損傷や汚染を少なくすることができるメリットがある。

さて、WDS で一般に用いられる比例計数管は、非拡張型の不感時間を持つ。また、不感時間は分光器ごとに異なり、かつ、経年劣化して長くなる。複数の分光器の計数値を合算する場合、見かけ上不感時間は短くなる。名古屋大学 ISEE の日本電子製 JCXA-733 で 733-PET-J を装着した分光器 4 台を用いて不感時間を測定したところ、不感時間はそれぞれ 0.9、1.1、1.3、1.4 μ 秒であった。そして、4 つの分光器の計数値を合算した値に対する見かけの不感時間は、0.29 μ 秒であり、個々の分光器の不感時間より有意に短かった。

この場合、（１）個々の分光器で不感時間補正を行ってから真の計数値を足す方法と、（２）個々の分光器のみかけの計数値を足してから不感時間補正を行う方法が考えられる。それぞれの手法を比較検証するため、検出効率と不感時間の異なる 4 つの分光器を用いる場合についてモンテカルロシミュレーションを行った。分光器の不感時間は完全な非拡張型不感時間であるとし、それぞれ、0.9、1.1、1.3 及び 1.4 μ 秒とした。また、発生する X 線はポアソン分布であるとした。シミュレーションをもとに、上記二つの手法を比較し、極微量元素 EPMA 分析のために複数の分光器を用いる場合の不感時間補正の方法を評価する。

Keywords: electron probe microanalysis (EPMA), dead time, trace element, wavelength dispersive spectrometer (WDS), proportional counter

*Corresponding author: kato@nendai.nagoya-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

宝飾用 HPHT 大型合成ダイヤモンド単結晶のモルフォロジーと物性評価

北脇裕士・江森健太郎・久永美生・山本正博・岡野誠(中央宝石研究所)

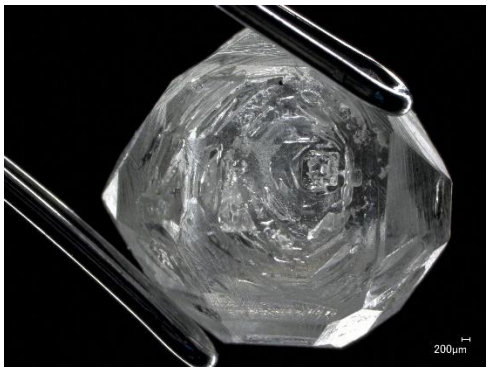
Morphology and Characterization of large gem quality HPHT-grown synthetic diamond crystals

Hirohi Kitawaki*, Kentaro Emori, Mio Hisanaga, Masahiro Yamamoto, Makoto Okano (Central Gem Laboratory)

In this report, we will introduce about gemological observations on large HPHT-grown synthetic diamond crystals recently made in China. Through careful observations, these products can be confidently identified as synthetics, even if they are cut and polished.

宝飾用合成ダイヤモンドは HPHT 法および CVD 法で商業生産されている。中国の鄭州は、HPHT 法による工業用合成ダイヤモンドの世界的な生産地で、世界の需要の 95%を担うといわれている。3 大巨頭と称される大手企業 3 社が群を抜いているが、他にも多くの中堅の製造企業が林立している。2014 年末頃からこれらの企業により宝飾用メレサイズの無色合成ダイヤモンドの生産が開始され、その圧倒的な生産量により、中国は瞬く間に世界の宝飾市場を席巻した。2018 年以降、0.2ct～0.5ct のカット石が中心に生産されているが、最近では 1ct～2ct サイズのものも作られている。本報告では、中国のある企業によって製造された 3～8ct の大型無色結晶原石のモルフォロジーと物性評価の結果を紹介する。これらの大型結晶は商業ベースで生産され、今後カット研磨されたものが宝飾市場に流通することが予測される。

今回検査に供した試料の内訳は様々な品質の 3-4ct 原石 29 個、5-6ct 原石 3 個、7-８ct 原石 1 個の総計 33 個である。結晶原石にはすべてに種結晶の痕跡が認められた。種面の方位はすべてにおいて{100}であった。原石の形状は{100}と{111}が発達しており、{110}、{113}、{115}も認められた。各面の大きさの程度には個体差があるが、概して{111}＞{100}のものが多かった。種面以外の結晶面には多数の線模様が認められた。これらは異なる指数の結晶面に連続しており、成長時に形成したものではなく、冷却時に溶媒金属との反応で形成されたと考えられる。この線模様は HPHT 合成に特有のもので、カット・研磨後に残されていれば鑑別特徴になると思われる。すべての結晶内部には溶媒金属がインクルージョンとして取り込まれていた。これらは種結晶近辺と分域境界付近に集中する傾向にあった。蛍光 X 線分析および LA-ICP-MS 分析において金属インクルージョンからは Fe、Co と微量の Ti および Cu が検出された。短波紫外線(SWUV)蛍光下ではやや緑がかった青白色の明瞭な燐光がすべての試料に観察された。燐光には強弱があるが、数 10 秒から長いものでは 1 分以上認められた。赤外分光分析を行った 13 個はすべて窒素に関連したピークを検出しないII型で、一部には非補償のホウ素のピークが見られた。ホウ素のピークが見られるものは概して SWUV で燐光が強かった。3 個の大型結晶について紫外線ルミネッセンス像を観察したところ、各成長分域によって異なる強さの蛍光像と燐光が見られた。このような諸特徴から、これらの結晶原石がカット・研磨された後も天然ダイヤモンドとは確実に識別が可能と考えられる。



写真：検査石の一例（3- 4 ct 結晶原石）

Keyword: synthetic diamond, HPHT-grown, identification
*Corresponding author: kitawaki@cgl.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

宝石学分野でのチャレンジ：宝石鉱山の地質、地理的原産地の同定、先端科学分析法の応用

Tokyo Gem Science LLC と GSTV 宝石学研究所
阿依　アヒマディ

A challenging in gemological science: Geology of gem deposits, geographic origin determination, application of advance analytical instrumentations

Tokyo Gem Science LLC & GSTV Gemological Laboratory
Ahmadjan Abduriyim*

Gem science is facing a great challenging to understand the old and new development of gem deposits, a collecting of research sample to support the geographic origin determination and building a scientific data base by using traditional gemological observations and advanced analytical instrumentations.

宝石鑑別ラボは解決困難なさまざまな問題を抱えており、多くのジェモロジストは混迷のさなかにいます。その主な命題としては、世界中の宝石鉱山への調査とサンプルの採取、宝石の地理的地域の産地鑑別、そして高感度分析手法を宝石分析への応用です。

宝石学では、「原産地」とは宝石鉱床の地理的な地域性を指します。原産地同定は今日の宝石市場で重要性が高まっており、この情報は宝石の価値を高める要因または肯定的なものになると考えられ、お客様に高度な信頼感を与えています。例え、ルビー、サファイア、エメラルド、アレキサンドライト、パライバ・トルマリン、スピネルなどの宝石素材は原産地同定サービスの需要の主要な部分を占めています。しかし、現在各鑑別ラボで利用可能な装置を使用して原産地を確立するのは大変困難なことです。主な原因は、類似した地質環境下で作り出された宝石の特性も似ているからです。

このような状況下で、筆者は、宝石の物理的及び化学的特性を検討するため、確実に世界中の採掘環境の厳しい宝石鉱山へ訪ね、一次鉱床と二次鉱床の地質環境を調べ、サンプルを採取し、従来の宝石学的観察と最先端科学技術の分析機器の組み合わせから試料を分析し、原産地同定に使用できる膨大なデータベースを確立させ、宝石研究分野に提供してきました。

特に、レーザーアブレーション―誘導結合プラズマ質量分析(LA-ICP-MS)を導入し、極微小な破壊検査でありながらも宝石とジュエリーの原産地同定分析に応用しました。例え、ルビー、サファイアの地理的な原産地の説得力のある証拠を確立するために、異なる地質環境からの試料を分析し、ルビー／サファイアの生成起源を決定する Fe, Ti, Cr, Ga, Mg などの比率(Fe/Mg, Ga/Mg, Cr/Ga, Fe/Ti)から変成岩起源と玄武岩起源を識別する(Chemical Finger-Print Diagram)を提案しました。それ以外にエメラルド、パライバ・トルマリン、アレキサンドライト、スピネル、ペリドット、ヒスイ、ガーネットなどの原産地同定のプロセスを樹立しました。さらに、原産地同定の決定の精度を向上させるために、酸素同位体($^{18}O/^{16}O$)分析と Pb-U 年代測定分析による追加基準を増加し、高度な統計手法を開発しながら最新技術のフロンティアを積極的に模索してきました。

Keywords: Geographic origin, Trace elements, Chemical Finger-Print Diagram, Isotope compositions

Email: tgs@gemscience.tokyo

銅鉱物と共存するタルクの微細組織

趙政皓、江森健太郎、岡野誠(中央宝石研究所)、
賀雪菁、鍵裕之、吉田英人(東大・院理)

Microtexture of talc associated with copper minerals

Zhenghao Zhao*, Kentaro Emori, Makoto Okano (Central Gem Laboratory),
Xuejing He, Hiroyuki Kagi, Hideto Yoshida (Graduate School of Science, The University of Tokyo)

We analyzed some light-blue minerals that look like chrysocolla associated with azurite and malachite. However, the results of EDS analysis show that these light-blue minerals contain high concentrations of Mg that should not be present in chrysocolla. The combined results of infrared absorption spectra, Raman spectra, and XRD show that these minerals are actually talc. SEM-EDS and EPMA results show that the samples are composed of talc and unidentified copper silicate.

クリソコーラは青緑色を呈する銅のケイ酸塩鉱物の一種であり、化学組成は一般的に $Cu_2H_2Si_2O_5(OH)_4{\cdot}nH_2O$ とされている。結晶化度が低く、マラカイトやアズライトなどと同時に産出されることが多い。

最近、見た目にクリソコーラを含むと思われるビーズの石が鑑別依頼で CGL に持ち込まれた。石は淡青色、濃青色と緑色の箇所で構成され、赤外反射スペクトルとラマンスペクトルでアズライトとマラカイトが含まれることが明らかになった。しかし、クリスコーラと思われた淡青色の箇所から Cu をも上回る高濃度の Mg が検出されて、この部分は実際クリソコーラであるか疑問が持たれた。そこで、本研究ではこれらのビーズ石の淡青色箇所の正確な鉱物種を明らかにすることを目的にした。

本研究で用いたサンプルは、前述したビーズ石6点と、クリスコーラ原石5点である。ラマンスペクトルは Renishaw InVia Raman System、蛍光X線元素分析は日本電子社製 JSX1000S を用いて測定した。一部のサンプルをメノウ乳鉢で粉砕し、Rigaku社製MiniFlex600を用いて粉末X回折分析、Bruker 社製 INVENIO R を用いて赤外吸収スペクトルを測定した。さらに、粉砕時に得られた一部の破片を研磨し、SEM-EDS は JEOL JSM-7000F、EPMA は JEOL JXA-8900L を用いて分析を行った。

ビーズ石の淡青色箇所の赤外吸収スペクトル、ラマンスペクトル、X線回折パターンはいずれもクリソコーラとは一致せず、タルクと一致することが明らかになった。SEM の分析結果から、ビーズ石の淡青色箇所はタルク（濃灰色）、銅とマグネシウム両方有する鉱物（淡灰色）と銅鉱物（白色）の3相で構成されることがわかった（図1）。銅とマグネシウム両方有する鉱物のラマンスペクトルはタルクのスペクトルと一致し、銅含有タルク、またはタルクと極微量の銅鉱物の混合物の可能性が考えられる。しかし、銅鉱物のラマンスペクトルは既知のものとは一致せず、現時点では同定されていない。

本研究で測定したビーズ石の淡青色箇所は、アズライトとマラカイトと同時に産出されたためクリソコーラと誤認されやすいが、その主成分はタルクであることがわかった。この淡青色を呈するタルクは筆者の知る限り今まで報告例がない。

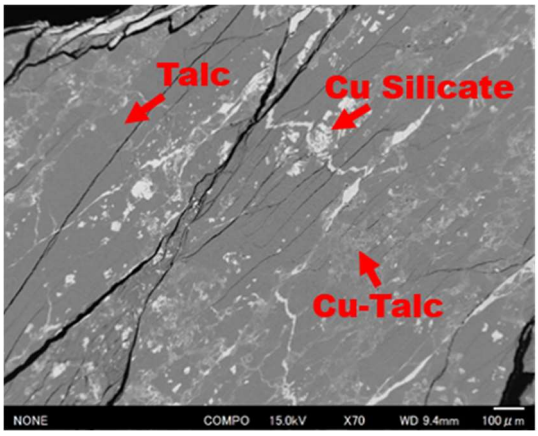


図1 SEM-EDS によるサンプルの BSE 像

Keywords: talc, IR spectra, Raman spectra, XRD, SEM
*Corresponding author E-mail address: zhenghao@cgl.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高知県窪川地域産オイル含有水晶の気泡形状

杉浦　悠紀*(産総研・健康医工学)、飛田　尚子(上尾中央医科)、飛田　高志（東京都)、中地　シュウ（海辺の自然史研究舎)、多賀　優（龍谷大・農学)、横田　一道（産総研)、堀江　祐範（産総研)、門馬　綱一(科博)、松原　聰（科博）

3 dimensional vein structure of oil-inclusion of quartz crystals from Kubokawa, Kochi, Japan.

Yuki Sugiura* (AIST·HRI), Naoko Tobita (CMS), Takashi Tobita (Tokyo Met.), Shu Nakaji (Natural History Lab.), Masaru Taga (Ryukoku Univ.), Kazumichi Yokota (AIST), Masanori Horie (AIST), Koichi Momma (NMNS), Satoshi Matsubara (NMNS)

高知県窪川地域に分布する四万十帯大正層群中に形成した粘土脈中からは、しばしば内部に石油を含有した水晶が産出する。本包有物は、水晶中に存在する気泡中に含有され、外界と独立した閉鎖系をなす。これらの有機物の解析は、鉱物結晶形成時の環境の再現、有機物の鉱物結晶形成時の役割評価が期待出来る。さらに、低温で形成する鉱物結晶の場合、気泡内部に休眠状態で存在する微生物の回収が期待され、生命科学分野への展開も期待される。

気泡の結晶中の空間的な分布解析により、有機物が含有時の、鉱物の結晶成長様式及び、有機物―鉱物表面の相互作用の解析が可能である。我々は、生体硬組織解析において活用されているマイクロ CT 法が、本オイル含有水晶中の気泡形状解析に有用と考え、評価を行った。

高知県黒潮町峰ノ上の粘土脈中に産出した両錐オイル含有水晶(長さ：2~3 cm, 幅：1~2 cm)を用い、マイクロ CT(ScanXmate-L080T, Comscan 株式会社)にて水晶内部の気泡分布及び、3 次元的構造を評価した。

気泡は、水晶の(10-11)面に並行して分布し、底面はほぼ結晶面の自形を維持している一方で、上面は丁度椀型を成していた。また、多くの水晶は骸晶を成しており、成長速度が速い事が示唆された。この気泡の底面や、縁部には、蛍光を発する領域が観察された。観察結果から、これらの気泡の成因としては、水晶が粘土脈中で急速に成長する際に、(10-11)面に形成した骸晶面の中心部に吸着した有機分子が水晶の成長に合わせて内包されたものと考察される。当日は、これらの気泡の三次元構造及び、個々の気泡中のオイル組成についての分析結果についても発表する予定である。

Keyword: 水晶、気泡、インクルージョン、マイクロ CT

*杉浦　悠紀: yuki-sugiura@aist.go.jp

Oral presentation

R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Chairperson:Masanori Kurosawa(Univ. Tsukuba), Ysuyuki Banno(AIST), Koichi Momma(Natl. Museum of Nature and Science)
Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM B251 (Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F)
[Chairperson]
Masanori Kurosawa: R1-01 - R1-04
Yasuyuki Banno: R1-05 - R1-08
Koichi Momma: R1-09 - R1-12

11:00 AM - 11:15 AM

[2Lecture-101-12-9add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

青海地域に産する含苦土アルベゾン閃石アルビタイト中の亜鉛を含む鉱物の多様性とその地質学的意義

岡紘希（東北大）・辻森樹（東北大）

Zn-enriched minerals in magnesio-arfvedsonite-bearing albitite from the Omi area (Japan): its diversity and geological significance

Hiroki Oka* (Tohoku Univ.), Tatsuki Tsujimori (Tohoku Univ.)

Zinc, which is an insensitive element to oxygen fugacity (f_{O2}), has several ligands; their coordination numbers (CN) can change from 4 to 6, depending on minerals. The CN difference can potentially track the changing f_{O2} during the fluid-mediated formation processes. In the Omi serpentinite mélange, magnesio-arfvedsonite-bearing albitite contains trace amounts of sphalerite, Zn-rich strontio-orthojoaquinite (up to ~8,000 μg/g Zn), and secondary sauconite ($^{[6]}$Zn-rich phyllosilicate mineral). The presence of sphalerite and primally Zn-rich hydrous minerals implies that an alkaline hydrothermal fluid carried $SO_{2\,(g)}$ and $ZnO_{(s)}$ during the albitite formation. The secondary sauconite indicates a f_{O2} change and subsequent partial decomposition of sphalerite. In any case, the reconnaissance of Zn-mineralization is crucial to constrain the spatial distribution of ~90 Ma metasomatism in the mélange.

亜鉛（Zn）は親石元素の一つで、鉄やバナジウムなど、他の遷移金属元素と異なり Zn イオンの価数は酸化還元状態に依存しない。しかし、鉱物の結晶構造内では 4、5、6 配位の異なる 3 つの配位子（$^{[4]}$Zn、$^{[5]}$Zn、$^{[6]}$Zn）が存在する。Zn 主体の鉱物として最も普遍的な閃亜鉛鉱の Zn は 4 配位である。一方、蛇紋岩に伴ういわゆるアルカリ交代岩類では、特定の鉱物の構造で $^{[6]}$Fe や $^{[6]}$Mn を置換して、$^{[6]}$Zn に富んだ含水珪酸塩鉱物を形成する。この含 Zn 鉱物相の種類と変化はそれを含む岩石の形成環境を束縛する手がかりの一つとなり得る。今回、青海蛇紋岩メランジュに産する含苦土アルベゾン閃石アルビタイトから、互いに異なる配位数をもつ Zn 鉱物の閃亜鉛鉱とソーコン石（sauconite）、そして Zn に富む含水珪酸塩鉱物の存在を確認した。

青海の含苦土アルベゾン閃石アルビタイトは主に粗粒なアルバイトと青緑色を呈する（カリ）苦土アルベゾン閃石、金雲母、ペクトライトから構成され、種々の Sr/Ba–Ti 珪酸塩鉱物、Sr 燐灰石、方解石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、ルチル、Fe–Mn ざくろ石、Ce 褐簾石を少量含む。ストロンチオ直方ホアキン石（奴奈川石）U–Pb 年代は~90 Ma を示し（Tsujimori et al. 2019 JpGU）、同地域のひすい輝石岩や蓮華帯由来の結晶片岩類とは形成された時代が全く異なる。

奴奈川石の Zn 含有量は、共生する青海石が ~7–13 μg/g であるのに比して、~7,000–8,000 μg/g と著しく高い（T. Hara 2020MS 東北大修論）。また、青海石に伴う ZnO 含有量 1.6–2.7 wt%の umbozerite 様鉱物が点在する。Sr/Ba–Ti 珪酸塩鉱物と閃亜鉛鉱が初生的な産状を示す一方、ソーコン石（33–37 wt% ZnO）は閃亜鉛鉱および奴奈川石に密接に伴われるが、閃亜鉛鉱内部のクラックを充填する二次的な産状のものも存在する。初生的な閃亜鉛鉱の存在は、アルビタイト形成に関わる流体が硫黄の他、亜鉛を供給したことを意味する。$^{[4]}$Zn の閃亜鉛鉱は、高い f_{S2} の環境下で生成されたものの、岩石中で f_{O2} が増大すると流体に溶解して二次的なソーコン石を形成したと考えられる。いずれにせよ、青海蛇紋岩メランジュにおける交代岩中の Zn 鉱化作用の検討は、同メランジュにおける~90 Ma 交代作用の広がりを読み解く鍵となるであろう。

Keywords: albitite, 6-coordinated zinc, sauconite, oxygen fugacity, Omi serpentinite mélange

*Corresponding author: hiroki.oka.t4@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岐阜県中津川市蛭川産 W に富む Nb，Ta 酸化鉱物の化学組成

坂野靖行*（産総研）

Chemical compositions of W-rich Nb, Ta-oxide minerals from Hirukawa, Nakatsugawa, Gifu Prefecture, Japan

Yasuyuki Banno* (AIST)

W に富む Nb, Ta 酸化鉱物は世界各地の花崗岩ペグマタイトから産出報告があり，それらは化学組成データを基にして niobian ferberite, tungstenian columbite, tungstenian ixiolite, “wolframoixiolite”等と呼ばれているが，多くの場合，微小サイズの結晶であることからそれらの結晶構造は決定されていない（例えば Novák *et al*., 2008 ）．Ferberite ($Fe^{2+}WO_4$), columbite-(Fe) ($Fe^{2+}Nb_2O_6$), ixiolite [$(Ta,Nb,Fe,Mn)O_2$]は八面体層から構成され，トポロジカルに類似した結晶構造を有するものの，陽イオンの ordering，空間群，単位格子等に違いがある．$(Fe,Mn)^{2+}$-O の八面体を A，$(Nb,Ta)^{5+}$-O の八面体を B，W^{6+}-O の八面体を C とすると，***a*** 軸方向の八面体層の積層順は ferberite では ACAC, columbite-(Fe)では ABBABB となり，ixiolite ではすべての陽イオンは無秩序に配置する（例えば Peng *et al*., 1988）．W に富む Nb, Ta 酸化鉱物の大部分は結晶構造が明らかでないためその分類学的位置づけは明快ではない．なお，“wolframoixiolite”は Ginzburg *et al*. (1969) により記載され ferberite 構造を支持する格子定数が報告されたが，1980 年に IMA により種が抹消された．今回岐阜県中津川市蛭川産花崗岩ペグマタイト中の黒色不透明鉱物の EPMA 分析を行なったところ，W に富む Nb, Ta 酸化鉱物であることが分かったのでその化学組成の概要を報告する．これまで報告された苗木地方産 columbite（長島・長島，1960；Suzuki *et al*., 1990）には W を含むものは知られていない．

蛭川産 W に富む Nb, Ta 酸化鉱物は曹長石中に埋没して産し，長さ 30～900 μm，幅 10～100 μm の黒色不透明の柱状結晶である．その他の共生鉱物としてジルコン，トール石，蛍石がある．BSE 像観察では，柱状結晶は組成不均一を示し，中心部に非常に輝度の高い部分（BSE 像で白色）があり，それを取り囲むように中心部よりも相対的に輝度の低い部分が観察される．前者をコア，後者をマントルと呼ぶことにする．輝度の強さは W の量を反映している．Nb, Ta 酸化鉱物の実験式を O = 4 で計算し，$Fe^{3+}/(Fe^{2+} + Fe^{3+})$の値を全陽イオン = 2 apfu を仮定して見積もった．コアの組成（7 spots on 1 grain）は，ZrO_2 1.04, SnO_2 0.39, TiO_2 0.10, Sc_2O_3 1.17, Fe_2O_3 4.79, FeO 11.11, MnO 7.82, Nb_2O_5 11.21, Ta_2O_5 1.65, WO_3 56.69, total 98.97 wt% であり，その実験式は $Fe^{2+}_{0.440}Mn_{0.313}Fe^{3+}_{0.171}Sc_{0.048}Zr_{0.024}Sn_{0.007}Ti_{0.004}Nb_{0.240}Ta_{0.021}W_{0.732}O_4$ である．仮想端成分 $R^{2+}WO_4$ (R^{2+} = 2 価 cation), $R^{3+}(Nb,Ta)O_4$ (R^{3+} = 3 価 cation), $R^{2+}{}_{2/3}(Nb,Ta)_{4/3}O_4$, $R^{4+}O_2$ (R^{4+} = 4 価 cation)を想定した場合，各成分の量は $R^{2+}WO_4$ 0.73, $R^{3+}(Nb,Ta)O_4$ 0.22, $R^{2+}{}_{2/3}(Nb,Ta)_{4/3}O_4$ 0.03, $R^{4+}O_2$ 0.02 となり，化学組成的には niobian ferberite となる．マントルのうち比較的 W に乏しい領域の組成（56 spots on 1 grain）は，ZrO_2 0.31, SnO_2 0.28, TiO_2 0.38, Sc_2O_3 0.62, Fe_2O_3 2.15, FeO 8.67, MnO 10.89, Nb_2O_5 40.06, Ta_2O_5 6.71, WO_3 29.26, total 99.33 wt% であり，その実験式は $Mn_{0.395}Fe^{2+}_{0.310}Fe^{3+}_{0.069}Sc_{0.023}Ti_{0.012}Zr_{0.006}Sn_{0.005}Nb_{0.776}Ta_{0.078}W_{0.325}O_4$ である．仮想端成分の量は $R^{2+}WO_4$ 0.32, $R^{3+}(Nb,Ta)O_4$ 0.09, $R^{2+}{}_{2/3}(Nb,Ta)_{4/3}O_4$ 0.57, $R^{4+}O_2$ 0.01 となり，化学組成的には tungstenian columbite-(Mn)となる．

Keywords: ferberite, columbite, ixiolite, “wolframoixiolite”, Hirukawa

*Corresponding author: y-banno@aist.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県田川郡川崎町小峠ペグマタイト産ネオジムフランソワ石

上原誠一郎(九大・博物館)・濱崎和博・行則功・久保園達也（福岡石の会）

Françoisite-(Nd) from Kotoge Pegmatite, Kawasaki, Tagawa, Fukuoka Prefecture, Japan

Seiichiro Uehara* (Kyushu Univ. Museum), Kazuhiro Hamasaki, Isao Yukinori and Tatsuya Kubozono (Fukuoka Min. Club)

1. はじめに

ネオジムフランソワ石(Françoisite-(Nd))は 1988 年に Deliens と Piret-Meunier により新鉱物として報告された燐ウラニル石族の鉱物で理想化学式は $Nd(UO_2)_3O(OH)(PO_4)_2 \cdot 6H_2O$ とされる。模式地はコンゴ民主共和国コルウェッジ鉱区コモトで，ベルギーの地質学者で鉱山会社の所長を務めた Armand François にちなんで命名された。世界的に記載例の少ない鉱物の一つである。その後 Ce 置換体が 2004 年に承認されている。

我々は福岡県田川郡川崎町小峠のペグマタイト構成鉱物の調査中に日本新産のネオジムフランソワ石を確認したのでその産状と鉱物学的性質を報告する。

2. 試料および実験

検討した試料は 1989 年 9 月に当時，福岡石の会会長を務めていた故矢野正一氏が収集した標本他で，九州・山口の鉱物（2014 年，福岡石の会編）で燐ウラニル石として報告したものである。化学組成は九州大学理学部地球惑星科学教室の走査電子顕微鏡(JEOL JSM-7001F, Oxford EDS)と EPMA（JEOL JXA-8530F)，X 線回折パターンは同教室の(Rigaku Ultima IV，RINT RAPID II)を用いて検討した。

3. 結果

淡褐色から淡～濃紅色の曹長石を主とするペグマタイト鉱石中にケララ石･閃ウラン鉱の濃集部があり，茶褐色に変色している。変色部の割れ目や小さな晶洞中に微細な針状結晶集合体として，また，曹長石の割れ目に小さな鮮黄色柱状結晶 (Fig.1) としてネオジムフランソワ石は産する。白色皮膜状のカオリン鉱物と密接に共存し，他にバストネス石，燐灰石，カオリン鉱物からなる白色柱状結晶, 緑色から淡黄色透明のイライト，黄色透明の燐灰ウラン石, 灰緑色放射状結晶集合のジルコンなどを伴う。

X 線回折パターンはネオジムフランソワ石とよく一致し，格子定数 $a = 9.286(11)$ Å, $b = 15.443(17)$ Å, $c = 13.759(15)$ Å, $\beta = 111.43(5)^\circ$ が得られ，Ce 置換体に近く，希土類組成の違いが予想される。

EPMA 定性分析からカリウム，カドミウムが未検出であったので，EDS 定量分析を行った 。$(Nd_{0.29}La_{0.21}Ce_{0.20}Al_{0.16}Cu_{0.06}\ Mg_{0.03})_{\Sigma 0.93}(UO_2)_{3.17}(PO_4)_{1.67}(SiO_4)_{0.19}$ が得られ, 原産地に比べ La, Ce の含有量が多い。

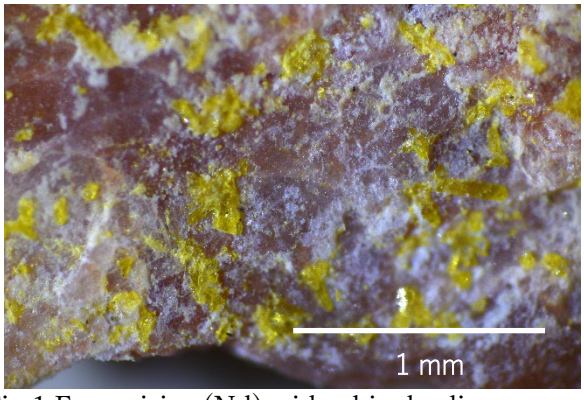


Fig.1 Françoisite-(Nd) with white kaolin mineral on pink albite from Kotoge Pegmatite, Kawasaki, Tagawa, Fukuoka, Japan.

Keyword : Françoisite-(Nd), cheralite, Kotoge Pegmatite, Kawasaki Tagawa Fukuoka Prefecture Japan.

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県飯塚市八木山産 Ti-Mn 未知鉱物

上原誠一郎(九大・博物館) 一色優希・武田侑也(九大・理・地惑)・
延寿里美（愛媛大・理工）

Ti-Mn unknown mineral from Yakiyama, Iizuka , Fukuoka, Japan

Seiichiro Uehara* (Kyushu Univ. Museum), Yuki Isshiki, Yuya Takeda (Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.) and Satomi Enju (Ehime Univ.)

1. はじめに　福岡県飯塚市八木山－糟屋郡篠栗町には蛇紋岩が広く分布し，その構成鉱物･随伴鉱物についてこれまで調査報告してきた(Uehara & Shirozu, 1985; 上原，1987 他)。

一昨年および昨年の年会で本産地の蛇紋岩体に伴うロジン岩中の Al-蛇紋石とアメサイトの産状と特異な形態のアメサイトの微細組織観察及び化学組成を報告した。今回，この Al-蛇紋石とアメサイトに伴い Ti-Mn 未知鉱物を確認したので，その鉱物学的性質を報告する。

2. 実験　X 線回折パターンは九州大学理学部地球惑星科学教室の RINT RAPID II，化学組成は同教室の EPMA JEOL JXA-8530F を用いて検討した。微細組織，結晶構造は九州大学超顕微解析研究センターの JEOL JEM-ARM 200CF など用いて検討し，ラマンスペクトル測定は九州大学分析センターの LabRAM ARAMIS を使用した。

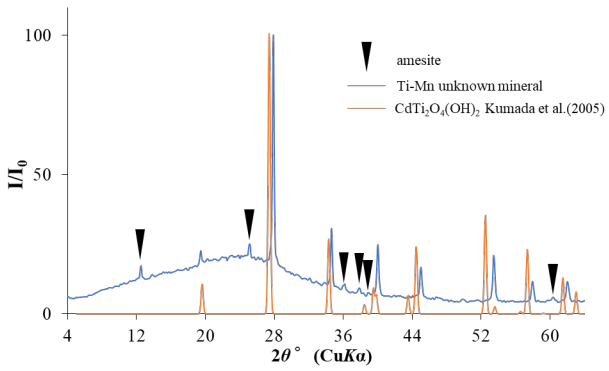


Fig.1. XRD pattern of Ti-Mn unknown mineral from Yakiyama Iizuka Fukuoka Japan.

3. 結果　ロジン岩を切る細い端成分組成に近い蛇紋石脈周辺の Al-蛇紋石・アメサイト中に赤色から赤褐色の粒状粒子(径 0.5-0.1 mm)があり，1×10 μm 程度の微細な Ti-Mn 未知鉱物・アメサイト･Al-蛇紋石を含む。一部にパイロファン石，TiO_2 鉱物を伴う。

X 線回折パターンは三方晶系の $CdTi_2O_4(OH)_2$ (Kumada et al., 2005)と類似し（Fig.1），それを参考に指数を与え計算した格子定数は $a = 5.1810(2)$，$c = 4.5624(2)$ Å である。

化学分析値は MnO(2 価として) 25.8(5), MgO 6.5(5)，FeO 6.6(2)，Al_2O_3 0.5(2)，CaO 0.3(3)，SiO_2 0.6(3)，TiO_2 48. 8(1)，H_2O（計算値）6.8(1) 計 95.7(4) wt% (n = 6)で，実験式は$(Mn_{0.97}, Mg_{0.43}, Fe_{0.24}, Si_{0.03}, Al_{0.03}, Ca_{0.01})_{\Sigma 1.33}Ti_{1.63}O_4(OH)_2$ となる。Mn の一部は 4 価，あるいは Fe の一部は 3 価で Ti のサイトに入ると思われる。

HAAD 像からは結晶構造を推定することができ(Fig. 2), $CdTi_2O_4(OH)_2$ の Mn 置換体と思われ，ラマンスペクトルは水の存在を指示した。

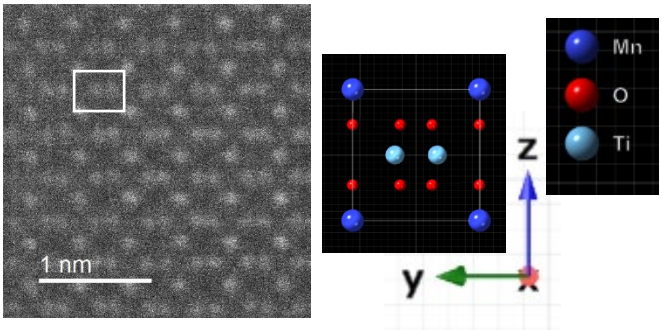


Fig. 2 HAAD image and a structure model of Ti-Mn unknown mineral.

Keyword : Ti-Mn unknown mineral, Yakiyama Iizuka Fukuoka Japan, Aluminian serpentine, Amesite, Rodingite

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B253 Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F

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

Chairperson:Takaaki Kawazoe(Hiroshima Univ.), Masayuki Nishi(Osaka Univ.)

[Chairperson]
Takaaki Kawazoe: R3-01 - R3-06
Masayuki Nishi: R3-07 - R3-12

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[R3-01] Pressure and temperature dependence of the Raman spectra of zircon and its application as a pressure sensor in water-alkali silicate systems

*Naoko Takahashi[1], Hiroki Kobayashi[1], Hiroyuki Kagi[1] (1. Univ. Tokyo Sci.)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[R3-02] Phase diagram in $MgSiO_3$

*Shigeaki ONO Ono[1] (1. JAMSTEC)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[R3-03] Shear instability and superplasticity induced by the metastable transformation in mantle olivine: Implications for microstructural evolution and rheology of MTZ slab

*Tomoaki Kubo[1], Rikuto Honda[1], Yuta Goto[1], Masahiro Imamura[1], Masaaki Miyahara[2], Yuji Higo[3], Akio Suzuki[4] (1. Kyushu Univ., 2. Hiroshima Univ., 3. JASRI, 4. Tohoku Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[R3-04] A new approach to determine high pressure-temperature phase boundary strictly based on the definition of phase equilibrium

*Takayuki Ishii[1], Artem Chanyshev[2], Tomoo Katsura[2] (1. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research, 2. University of Bayreuth)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[R3-05] Survival of bridgmanite in shocked meteorites due to amorphization-induced stress

*Masayuki Nishi[1], Akihiro Kaneko[2], Hiroshi Ohgidani[2], Haruhiko Dekura[2], Sho Kakizawa[3], Shogo Kawaguchi[3], Shintaro Kobayashi[3], Tatsuhiro Sakaiya[1], Tadashi Kondo[1] (1. Osaka Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC, 3. JASRI)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[R3-06] Hydrogen and aluminum depletion in bridgmanite coexisting with high-pressure hydrous phases and its geodynamical implications

*Eiji Ohtani[1], Takayuki Ishii[2] (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2Lecture-201-12-7add] Break time

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[R3-07] Determination of thermal expansivity of calcium ferrite-type $MgAl_2O_4$

*Hiroshi Kojitani[1], Mei Gonai[1], Yoshiyuki Inaguma[1], Masaki Akaogi[2] (1. Gakushuin Univ., 2. Univ. of Tokyo)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[R3-08] Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite
[Presentation award entry]

*Kazutaka Yamaguch[1], Takaaki Kawazoe[1], Toru Inoue[1], Takeshi Sakai[2] (1. Hiroshima Univ. Advanced Science, 2. Ehime Univ. Geodynamics)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[R3-09] Investigation of the effect of Si dissolution on the volume expansion by hydrogenation of hcp-Fe
[Presentation award entry]

*Yuichiro Mori[1], Hiroyuki Kagi[1], Katsutoshi Aoki[1], Sho Kakizawa[2], Asami Sano-Furukawa[3], Ken-ichi Funakoshi[4] (1. UTokyo, 2. JASRI, 3. J-PARC Center, JAEA, 4. CROSS)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[R3-10] Sound velocity of hcp-iron to the inner core pressure, and light elements in the inner core

*Daijo Ikuta[1], Eiji Ohtani[1], Hiroshi Fukui[2,3], Takeshi Sakai[4], Daisuke Ishikawa[2,3], Alfred Q. R. Baron[2,3] (1. Tohoku Univ. Dept. Earth Sci., 2. RIKEN, 3. JASRI, 4. Ehime Univ. GRC)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[R3-11] Behavior of hydrogenation of FeS at HPHT condition

*Masahiro Takano[1], Hiroyuki Kagi[1], Yuichiro Mori[1], Sho Kakizawa[2] (1. UTokyo, 2. JASRI)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[R3-12] Pressure dependence of magnetic properties and electrical resistivity of $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution

*Takamitsu Yamanaka[1], Saqib Rahman[1], Takanori Hattori[2], Kazuki Komatsu[3], Naohisa Hirao[4], Ho-kwang Mao[1] (1. High Press Sci and Tech Res Center, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Tokyo University Geochemical Research , 4. Research &Utilization Division JASRI SPRING-8)

ジルコンのラマンスペクトルの温度圧力依存性：水-アルカリケイ酸塩系実験の圧力計としての応用

高橋菜緒子*、小林大輝、鍵裕之（東大・院理）

Pressure and temperature dependence of the Raman spectra of zircon and its application as a pressure sensor in water-alkali silicate systems

Naoko Takahashi*, Hiroki Kobayashi, Hiroyuki Kagi (Grad. Sch. of Sci., Univ. Tokyo)

1. はじめに

ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高圧実験の圧力測定には、光学的手法としてルビーや$SrB_4O_7:Sm^{2+}$蛍光法が知られている。しかしながら、これらの物質は高温下で蛍光強度が低下し、水またはアルカリ性水溶液に容易に溶解するため、地殻・上部マントル流体を模擬する高温高圧実験に適用できないという問題があった。^{13}C ダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素（cBN）などのラマン圧力計も提案されているが、そのラマンシフトの圧力依存性は比較的小さい。そこで Schmidt et al. (2013) [1] は、高温下で流体と反応性が低いジルコンのラマンシフトの温度及び圧力依存性を、常温で 6.6 GPa、常圧で 1000 ℃、700 ℃で 1.2 GPa まで調べ、ジルコンのSiO_4四面体構造の逆対称伸縮振動（$\nu_3(SiO_4)$; ~1008 cm^{-1}）のラマンシフト（5.8(1) cm^{-1}/GPa）が圧力計として使えることを示した。この先行研究では、高温下における$\nu_3(SiO_4)$ ラマンシフトと圧力の関係は、水の均質化温度と水の状態方程式から推定されており、その高圧条件は 1.2 GPa に限られていた。そこで本研究は、高温下におけるジルコンのラマンスペクトルの圧力依存性を最高 9 GPa まで調べ、地殻・上部マントル条件に相当する広い温度圧力領域で使えるラマン圧力計としての再構築を試みた。

2. 実験手法

高温高圧発生装置には、キュレット径 300 μm のダイヤモンドアンビルを取り付けた外熱式ダイヤモンドアンビルセル（Bassett-type HDAC-V）を用いた。水またはメタノール：エタノール = 4：1 混合液を圧力媒体とし、合成ジルコン、ルビー、金粉末をレニウムまたはイリジウムガスケットに封入した。ラマンスペクトルの測定には、532 nm レーザー、KEK Photon Factory BL-18C に設置された分光器（Princeton Instruments, SP-2750）を用いた。また金の状態方程式から圧力を計算するために、放射光 X 線を用いてその場粉末 X 線回折（XRD）測定を行った。常温での圧力はルビー蛍光法により決定し、温度はアンビル先端付近に設置した K-type 熱電対で測定した。

3. 結果と議論

メタノール：エタノール = 4：1 混合液を圧力媒体としてルビー蛍光法で測圧（Piermarini et al., 1975 [2]）を行いながら室温で最高 8.0 GPa まで加圧した結果、圧力–$\nu_3(SiO_4)$ラマンシフト関係の線形回帰から 5.57(3) cm^{-1}/GPa が得られた。この値は、先行研究 [1] で最大 6.6 GPa まで加圧した結果と一致した。また、ジルコンの SiO_4 四面体の対称伸縮（ν_1; ~974 cm^{-1}）、変角（ν_2; ~438 cm^{-1}）、変角または回転（ν_4; ~355 cm^{-1}）に由来するバンドは、それぞれ 5.06(7) cm^{-1}/GPa、1.49(3) cm^{-1}/GPa、4.32 (3) cm^{-1}/GPa を示した一方、~200 cm^{-1} に現れるバンド（ν_{200}）は–0.51(3) cm^{-1}/GPa と低波数側にシフトした。これらの結果は、ν_{200} に対するν_1、ν_3、ν_4の相対波数が圧力推定に有用であることを示す。本発表では、高温高圧その場 XRD 実験によって決定された圧力を基に、高温下でのジルコンのラマンスペクトルの圧力依存性を議論する。さらに、このジルコン圧力計を使用した水–アルカリケイ酸塩系における外熱式ダイヤモンドアンビルセル高温高圧実験への応用について報告する。

Reference: [1] Schmidt et al. (2013) Am. Min., 98, 643–650. [2] Piermarini et al. (1975) J. Appl. Phys., 46, 2774-2780.

Keywords: zircon, Raman spectroscopy, diamond anvil cell, optical pressure scale
*Corresponding author: ntakahashi@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$MgSiO_3$ の相図

小野　重明（海洋研究開発機構）

Phase diagram in $MgSiO_3$

Shigeaki Ono* (JASTEC)

We investigated the phase transitions in $MgSiO_3$ at high pressures and high temperatures using the multi-anvil press and the synchrotron X-ray diffraction technique. The stability of each phase was determined by observing the powdered X-ray diffraction data and analyzing the recovered samples. The reaction boundaries between high-pressure clinoenstatite and wadsleyite + stishovite and between ringwoodite + stishovite and akimotoite were redetermined. Our results indicated that the triple point of ringwoodite+stishovite-wadsleyite+stishovite-akimotoite estimated in our study was at ~20 GPa and ~1700 K. The revised phase diagram reconciles discrepancies noted with previous studies regarding the phase relation in $MgSiO_3$.

上部マントルを構成している主要鉱物の一つであるパイロキシンの高温高圧条件下での振る舞いを理解することは、マントルのダイナミクスや層構造を理解する上で極めて重要であり、これまで多くの研究がおこなわれてきた。その結果、パイロキシンの相図は、おおよそ完成していると思われているが、過去の研究間での矛盾や不確かさが指摘されて、いまだに決着のついていない点がある。本研究では、$MgSiO_3$ の端成分の注目した研究を行った。$MgSiO_3$ 端成分系の相図においては、3 つの問題が未解決であると考えられている。一つは、低圧高温条件での結晶構造の不確かさである。二つ目は、高圧低温条件下で、$MgSiO_3$ 鉱物が二つの酸化物へ分解することが熱力学的考察から予言されているが、実験において十分な確認ができていないことである。三つめが本研究のターゲットである高温高圧条件下で出現する Mg_2SiO_4 相と SiO_2 相の 2 相領域の不確かさである。そこで本研究では、2 相領域を精密に決定するために、量子ビームを利用した高温高圧その場測定実験を行った。

高圧実験では、マルチアンビル型装置を用い、放射光X線粉末回折実験を行った。実験は KEK の PFAR-NE7A ビームラインと SPring-8 BL04B1 ビームラインを利用した。実験方法は、これまで我々のグループが行ってきた方法とほぼ同様の手法である[1,2]。実験の温度圧力履歴は、室温で加圧し、目標圧力に到達した後、加熱を行った。その過程で、試料の粉末 X 線回折データを取得し、安定相の同定を行った。

まず、clinoenstatite が wadsleyite と stishovite へ分解する相境界の精密決定を行った[4]。相境界は、

$$P\ (GPa) = 16.1 + 0.0064 \times (T-1250)\ (K)$$

と決定された。次に、ringwoodite と stishovite の 2 相が akimotoite の 1 相へ反応する相境界を決定した[3]。

$$P\ (GPa) = 22.0 - 0.0012 \times T\ (K)$$

この結果から、ringwoodite と stishovite の 2 相、wadsleyite と stishovite の 2 相、akimotoite1相の 3 重点を見積もることができ、その値は約 20 GPa、約 1700 K となった。この値は、過去の研究（例えば Gasparik, 1989 など）と大きく食い違う。この食い違いは、マントル中の沈み込むスラブのような比較的温度が低い条件では、出現する鉱物が大きく変わってくることを意味するため、正確な相図を知ることは、極めて重要である。

References

[1] S. Ono et al. (2011) Phys. Chem. Minerals, 38, 735-740.
[2] S. Ono et al. (2013) Phys. Chem. Minerals, 40, 811-816.
[3] S. Ono et al. (2017) Phys. Chem. Minerals, 44, 425-430.
[4] S. Ono et al. (2018) Am. Mineral., 103, 1512-1515.

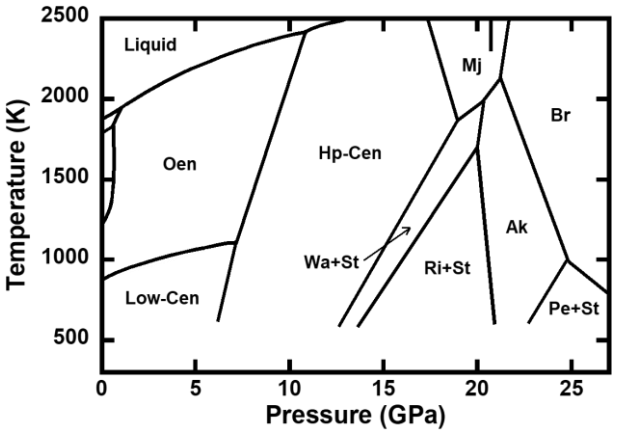


Fig. 1. Revised phase diagram in $MgSiO_3$ [4]. Abbreviations are Low-Cen, low clinoenstatite; Oen, orthoenstatite; Hp-Cen, high-pressure-clinoenstatite; Wa, wadsleyite; St, stishovite; Mj, majorite; Ri, ringwoodite; Ak, akimotoite; Br, bridgmanite; Pe, periclase.

Keywords: $MgSiO_3$, Phase diagram, High pressure
*Corresponding author: sono@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

マントルオリビンの非平衡相転移によるせん断不安定化と超塑性：遷移層スラブの多結晶組織進化とレオロジー

久保友明*, 本田陸人, 後藤祐太, 今村公裕(九大理), 宮原正明(広大理), 肥後祐司(JASRI), 鈴木昭夫(東北大理)

Shear instability and superplasticity induced by the metastable transformation in mantle olivine: Implications for microstructural evolution and rheology of MTZ slab

T. Kubo, R. Honda, Y. Goto, M. Imamura (Kyushu Univ.), M. Miyahara (Hiroshima Univ.), Y. Higo (JASRI), A. Suzuki (Tohoku Univ.)

1. はじめに

沈み込む海洋プレートはマントル遷移層から下部マントルに至る過程でその強度を失い非地震性化する。そのレオロジー変化は、海溝型逆断層地震の挙動や海溝後退など浅部テクトニクスにも影響を与える。これら遷移層スラブでの軟化や深発地震は、古くからオリビンの相転移が誘起していると提案されてきたが、直接的な実験研究はほとんど行われてこなかった。我々はPF-ARおよび九大に設置したD-111型高圧変形装置による実験を中心に、放射光その場観察、AE測定、SEM/TEM観察等からその実証を目指してきた。また岩石レオロジーは多結晶組織に大きく依存するが、主要鉱物の相転移では多結晶組織がリセットされるので、そのカイネティクスに基づく組織進化もあわせて検討している。本発表では、最近の変形相転移実験の結果を報告しつつ、相転移や粒成長カイネティクスも考慮して、遷移層スラブがオリビンースピネル、ポストスピネル相転移をへて下部マントルに沈み込んでいく際の多結晶組織進化とレオロジーを検討する。

2. オリビンースピネル相転移のNPL形成によるせん断不安定化と超塑性

冷たいスラブ中心に存在する準安定オリビンは、大過剰圧下の変形場で成長律速の相転移を起こす。それを再現した圧力20GPa、温度600-1250℃での一軸圧縮変形実験では、オリビン粒内に母相の結晶方位に依存した単結晶リングウッダイト(Rw)のトポタクティックラメラ(STL)、および母相とインコヒーレントで主応力軸に依存した方向をもつナノ多結晶Rwラメラ(NPL)の２種類のラメラが形成された。このうちNPLは、低温では局所的な超塑性変形により試料のせん断不安定化を誘起し、より高温では二次的な核生成-成長の場となり効率的にバルク試料の超塑性変形を促進させることがわかった。STLとNPLは衝撃変成隕石でも観察されるが、特にNPLが遷移層スラブの深発地震発生とその後のプレート軟化に重要な役割を果たしていると考えられる。

3. ２段階ポストスピネル相転移と共析コロニーの粒状化による超塑性

その後のポストスピネル相転移は、低温ではRw => アキモトアイト(Ak)＋ペリクレイス(Pc) => ブリッジマナイト(Brg)+Pcの２段階で進行する。それぞれのカイネティクスをその場観察して定量化した結果、スラブ条件ではこの反応がともに核生成律速で進行し、特に後者の反応では細かいラメラ構造を呈しつつもより粗粒で単結晶的なBrg+Pc共析コロニーが形成されることがわかった。過去のアナログ実験では共析コロニーの転位クリープ変形が起こり軟化しない可能性も指摘されていたが、マントル組成Rwを用いて22-28GPa, 800-1400℃で系統的なポストスピネル変形相転移実験を行ったところ、変形により共析コロニーの粒状化が速やかに進行し、Brgの超塑性による軟化が起こることが示された。より高温で相転移するとPcの強度が支配する超塑性を示す傾向があり、そこでは動的粒成長によるPcの連結が効果的に起こっている可能性がある。

4. 下部マントルスラブの多相粒成長と超塑性変形

超塑性変形する下部マントルスラブでは多相の混合が効率的に起こることが予想される。ポストスピネル相にメージャライトガーネットやデイブマオアイトを加えたパイロライト組成３相および４相の粒成長カイネティクス実験を行い、その結果をZenerの関係に基づいて考察すると、下部マントルスラブの粒径は転位クリープと拡散クリープの境界条件付近となることが予想された。つまり下部マントルスラブは超塑性変形しながらも変形の激しい領域では転位クリープによる流動や選択配向が起こり得る。

このように準安定オリビンを母相とする一連の非平衡相転移と変形の相互作用プロセスを遷移層条件下で直接的に検討した結果、オリビンースピネル相転移の低温初期段階でせん断不安定化を示すが、その後は速やかに超塑性変形へと移行し、それはポストスピネル共析反応を経ても持続されることが明らかになった。上下マントル境界を通過する遷移層スラブの相転移断層形成と超塑性といった特徴的な変形挙動には非平衡相転移が重要な役割を果たしている。一方で、ここに水が加われば多結晶組織進化は一変するであろう。今後は遷移層スラブの脱水脆性化と加水軟化プロセスについて検討していく。

Keywords: olivine-spinel transformation, post-spinel transformation, deformation, synchrotron radiation
*corresponding author: kubotomo@geo.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

相平衡の定義に基づいた高温高圧相転移境界の新しい決定法

石井貴之（HPSTAR）, Artem Chanyshev（BGI）, 桂智男（BGI）

A new approach to determine high pressure-temperature phase boundary strictly based on the definition of phase equilibrium

Takayuki Ishii* (HPSTAR), Artem Chanyshev (BGI), Tomoo Katsura (BGI)

クラペイロンの式は、相転移圧力の温度依存性を表す熱力学的な式である。マントル岩石を構成する鉱物のクラペイロン勾配は、マントルダイナミクスを理解する上で必要不可欠な熱力学的パラメーターの一つである。勾配が正の場合は、マントル対流を促進し、勾配が負の場合は妨げる。

マントル主要構成鉱物のクラペイロン勾配（例えばオリビン高圧多形のリングウッダイトのブリッジマナイト＋ペリクレースへの分解反応、ポストスピネル転移）は、マルチアンビルプレスにより決定されてきた。特に放射光 X 線を用いたその場観察法は、クラペイロン勾配を決定する最も信頼性の高い手法である。この手法で決定された勾配を用いて、マントル構造やダイナミクスが精密に議論されてきた。しかし、先行研究で決定されたクラペイロン勾配値にはばらつきがある。その主な原因として、以下の二つが挙げられる。（１）加熱中の圧力変化。高温高圧実験において、試料は、最初に室温で目的圧力まで加圧される。この際試料には、機械的圧縮により偏差応力が生じる。この応力は、加熱により緩和されるが、これにより試料の圧力は大きく減少する。また、温度保持中には、高圧セルを構成する物質の熱的軟化や試料の焼結・相転移が起こり、試料圧力が減少する。一方で、熱圧力の効果により試料の圧力は上昇する。試料圧力は、任意時間中の圧力変化の平均であるため、このような複雑な圧力変化は、試料圧力におおきな誤差を生じさせる。（２）遅い相転移反応。多くのマントル主要構成鉱物は、深さと共に再構成型相転移を起こす。この相転移は、比較的低温では必ずしも起こすらず、相転移の閾温度以上で反応が始まる。その為、目標温度に達する前に相転移が始まり、相転移温度に誤差を生じる。また、一度再結晶化すると、試料中の欠陥密度が大幅に減少し、反応性が著しく低下するため、目標温度に達する前に結晶化した相は、目標温度に達した後も準安定に残る可能性があり、相安定性の判断に影響を与える。

これらの問題を解決する為、最近我々は、マルチアンビルプレスと放射光 X 線を組み合わせた新しい相境界決定法を開発した。この手法のエッセンスは、温度・プレス荷重一定下かつ低圧相と高圧相の共存下で、各相の X 線回折強度の変化を観測することである。これにより、加熱中の相転移の複雑な圧力変化や速度論的問題を排除し、正確かつ精度の高いクラペイロン勾配を決定することが可能である。本発表ではポストスピネル転移境界決定を具体例として紹介する。

Keywords: Phase transition, phase equilibrium, Clapeyron slope, phase transition kinetics, post-spinel transition

***Corresponding author: Takayuki.ishii@hpstar.ac.cn**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

非晶質化カイネティクスに基づく隕石中のブリッジマナイトの残存メカニズムの解明

西真之*(阪大院理)、金子晃大(愛媛大 GRC)、扇谷碩(愛媛大 GRC)、
出倉春彦(愛媛大 GRC)、柿澤翔(JASRI)、河口彰吾(JASRI)、小林慎太郎(JASRI)、
境家達弘(阪大院理)、近藤忠(阪大院理)

Survival of bridgmanite in shocked meteorites due to amorphization-induced stress

M. Nishi*(Osaka Univ. Sci.), A. Kaneko (Ehime Univ. GRC), H. Ohgidani (Ehime Univ. GRC), H. Dekura (Ehime Univ. GRC), S. Kakizawa (JASRI), S. Kawaguchi (JASRI), S. Kobayashi (JASRI), T. Sakaiya (Osaka Univ. Sci.), Tadashi Kondo (Osaka Univ. Sci.)

Bridgmanite, the most abundant mineral in the Earth's lower mantle, can be found in meteorites that experienced high shock pressure during parent body impact. However, the presence of bridgmanite in meteorites is unusual because bridgmanite grains should be amorphized under post-shock temperatures at ambient pressure. Here, we report the results of time-resolved synchrotron X-ray diffraction measurements at high temperatures to analyze the amorphization mechanisms and kinetics of bridgmanite. At higher temperatures, our results show that the significant volume expansion due to the amorphization induces static stress that can reach up to ~0.5 GPa, which prevents the progress of the amorphization. This time-insensitive amorphization kinetics may have enabled the preservation of bridgmanite in the shocked meteorite that fell on Earth.

はじめに

天体の衝突イベントは瞬間的な高温高圧状態を引き起こす。そのため、隕石を構成する鉱物として高圧下で熱力学的に安定な鉱物(高圧鉱物)が見つかる。高圧鉱物の一つであるブリッジマナイト(Brg)は近年隕石中でその存在が認められた。この発見は，隕石の母天体が経験した瞬間的な圧力が Brg の熱力学的安定圧域である 23 万気圧以上に達したことを示唆しており、天体衝突現象の規模を制約するうえで重要な知見を与える。しかし，このような高い圧力状態は数秒のオーダーで解消されるため，Brg が隕石の残留鉱物として残ることは容易ではない。実際、衝突時に生成された高圧鉱物は脱圧直後の温度(残留温度)の影響により非晶質化が進行することが知られており、それが隕石中の Brg の存在形態にも反映されている。そこで本研究では，Brg が非晶質化する速度とその温度依存性を定量的に決定し、非晶質化カイネティクスに基づく隕石中の Brg の残存メカニズムを解明するとともに，天体衝突前後の温度圧力履歴を推定するための新しい指標の構築を目的とした。

実験

出発物質である Brg の多結晶体はマルチアンビル型高圧装置(Orange 3000、愛媛大学)を用いて合成した。非晶質化実験は SPring-8 の BL02B2 で行った。窒素ガス高温吹付装置を用いて温度を制御しつつ、1 秒から 10 秒間隔の X 線回折データを連続的に取得した。

結果

X 線回折ピークの積分強度から、非晶質化割合の変化を計算した(Fig. 1)。温度上昇に伴う格子体積の変化率(熱膨張率)は、非晶質化が起こる 400 K 前後で著しく減少した。これは、非晶質化に伴い Brg 粒子に最大 0.5 GPa 程度の圧力(応力)が発生したことに起因すると考えられる。また、非晶質化割合の時間変化から、発生した圧力が非晶質化の進行を妨げることも見出した。

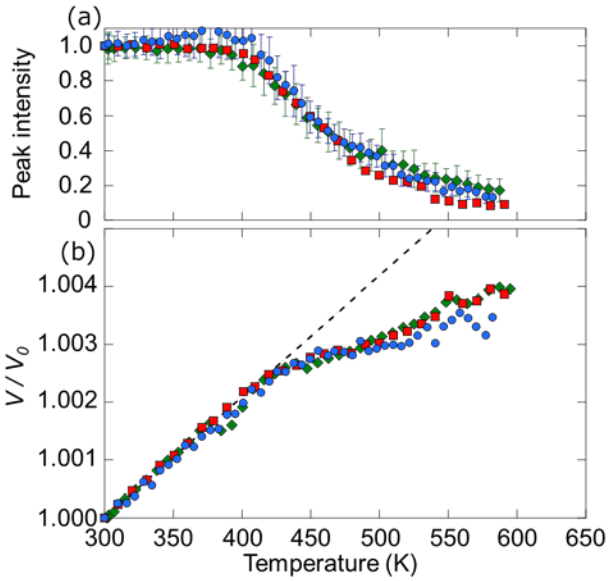


Fig. 1 (a) Bridgmanite peak intensities as a function of the temperature. (b) Relative volume (V/V_0) as a function of the temperature. The dashed line shows the thermal expansion extrapolated from the data bellow 400 K assuming a linear correlation.

*Corresponding author: nishimasa@ess.sci.osaka-u.ac.jp

Hydrogen and aluminum depletion in bridgmanite coexisting with high-pressure hydrous phases and its geodynamical implications

Eiji Ohtani* (Dept. Earth Sci. Tohoku Univ.) and Takayuki Ishii (HPSTAR)

Discoveries of hydrous minerals in diamond such as such as phase Egg and phase δ [1, 2] suggest that water is transported into the mantle transition zone and lower mantle. We studied the phase relations of MgO-Al_2O_3-H_2O system under the uppermost lower-mantle conditions and we clarified the partitioning of aluminum and hydrogen between bridgmanite and hydrous minerals such as hydrous phase δ-H solid solution and aluminous hydrous phase D. Bridgmanite coexists with hydrous D and phase δ-H at 25-28 GPa and temperature up to 1100 °C. Hydrous phase D becomes unstable and bridgmaite coexists only with hydrous phase δ-H above this temperature, while hydrous phase δ-H dehydrates up to 1400 °C in this pressure range. Aluminum is strongly partitioned to both aluminous phase D and phase δ-H resulting in alumina depletion in bridgmanite under the wet conditions. Fourier transform infrared spectroscopy indicates that bridgmanite contains undetectable water when it coexists with these hydrous phases, showing strong hydrogen partitioning into hydrous phases, such as phases D and δ-H. This strong partitioning of hydrogen in hydrous phases is consistent with the strong water partitioning into superhydrous phase B and depletion of hydrogen in bridgmanite [3]. Depletion of alumina in bridgmanite changes the phase relations in hydrated slabs, i.e., the pressures of the garnet-bridgmanite which could originate the seismic reflectors at the top of the lower mantle [4]. The post-perovskite transformation boundaries decrease under the wet conditions coexisting with these hydrous phases [5]. The shift of the phase boundary can explain also the depth of the D" layer which is shallower than the dry post-perovskite boundary in peridotite [6]. The dry nature of bridgmanite coexisting with hydrous phases suggests that bridgmanite cannot be the water reservoir at least in the upper part of the lower mantle and can result in a dry rheology of the wet lower mantle.

References

[1] Wirth et al. (2007), Earth Planet. Sci. Lett. 259, 384–99
[2] Kaminsky FV. (2017), *The Earth's Lower Mantle: Composition and Structure*. Cham, Switz.: Springer
[3] Borfan-Casanova et al. (2003), Geophys. Res. Lett. 30, 1905.
[4] Niu F, Kawakatsu H, Fukao Y. (2003). *J. Geophys. Res.* 108:2419
[5] Yuan et al. (2019), Earth Planet. Sci. Lett. 524, 115714.
[6] Grocholski et al. (2012). Proc. Nat. Acad. Sci.109, 2275–2279.

Key words: bridgmanite, hydrous phase δ, hydrous phase D, phase relation, lower mantle

*Corresponding author: eohtani@tohoku.ac.jp

Oral presentation

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

Chairperson:Takaaki Kawazoe(Hiroshima Univ.), Masayuki Nishi(Osaka Univ.)
Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM B253 (Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F)
[Chairperson]
Takaaki Kawazoe: R3-01 - R3-06
Masayuki Nishi: R3-07 - R3-12

10:30 AM - 10:45 AM

[2Lecture-201-12-7add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

カルシウムフェライト型 $MgAl_2O_4$ の熱膨張率の決定

糀谷浩*、郷内芽衣、稲熊宜之（学習院大理）、赤荻正樹（東大院理）

Determination of thermal expansivity of calcium ferrite-type $MgAl_2O_4$

Hiroshi Kojitani*, Mei Gonai, Yoshiyuki Inaguma (Gakushuin Univ.), Masaki Akaogi (Univ. of Tokyo)

下部マントル条件下において玄武岩の高圧相の一つにカルシウムフェライト型結晶構造を持つ相が出現する。カルシウムフェライト型 $MgAl_2O_4$（以降 $MgAl_2O_4$ CF と表す）は、そのカルシウムフェライト相の主要端成分の一つである。地球深部におけるカルシウムフェライト相の熱力学安定性を評価するためには、$MgAl_2O_4$ CF の信頼性の高い熱力学パラメータを決める必要がある。約 26 GPa を超える圧力で安定となるため、一度に高圧合成できる試料量が非常に限られており、熱膨張率や定圧熱容量などの物性は、まだ実測されていなかった。そこで、本研究では、複数回の高圧合成によって得られた $MgAl_2O_4$ CF について高温下で粉末 X 線回折（XRD）測定を行い、熱膨張率を決定した。

川井型マルチアンビル高圧発生装置を用いて出発物質の $MgAl_2O_4$ スピネルを 28 GPa、1800℃で 1 時間保持後、急冷回収することにより高圧合成した。5 回の高圧合成実験により、合計約 7 mg の高温 XRD 測定用の $MgAl_2O_4$ CF を準備した。高温 XRD 測定は、1 気圧下での加熱でも結晶構造が壊れない 673 K 以下で行った。昇温過程と降温過程の両方について、303 K および 323～673 K 間の 50 K 置きの温度で X 線回折プロファイルを取得した。内部標準には Si を用いた。

体積の熱膨張率 α が温度 T の 1 次関数（$\alpha = a+bT$）であるとし、$\ln(V/V_0) = a(T-303)+0.5\times b(T^2-303^2)$ の式を格子体積 V と温度 T のデータに最小二乗フィットすることにより、熱膨張係数は $a = 2.46(13)\times10^{-5}$ (1/K), $b = 1.2(3)\times10^{-8}$ ($1/K^2$) と決定された。ここで、V_0 は 303 K での格子体積である。図 1 に本研究で得られた α を示す。状態方程式のフィッティングにより求められた Sueda et al. (2009)の α と比較すると、本研究の方が温度依存性は小さい。また、Kojitani et al. (2013)により分光学的情報とグリューナイゼンの関係式を用いて推定された α は、約 400 K 以上の温度において本研究によるものと概ね一致しており、α の推定方法が妥当であったことを示唆する。

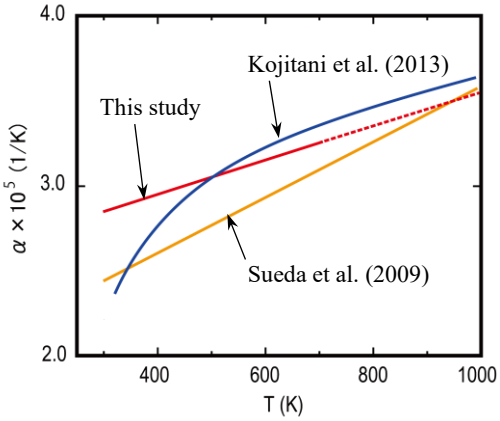


図 1. カルシウムフェライト型 $MgAl_2O_4$ の熱膨張率の比較.

引用文献

Kojitani et al. (2013), Am. Mineral., 98, 197-206.

Sueda et al. (2009), Phys. Earth Planet. Inter., 174, 78-85.

Keywords: calcium ferrite, $MgAl_2O_4$, thermal expansivity, high-temperature X-ray diffraction measurement

Corresponding author: hiroshi.kojitani@gakushuin.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ウォズリアイトの熔融温度に及ぼす高酸素分圧の影響

山口和貴*、川添貴章、井上徹（広島大・院先進理工）、境毅（愛媛大・地球深部）

Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite

Kazutaka Yamaguchi*, Takaaki Kawazoe, Toru Inoue (Advanced Science and Engineering, Hiroshima Univ.)
Takeshi Sakai (Geodynamics Research Center, Ehime Univ.)

1. はじめに

地球のマントル遷移層上部の約 60%はカンラン石の高圧相であるウォズリアイトで構成されている。マントル遷移層には海洋プレートの沈み込みにより水や 3 価の鉄イオンが供給されている。3 価の鉄イオンが加わった MgO-FeO-Fe_2O_3-SiO_2 系は MgO-FeO-SiO_2 系と比較して下部マントルの融点を下げることが分かっている (Sinmyo et al., 2019)。しかし、マントル遷移層上部のウォズリアイトの熔融温度に及ぼす 3 価の鉄イオン、すなわち高酸素分圧の影響はこれまでに研究されていない。そこで本研究では、川井型マルチアンビル装置を用いてマントル遷移層上部のウォズリアイトの熔融温度に及ぼす高酸素分圧の影響を明らかにするための実験を行った。

2. 実験方法

出発物質にはサンカルロス産カンラン石の粉末を用いた。出発物質は酸素分圧バッファーとともに Au カプセルに封入した。高温高圧実験は、広島大学設置の川井型マルチアンビル装置 MAPLE600 を用いて行った。実験は 16.6 GPa で 1300℃と 1500℃の条件でそれぞれ 2 回行った。これらの温度圧力条件を 10 分から 30 分保持し急冷した。酸素分圧は Re-ReO_2 バッファーと Mo-MoO_2 バッファーを用いて制御した。

回収試料は、鏡面研磨後、反射顕微鏡および電子プローブマイクロアナライザーを用いて観察し、化
学組成を分析した。回収試料の相同定には、顕微ラマン分光法を用いた。

ウォズリアイトの含水量測定は FTIR を用いて行った。

Keywords: Wadsleyite, Ferric iron, Oxygen fugacity
*Corresponding author: m213373@hiroshima-u.ac.jp

3. 結果および考察

1500℃で Re-ReO_2 バッファーを用いた高酸素分圧の条件で急冷結晶が観察された。一方、Mo-MoO_2 を用いた低酸素分圧の条件では急冷結晶は観察されなかった。（図 1）

$(Mg_{0.9}, Fe_{0.1})_2SiO_4$ 組成のウォズリアイトは低酸素分圧下において 2300℃で熔融する（Ohtani et al., 1998）。よって本実験の結果に基づくとウォズリアイトの熔融温度は高酸素分圧の影響により低下すると言える。

ウォズリアイトの含水量は 0.4wt%であった。（図 2）ウォズリアイトに 0.4wt%の水が含まれると、本実験の圧力条件では熔融温度が 200℃下がる（Litasov and Ohtani 2003）。よって、含水の効果では本研究の結果を説明することはできないので高酸素分圧の影響で融点が低下したと言える。

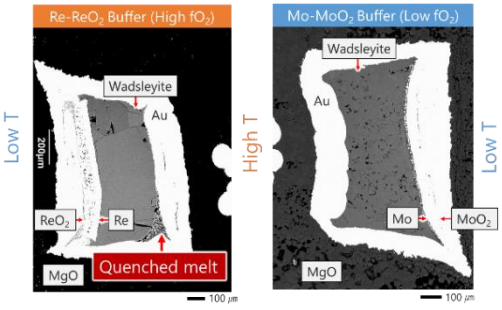


図 1　14.6 GPa、1500℃の反射電子像

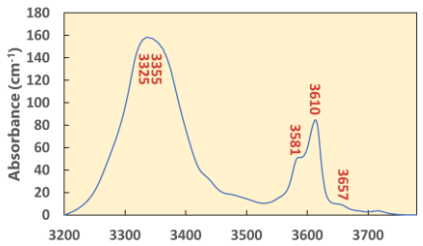


図 2　14.6 GPa、1400℃の FTIR スペクトル

Si の固溶が hcp 鉄の水素化による体積膨張へ与える効果の探索

森悠一郎*(東大院理), 鍵裕之 (東大院理), 青木勝敏 (東大院理), 柿澤翔 (JASRI),
佐野亜沙美 (日本原子力研究開発機構 J–PARC センター), 舟越賢一 (CROSS)

Investigation of the effect of Si dissolution on the volume expansion by hydrogenation of hcp-Fe

Yuichiro Mori* (UTokyo), Hiroyuki Kagi (UTokyo), Katsutohi Aoki (UTokyo), Sho Kakizawa (JASRI), Asami Sano-Furukawa (J-PARC Center, JAEA), Ken-ichi Funakoshi (CROSS)

地球核は主に鉄からなる合金であるが、地震波から推定される地球核の密度は、純鉄から予測される値と比較して、有意に小さい(e.g., Dziewonski and Anderson, 1981)。この密度欠損は、軽元素が核へ固溶しているためだとされているが、詳細は明らかになっていない。水素は軽元素の有力な候補の一つで、鉄の格子間に固溶して鉄合金の単位胞を膨張させ、その密度を大幅に低下させる。ここで、水素原子 1 個あたりの体積膨張を示す水素誘起体積膨張係数(Δv_{H})に着目する。Δv_{H}は以下の式で定義される。

$$\Delta v_{\mathrm{H}} = \frac{V_{\mathrm{MH}_x} - V_{\mathrm{M}}}{\mathrm{Z}x} \quad \cdots(1),$$

V_{MH_x}は水素化物の単位胞体積、V_{M}は水素を含まない系での単位胞体積、Zは単位胞の中に存在しているホストの原子の数、xは固溶した水素量である。これまで、高温高圧下での中性子回折によって固溶した水素の位置や量が直接的に決定されてきた。しかし、これらの実験のほとんどは、純鉄の水素化物に限られ、他の軽元素が存在することによって鉄の水素化にどの様な影響を及ぼすかはわかっていない。我々は水素に加えて、ケイ素に着目して hcp 構造を持った Fe-H-Si 三成分系を対象として、高温高圧中性子回折・X 線回折実験を行った。

出発試料として bcc-$Fe_{0.95}Si_{0.05}$ 合金を用いた。先ず、H を含まない hcp-$Fe_{0.95}Si_{0.05}$ の *P–V–T* 測定を、SPring-8 BL04B1 で行った。hcp 相安定領域まで加圧したのちに、試料を加熱した。降温過程で 100 K 毎に hcp-$Fe_{0.95}Si_{0.05}$ の単位胞体積を測定し、そこから再度加圧をして以上の工程を繰り返した。得られた *P–V–T* 関係から、状態方程式を作成し、(1)式右辺の V_{M} を得る。

一方、水素量の決定のための高温高圧下中性子回折実験は J-PARC BL11(PLANET)でおこなった。試料の重水素化のため、加熱によって非可逆的に水素を放出するアンモニアボランをサンプルの上下に入れた。15-16 GPa 付近まで加圧したのちに、昇温して試料を重水素化した。重水素化による体積膨張がおさまったところで、長時間の中性子回折測定を行った。得られた回折プロファイルのリートベルト解析から重水素のサイト占有率を求めた。重水素のサイト占有率は、原子変位パラメータ(Atomic Displacement Parameter)に影響されるため、慎重な解析が必要なことがわかってきた。

本発表では、中性子回折の結果と hcp-$Fe_{0.95}Si_{0.05}$ の *P-V-T* 関係を比較することで Si を含んだ hcp-Fe 水素化物の水素誘起体積膨張係数を算出し、純鉄の水素誘起体積膨張係数との比較をおこなう。

Keywords: High Pressure Experiments, The Earth's core, Hydrogenation, Light elements

*Corresponding author: mory@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Sound velocity of hcp-iron to the inner core pressure, and light elements in the inner core

Daijo Ikuta* (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.), Eiji Ohtani (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.),
Hiroshi Fukui (RIKEN / JASRI), Takeshi Sakai, (GRC, Ehime Univ.),
Daisuke Ishikawa (RIKEN / JASRI), Alfred Q. R. Baron (RIKEN / JASRI)

The Earth's inner core is considered to be iron alloys with some light elements. To elucidate the property of the inner core, many lab-based high-pressure experiments toward the inner core conditions had been conducted with using diamond anvil cells. However, there are still many difficulties in stable pressure generation and in-situ observations under the pressure conditions.

In this study, we have conducted sound velocity measurements of hcp-iron with inelastic x-ray scattering (IXS) method to the Earth's inner core pressure by using a newly designed diamond anvil "stepped bevel" type for extreme pressure generations, and the Soller screen system (ref. 1) for reducing noises. The experiments were succeeded to obtained reasonable IXS peaks from hcp-iron (though it is quite close to the IXS peaks from diamond). The experimental density of hcp-iron reached up to 13.87 g/cm^3, the maximum pressure is about 310-330 GPa, and we succeeded to derive sound velocity of hcp-iron at the Earth's inner core pressures. The relation between density and sound velocity shows a linear relation known as Birch's law even under such extreme pressure conditions. The pure hcp-iron has 4(±2)% higher v_p and 36(±17)% higher v_s at the center of the core, compared to those of the PREM inner core. Combining present results with previous sound velocity measurements (e.g., refs. 2-3), we re-evaluated the pressure and temperature dependence of sound velocity for hcp-iron and its alloys, and estimated that the inner core containing 3(±1) wt% silicon and 3(±2) wt% sulfur is the best estimate to explain the compressional and shear wave velocities of the PREM inner core.

References:

[1] Baron et al. *AIP Conf. Proc.* **2054**, 020002 (2019).
[2] Sakamaki et al. *Sci. Adv.* **2**, e1500802 (2016).
[3] Sakairi et al. *Am. Min.* **103**, 85-90 (2018).

Keywords: sound velocity, iron, inner core, high pressure, inelastic x-ray scattering

***Corresponding author:** dikuta@tohoku.ac.jp

高温高圧条件下での FeS の水素化挙動

高野将大*、鍵裕之、森悠一郎 (東大・院理)、柿澤翔 (JASRI)

Behavior of hydrogenation of FeS at HPHT condition

Masahiro Takano*, Hiroyuki Kagi, Yuichiro Mori (UTokyo), Sho Kakizawa (JASRI)

地球核には H, N, O, C, Si, S などの軽元素による密度欠損が存在すると考えられているが、その存在比は十分に制約されていない。H は高温高圧条件で親鉄性を示し、S は始原的隕石に多く含まれるため、共に核の重要な軽元素候補である。FeS には低圧側に高スピン相、高圧側に低スピン相があり、Urakawa et al. (2004)は低スピン相の状態方程式を求めた。これに基づき、Shibazaki et al. (2011)では水素源に $LiAlH_4$ を用い、FeS IV 相と FeS V 相の水素化による体積膨張を高温高圧下での X 線回折測定で観察した。一方、Iizuka-Oku et al. (2021) は Fe, S, SiO_2, $Mg(OD)_2$ の混合物を用いて中性子回折実験を行い、6.7 GPa 、1000 K で Fe の水素化は確認されたが FeS V 相は水素化が確認されず、水素源の違いにより FeS の水素化挙動が異なる可能性が示された。本研究では中性子回折実験で使用されているアンモニアボランを水素源とし、FeS の低スピン相の水素化の挙動を高温高圧下における X 線その場観察実験で観察した。

KEK PF-AR NE7 に設置されている高圧発生装置 MAX-Ⅲに DIA 型ガイドブロックを組み込み、2 段目アンビルに超硬アンビル(TEL = 4mm)を用いた MA6-8 方式で高温高圧実験を行った。図 1 に高圧セル構成を示す。出発試料は FeS(troilite)、試料容器は NaCl、ヒーターは TiB_2+BN を用いた。温度は WRe_3-WRe_{25} 熱電対を用いて測定し、圧力はカプセル外に設置した NaCl に対して Matsui et al. (2012) の状態方程式を用いて求めた。Run-1 では水素源としてアンモニアボランを用いて NaCl 水素化実験を行い、Run-2 では水素源を用いずに実験を行った。0-17 GPa 、300-1400 K の条件で X 線回折パターンを測定した。

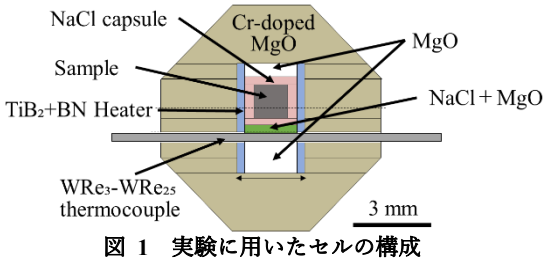


図 1　実験に用いたセルの構成

Run -1 では 15 GPa 、900 K で FeS Ⅳ相の単位胞体積が時間と共に増加する様子が観察された(図 2)。無水素の FeS Ⅳ相の単位胞体積(Urakawa et al., 2004 及び本研究の Run-2)との比較より、この体積膨張はアンモニアボランから放出された水素による FeS Ⅳ相の水素化だと推測される。今回の実験では荷重一定で昇温・降温を行ったが、水素源の有無に関わらず 15-17 GPa、500-600 K の間で FeS Ⅲ相と FeS Ⅳ相の相境界が観察されており、Urakawa et al. (2004)よりもⅢ相-Ⅳ相の相転移境界が高温側に位置している可能性がある。

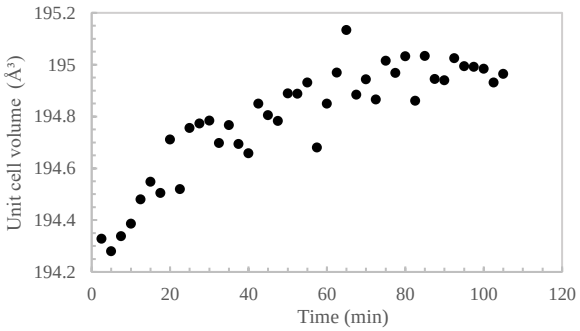


図 2　15-16 GPa、900 K での FeS Ⅳ相の単位胞体積の時間変化

今回の実験では、加圧前から FeS と共に Fe の回折線が観測されたため、出発試料をペレット化する際に Fe が混入した可能性が高い。期せずして Fe-FeS 共存系での水素化を観察したことになるが、出発試料から計算される水素の仕込み量と比較して FeS Ⅳ相に入った水素の量ははるかに少なく、Shibazaki et al. (2011)と比較して 1/10 以下であった。放出された水素の一部は Fe に入った可能性がある。今後は回収試料の SEM 観察を行い Fe の存在量を見積もり、Fe-FeS 間での水素分配を見る予定である。

Keywords: FeS, hydrogenation, high pressure X-ray diffraction, earth's core
***Corresponding author: kowakowayu-ko17@g.ecc.u-tokyo.ac.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$Mn_{3-x}Fe_xO_4$ 固溶体の磁性と電気伝導度の温度と圧力変化

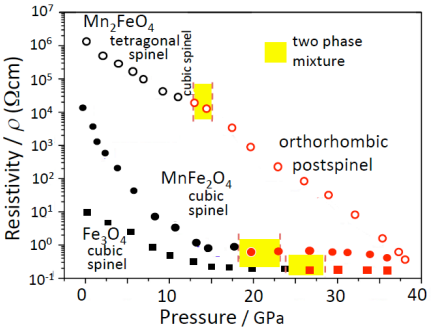
山中高光*[1,2]　Saqib Rahman[1]，服部高典[3]、小松一生[4]、平尾直久[5]、Ho-kwang Mao[1]
[1]中国高圧科学技術研究中心、[2]阪大 理、[3]JPARC 原研、[4]東大 理 地殻化学、[5]JASRI SPring-8

Pressure dependence of magnetic properties and electrical resistivity of $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution

Takamitsu Yamanaka[1,2], Saqib Rahman[1], Takanori Hattori[3], Kazuki Komatsu[4], Naohisa, Hirao[5] and Ho-kwang Mao[1]

Neutron diffraction experiments have allowed precise analysis of the $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ structure by virtue of the significant difference in coherent scattering lengths between Mn (–3.73 fm) and Fe (9.54 fm). An $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ spinel solid solution transforms into an orthorhombic postspinel phase. X-ray Mössbauer experiments reveal the distribution of Fe^{2+} and Fe^{3+} at the tetrahedral and octahedral sites in the spinel structure. $MnFe_2O_4$ and Mn_2FeO_4 are ferrimagnetic under ambient conditions. The high-pressure postspinel polymorph is paramagnetic. Electrical conductivity shows metallization in postspinel from semiconductor under extreme conditions.

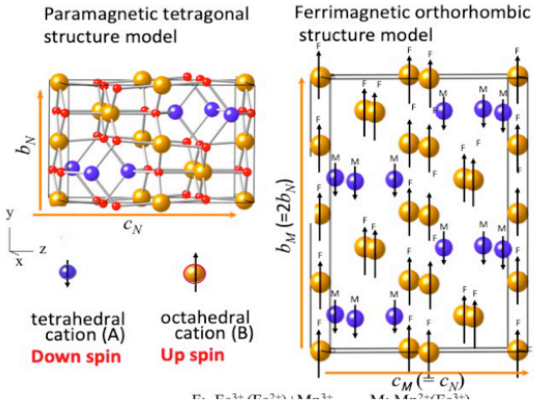
地球磁場の反転の研究のためFeイオンを含む酸化物スピネルの陽イオン分布の高圧下での研究が重要である。多くは遷移金属イオンを固溶するが，X 線原子散乱因子が極似している。$Mn_{3-x}Fe_xO_4$ 固溶体の構造解析で，X 線散乱因子は Fe(26)，Mn(25)であるが，中性子散乱振幅は Mn(-3.73 fm)と Fe (9.54 fm)で散乱能が著しく異なり，中性子回折構造研究や磁気散乱観測に非常に有意義である。JPARC PLANET で，1200℃で 40GPa 高圧までの実験を行なった。磁性と電気伝導度の圧力変化測定のために、^{57}Fe isotope をドープした $MnFe_2O_4$ と Mn_2FeO_4 スピネル試料を合成し，SPring-8 BL-10XU での高圧下での X 線 Mössbauer 実験をおこなった。スピネル固溶体は全領域で高圧相のポストスピネルに転移する。Fe^{2+}と Fe^{3+}分布を解明し、内部磁場（微細構造）の測定をした。スピネルの相はフェリ磁性で、ポストスピネル相は常磁性に転移する。



電気伝導度の圧力変化

またスピネルの電気伝導度の温度と圧力変化を測定した。スピネル相は半導体で電気伝導は六配位位置の電子の超交換ホッピングによって行われる。Fe^{2+} と Fe^{3+} の電荷移動を示し、従って $MnFe_2O_4$ が Mn_2FeO_4 に比して高い導電性を示す。

ポストスピネル相は加圧により半導体から金属転移することが証明出来た。また DFT と DFMT 計算を用いて Mn_2FeO_4 ポストスピネルの 26.8 GPa の電子状態が金属化している事を確認した.



$MnFe_2O_4$,スピネルのパラ磁気構造とフェリ磁気構造

$MnFe_2O_4$,スピネルのパラ磁気構造とフェリ磁気構造

Keyword: $Fe_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution, neutron diffraction, magnetic transition, electrical conduction, high-pressure physical property

Corresponding author: t.yamanaka@cap.ocn.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation | S1/R6 Joint session: Earth materials science related to igneous processes/Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B351 Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F

S1/R6 Joint session: Earth materials science related to igneous processes/Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Chairperson: Atsushi Kamei(Shimane Univ.), Tatsuhiko Kawamoto(Shizuoka Univ.), Morihisa Hamada(JAMSTEC), Masao Banno(Yamagata Univ.)

[Chairperson]
Masao Ban: S1R6-01 - S1R6-03
Tatsuhiko Kawamoto: S1R6-04 - S1R6-06
Morihisa Hamada: S1R6-08 - S1R6-10
Atsushi Kamei: S1R6-11 - S1R6-13

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[S1R6-01] Relations between Kyushu and the other places from a view point of age of Cretaceous granitoids.

*Yukiyasu Tsutsumi[1], Kenichiro Tani[1] (1. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[S1R6-02] Magmatic processes and geochemical characteristics of Tsubashiki diorite complex, Sanyo belt, Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture

*Masaaki Owada[1], Satoko Matsumoto[2], Atsushi Kamei[3] (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Kikukawa J-high sch., 3. Shimane Univ. Sci.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[S1R6-03] Provenance study of obsidian from Oki-Dogo and Northern Kyushu, SW Japan

*Atsushi Kamei[1], Naoko Iioka[2], Yoshimitsu Suda[3], Kanta Naito[4] (1. Shimane Univ., 2. Nihon Chiken Co.,Ltd, 3. Nagasaki Univ., 4. Chiba Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[S1R6-04] Crystallization experiments of supercooled rhyolitic melt

*Tamotsu Sugawara[1], Shumpei Yoshimura[1] (1. Hokkaido Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[S1R6-05] Evolution of magma plumbing system beneath a submarine caldera after the Akahoya eruption at Kikai volcano

*Morihisa Hamada[1], Takeshi Hanyu[1], Iona M. McIntosh[1], Maria Luisa G. Tejada[1], Qing Chang[1], Takashi Miyazaki[1], Kenta Ueki[1], Bogdan S. Vaglarov[1], Tomoki Sato[1], Jun-Ichi Kimura[1], Satoru Tanaka[1], Katsuya Kaneko[2], Koji Kiyosugi[2], Reina Nakaoka[2], Kimihiro Nishimura[2] (1. JAMSTEC, 2. Kobe Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[S1R6-06] Structural state of plagioclase within volcanic ash erupted from Sakurajima volcano during December 2020 to June 2021

*Tomoaki Matsui[1], Tsuyoshi Tateyama[1] (1. Kagoshima Univ. Educ.)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2Lecture-301-12-7add] Break time

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[S1R6-07] Determination of chemical composition of andesite endmember magmas produced by magma mixing

*Ikuo Okada[1], Tomoyuki Shibata[1], Masako Yoshikawa[1], Hidemi Ishibashi[2], Takeshi Sugimoto[3], Yasutaka Hayasaka[1] (1. Hiroshima Univ. , 2. Shizuoka Univ., 3. Geothermal Engineering Co., Ltd.)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[S1R6-08] Geochemical features of crustal xenoliths in dacite of Hime-shima volcanic group, Oita Prefecture, Southwest Japan, and their relationship to Quaternary magma evolution processes.

*Takehiro Hirayama[1], Tomoyuki Shibata[1], Masako Yoshikawa[1], Yasutaka Hayasaka[1], KAUSHIK DAS[1], Keiji Takemura[2] (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. Kyoto Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[S1R6-09] Reactivation processes of shallow magma reservoir in latest magmatic eruption, Azuma volcano

*Masao Ban[1], Shun Kanno[1], Motohiro Sato[1], Takumi Imura[1] (1. Yamagata University)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[S1R6-10] Estimation of emplacement depth of granitoid pluton using melt inclusions in zircon: An example of the Miuchi pluton, Ehime Prefecture

[Presentation award entry]

*Yuka Taniwaki[1], Kazuya Shimooka[1], Satoshi Saito[1] (1. Ehime Univ. Sci.)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[S1R6-11] Mineral and whole-rock chemical composition of felsic rocks distribute on Kajishima, Ehime Prefecture, Southwest Japan.

[Presentation award entry]

*Kazuya Shimooka[1], Yasuhiro Ogita[2], Satoshi Saito[1] (1. Ehime Univ., 2. JAEA)

12:00 PM - 12:15 PM JST | 3:00 AM - 3:15 AM UTC

[S1R6-12] Natural and numerical considerations of water budget of the caldera-forming magmas in Naruko volcano, Northeast Japan

[Presentation award entry]

*Alexey Kotov[1], Satoshi Okumura[1], Kenji Shimizu[2], Isoji Miyagi[3], Masaoki Uno[1], Noriyshi Tsuchiya[1] (1. Tohoku Uni, 2. Jamstec, 3. AIST)

白亜紀花崗岩類の年代から見る九州と他地域との関係

堤　之恭・谷　健一郎（国立科博）

Relations between Kyushu and the other places from a view point of age of Cretaceous granitoids.

Yukiyasu TSUTSUMI* and Kenichiro TANI (Natl. Mus. Nat. Sci.)

New 81 data of zircon U-Pb age were obtained from Cretaceous granitoids in Kyushu, southwest Japan over the past 3 years. The data clarify that the ages of Cretaceous granitoids in Kyusyu become older toward both of continental and oceanic sides, from central part of northern Kyushu. Ages of Cretaceous granitoids become younger toward continental side in Chugoku-Shikoku region, southwest Japan, whereas become older toward continental side in Korean Peninsula. Considering paleogeography before Japan Sea opening, these were "fragments" of the aging tendency toward continental side and oceanic side, and the tendency of Kyushu is considered to be the "edge" of the age distribution which has both of them.

九州の白亜紀花崗岩類の年代はRb-Sr全岩年代を中心に議論されてきた．近年ジルコンU-Pb年代が普及し，その報告も増えているが（たとえばMiyazaki et al., 2019），その露出面積に比して十分なデータ量とは言い難い状況であった．そこで，我々は昨年度まで3年間に渡り九州の白亜紀花崗岩類の試料を収集し，計81試料についてジルコンU-Pb年代測定を行い，順次発表してきた（Tsutsumi, 2021; 2022; 堤・谷, 2021a; 2021b, 2022）．その結果について考察する．

花崗岩類の年代は，中部九州では，南端の肥後帯で一部113 Maの貫入岩が存在するが109～108 Maに集中し，北部では106 Maに集中するが，北端の草野花崗岩は98 Maを示した．北部九州では，南部で100～95 Ma，中部では92 Maまで若くなるが，ここから一転，北部では112～108 Maと，再び古くなる．つまり九州の白亜紀花崗岩は，南（海洋側）から北（大陸側）に向かって単調に若くなるのではなく，北部九州中部を中心として大陸側と海洋側双方に向かって古くなるという年代傾向を持つ．中国・四国地方の白亜紀ー古第三紀花崗岩類は大陸側に向かって若くなる傾向を持つ（Iida et al., 2015）が，これは領家ー山陽帯が九州まで連続するならば，北部九州中部以南に限定されることを示す．一方，朝鮮半島の白亜紀花崗岩類の年代は，黄海沿岸～北朝鮮にかけて119 Ma～106 Ma，南東方向に向かうにつれて97～87 Ma，85～82 Maとなり，半島南東端にあたる慶尚盆地の花崗岩類は76～70 Maを示し，大陸側に向かって古くなる年代傾向を持つ（Kim et al., 2016）．

日本海形成以前の古地理を考慮すると，朝鮮半島および中国・四国地方は，大陸側および海洋側に向かって古くなる年代傾向それぞれの「断片」であり，九州はその両方を併せ持つ「端」と考えられる（図）．しかしながら，現世に露出する白亜紀花崗岩類の年代傾向のみでの議論は，造構論的見地からは矛盾も多い．これらの矛盾を解消するためには，さらなる地質学的観測事実の蓄積が必要となるであろう．

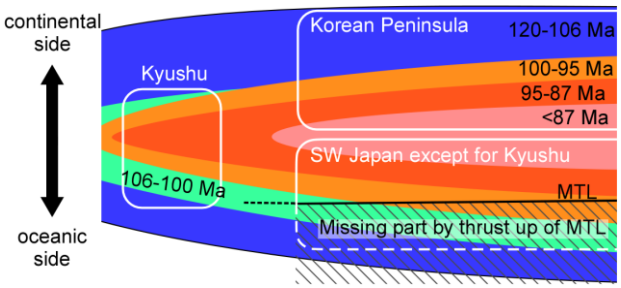


Figure. Schematic age distribution map of Cretaceous granitoids before Japan Sea formation.

Iida et al. (2015) *Island Arc* **24**, 205-220.; Kim et al. (2016) *Lithos* **262**, 88-106.; Miyazaki et al. (2019) *International Geology Review* **61**. 649-674.; Tsutsumi (2021) *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. C* **47**, 13-23.; Tsutsumi (2022) *Island Arc* **31**, e12446.; 堤・谷 (2021a) *地質学会大会*, T4-O-2. 堤・谷 (2021b) *鉱物科学会年会*, S3-01.; 堤・谷 (2022) *地質学会大会*.

Keywords: zircon, age distribution, Cretaceous, Kyushu, Korean Peninsula

*Corresponding author: ytsutsu@kahaku.go.jp

山口県下関市北西部，山陽帯津波敷閃緑岩のマグマ過程と組成的特徴

大和田正明*（山口大・院創成），松本理子（下関市立菊川中学校），亀井淳志（島根大・院環境理工）

Magmatic processes and geochemical characteristics of Tsubashiki diorite complex, Sanyo belt, Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture

Owada, M.* (Yamaguchi Univ.), Matsumoto, S. (Kikukawa Junior high school), Kamei, A. (Shimane Univ.)

The Tsubashiki diorite complex is situated in the Sanyo belt, Yamaguchi Prefecture, southwest Japan. The complex consists mainly of the diorite, quartz diorite, and tonalite, in terms of mineral assemblage and modal compositions. The whole-rock compositions make monotonous trends in variation diagrams, and their Sr–Nd isotopic compositions corrected to 90 Ma deduced from biotite K–Ar dating are homogeneous with the values similar to the bulk earth. The mass balance calculation and Rayleigh fractionation model indicate that the geochemical variations of diorite complex were caused by fractional crystallization from a single parental magma. The Tsubashiki diorite complex geochemically shares the previously activated north Kyushu batholiths rather than the plutonic rocks from the Sanyo belt. It is inferred that the petrogenetic processes partly take over the features from the north Kyushu magmatic activity.

山口県下関市北東に位置する津波敷には，閃緑岩体が分布する。この岩体は津波敷閃緑岩体と呼ばれ，山陽帯に属する。岩体は，閃緑岩から石英閃緑岩そしてトーナル岩まで岩相変化に富むことで特徴づけられる。Yamamoto et al. (2000) は，閃緑岩の岩相変化を含水条件下における少量の苦鉄質鉱物の分別結晶作用で説明したが，全岩主成分元素の変化傾向が示されたのみで，鉱物化学組成を加えた定量的な検討は行われていない。そこで本研究は鉱物化学組成を含め，津波敷閃緑岩の形成過程を定量的に評価した。また，記載的特徴，黒雲母 K–Ar 年代および同位体組成の特徴から岩体の位置付けを検討した。

津波敷閃緑岩は下関市北部，津波敷海岸の南北約 1 km にわたり連続して露出し，前期白亜系脇野亜層群を貫く。閃緑岩体は場所によって粒度が変化し，全体に不均質である。しかし，異なる岩相間に貫入関係は認められない。ここでは構成鉱物種とその量比によって，閃緑岩，石英閃緑岩およびトーナル岩に区分する。閃緑岩は分布域の北部に，石英閃緑岩とトーナル岩は南部に露出する。閃緑岩は等粒状組織を示し，主に角閃石と斜長石を含み，しばしば両輝石を伴う。石英閃緑岩は輝石を欠き，黒雲母と石英を含む。トーナル岩は有色鉱物として主に黒雲母を含み色指数は 15 未満で，まれにカリ長石を伴う。全ての岩相に磁鉄鉱とチタン鉄鉱が含まれる。石英閃緑岩から分離した黒雲母の K–Ar 年代は 90 ±2 Ma を示す。ハーカー図では，一連のトレンドを示し，分化した岩石でも K_2O が 3 wt%を超えることはない。εSrI-εNdI 図（90 Ma で補正）は，また閃緑岩体内で同位体組成に違いはなく，bulk earth 付近にプロットされる。そこで，組成変化の原因を閉鎖系での分別結晶作用と考え，マスバランス計算とレイリー分別モデルで検証した。その結果，両輝石，ホルンブレンドおよび斜長石を分別することで，親マグマの閃緑岩 (SiO_2 =53 w%)からもっとも分化したトーナル岩 (SiO_2 =67 wt%)を形成できることが明らかとなった。

津波敷閃緑岩体は，比較的低い K_2O 含有量（3 wt%未満)で，90 Ma の黒雲母 K–Ar を示すこと，不透明鉱物として磁鉄鉱を含むこと，そして bulk earth に近い Sr–Nd 同位体組成を示すことから，山陽帯より北部九州の火成岩類と共通する特徴を持つ。西南日本の火成活動は 110–95 Ma に中北部九州と西中国で活発化した後，数千万年間の不活発期を経て，再び中国地方全域を含む広範囲で活発化する。津波敷閃緑岩体は，2 回目のパルスに活動した岩体であり，かつ最初のステージで活動した北部九州バソリスの特徴を有している。このことは，活発期と不活発期を繰り返すマグマ活動が先行したマグマの性質を一部引き継ぐ形で起こっていたことを示唆する。

Key words: Sanyo belt, Magmatic processes, Magmaic activity, Tsubashiki diorite complex
*Corresponding author: owada@yamaguchi-u.ac.jp

隠岐島後および北部九州の黒曜石の原産地推定研究

亀井淳志*（島根大），飯岡尚子（日本地研），隅田祥光（長崎大），内藤貫太（千葉大）

Provenance study of obsidian from Oki-Dogo and Northern Kyushu, SW Japan

Kamei, A.* (Shimane Univ.), Iioka, N. (Nihon Chiken Co.,Ltd), Suda, Y. (Nagasaki Univ.), Naito K (Chiba Univ.)

The provenance study of obsidian is to estimate the geologic origin of obsidian artifacts excavated from archeological sites. The chemical composition of obsidian is used as one of critical tools that can help trace possible exchange and trade routes by linking artifacts found on sites with their geological sources.

This study has investigated geochemical methods for estimating the obsidian sources of Oki-Dogo and Northern Kyushu. The number of sources examined is a total of 28. First, the Nb and Ti contents of the obsidians are pretty effective in dividing the Oki/Iki origins from the Northern Kyushu origins. The next, Si, Ti, Fe, Mn, Nb, Rb, Sr, Y, and Zr are particularly valuable in classifying the Oki and Iki obsidians. In contrast, Si, Ti, Fe, Mn, Ba, Rb, Sr, and Zr have high functionality in discriminating the Northern Kyushu obsidians. New discrimination diagrams using these elements have been established, making the obsidian artifacts provenance of Oki-Dogo and Northern Kyushu understandable. In addition, we also examined a method for determining the origin of obsidians by clustering technique. This method is able to promptly refine the origins using multiple elements. However, the technique was also shown that the origins of some obsidians could not be narrowed down. The unclear can be resolved by using together the discrimination diagrams described above. The combination of the clustering and the discrimination diagrams seems to be most effective for the rapid and accurate estimation of the obsidian provenance.

原産地推定研究とは，遺跡から出土した石器等のもととなった原石の地質学的産出地を推定する研究である．黒曜石は石器等に用いられる代表的な岩石であり，もとは火山噴出物である．均質なガラス質物質のため元素組成が安定しており，化学分析値による原産地推定が比較的に容易である．黒曜石製の遺物の原産地を精度よく推定することは，先史時代の人々の移動や取引などの社会活動を解明する上で重要な情報となる．本研究では島根県隠岐島後および北部九州に得られる黒曜石を化学分析し，これらの原産地推定に資する地球化学的な解析手法を検討した．

研究地域における黒曜石の産出は，隠岐島後の中新世～鮮新世に噴出した久見流紋岩・加茂流紋岩・西郷流紋岩，長崎県壱岐島の中新世～鮮新世に噴出した江角流紋岩・久喜流紋岩・坪/初瀬流紋岩，そして九州北西部に噴出した鮮新世～更新世の亀浦流紋岩・椎葉川流紋岩・有田流紋岩類などに認められる．さらに，これらに関連した時代未詳の堆積層や段丘堆積物の中の礫としても知られる．

北部九州の黒曜石の化学組成による原産地研究は長岡ほか（2003）に網羅的な報告がある．また隠岐と壱岐に関しては隅田ほか（2016，2018）や Suda et al.（2021）に詳細かつ総括的な報告がある．本研究ではこれらに記載された原産地に加え，幾つかの遺跡調査等も含めて 76 の黒曜石試料を得て波長分散型蛍光X線分析装置による全岩化学分析を実施した．判別法の研究には既存研究の報告データも加えて 200 試料を扱った．原産地の数は全部で 28 カ所である．

まず初めの判別では，アルカリ岩と非アルカリ岩で特徴的に異なる Nb と Ti を用いた区別が効果的であった．これにより，隠岐産・壱岐産の黒曜石と，北部九州産の黒曜石とを明瞭に区分できた．次に，隠岐産・壱岐産の黒曜石では Si, Ti, Fe, Mn, Nb, Rb, Sr, Y, Zr が各地の原産地推定に有効であり，北部九州産では Si, Ti, Fe, Mn, Ba, Rb, Sr, Zr が有効であることが認められた．そこで，これらを用いた黒曜石原産地の判別図を作成した．

一方，黒曜石の化学組成を利用した原産地推定には，しばしばクラスター分析も利用される．本研究においても標準化ユークリッド距離を用いたウォード法でのデンドログラム解析を実施した．この手法では，多元素を用いた黒曜石の原産地推定が簡便・迅速に可能であることが示された．ただし，幾つかの原産地には判別困難も認められた．以上の結果より，クラスター分析と判別図分析とを組み合わせた方法が迅速かつ正確な原産地推定に最適と判断された．

Key words: Obsidian, Geochemistry, Provenance Study, Oki-Dogo, Northern Kyushu

*Corresponding author: kamei-a@riko.shimane-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

過冷却条件における流紋岩質メルトの結晶化実験

菅原維・吉村俊平（北海道大学）

Crystallization experiments of supercooled rhyolitic melt

Tamotsu Sugawara*, Shumpei Yoshimura (Hokkaido University)

We conducted crystallization experiments of rhyolitic melt under subsolidus conditions. Results showed that various types of crystals were formed in the sample. A cristobalite layer was formed on the sample surface and a spherulite layer developed inward on the cristobalite layer. Spherulites also formed in the interior of the sample. Vesicularity of the melt increased with time as a result of secondary boiling driven by spherulite formation.

はじめに：珪長質溶岩の内部には結晶度や発泡度が様々に異なる層構造が発達する。また、珪長質溶岩は定置の際に突如爆発を起こしプレー型火砕流を発生させることがある。層構造の形成と爆発は密接に関係している可能性があり、過冷却液体の結晶作用およびそれに起因するメルトの二次沸騰やガス過剰圧の蓄積が支配過程であると考えられている(Fink and Manley, 1987)。しかし、結晶化や二次沸騰がどのような速度で起こり、どのように過剰圧を蓄えるかは定量的に理解されていない。そこで本研究では、溶岩流内部を模擬した過冷却条件で流紋岩質メルトの結晶化実験を行い、結晶化と二次沸騰の起こり方を調べた。

実験手法：実験は石英ガラスチューブ法で行った。流紋岩質ガラス（静岡県カワゴ平溶岩）の角柱と水を石英ガラス管に真空封入し、800–900℃、6–216 h の条件で実験を行った。このとき石英管の内圧が約 100 気圧になるよう封入する水の量を調節した。

結果：実験産物には結晶と気泡が形成されていた。試料表面にはクリストバル石のみの層、その内側に球顆が横一列に連なった層が形成され、どちらも加熱時間とともに厚さを増していった。一方、試料の内部のメルト内にも球顆が形成され、体積分率は時間とともに増加した。すべての球顆は斜長石とシリカ鉱物の集合体（単結晶のサイズは幅 200–500 nm，長さ 1–5 μm）で構成されていた。試料内部には気泡も形成され、気泡体積分率は時間とともに増加した。また、ガラス含水量は 24 h より長い実験では 1 wt%（100 気圧での平衡溶解度）に維持されていた。気泡体積分率は、球顆の形成によりメルトが二次沸騰すると仮定したときに期待される値にほぼ一致した。

考察：本実験では次のことが起きたと考えられる。まず、出発物質の表面から H_2O が拡散で溶解しメルトはまもなく H_2O に飽和した。同時に、試料表面ではクリストバル石の層が形成された。そのすぐ内側では球顆が形成され、層を作った。また、これとは別に試料内部にはメルト中に球顆が形成された。これらの結晶作用が進行することでメルトが二次沸騰を起こし、気泡を形成した。なぜ試料表面にクリストバル石が形成されたのか、なぜその内側に球顆の層が形成されたのか、については現在調査中である。

Keywords: crystallization, cristobalite, spherulite, secondary boiling

*Corresponding author: tamotsu0819@eis.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鬼界海底カルデラにおけるアカホヤ噴火以降のマグマ供給系進化

浜田 盛久*，羽生 毅，Iona McIntosh, Maria Luisa G. Tejada，常 青，宮崎 隆，上木賢太, Bogdan S. Vaglarov, 佐藤 智紀，木村 純一，田中 聡（海洋研究開発機構），金子克哉，清杉 孝司，中岡 礼奈，西村 公宏，島 伸和，鈴木 桂子，巽 好幸（神戸大学）

Evolution of magma plumbing system beneath a submarine caldera after the Akahoya eruption at Kikai volcano

Morihisa Hamada*, Takeshi Hanyu, Iona McIntosh, Maria Luisa G. Tejada, Qing Chang, Takashi Miyazaki, Kenta Ueki, Bogdan S. Vaglarov, Tomoki Sato, Jun-Ichi Kimura, Satoru Tanaka (JAMSTEC), Katsuya Kaneko, Koji Kiyosugi, Reina Nakaoka, Kimihioro Nishimura, Nobukazu Seama, Keiko Suzuki-Kamata, Yoshiyuki Tatsumi (Kobe University)

Kikai submarine caldera in SW Japan has undergone many eruptions, including catastrophic caldera-forming eruptions. It exhibits a double-caldera structure and consists of a giant rhyolitic lava dome (~32 km^3) and satellite volcanic cones. We have conducted research cruises to Kikai caldera to unveil its history of eruptions and to monitor its current volcanic activities. We will report analytical results of volcanic rocks dredged from Kikai submarine caldera and satellite volcanic cones, estimate *P-T* conditions of magmas, and discuss evolution of the magma plumbing system.

研究目的

鬼界海底カルデラは，7300 年前の巨大噴火であるアカホヤ噴火をはじめとして，大小様々な規模の噴火を活発に繰り返してきた海域火山である。鬼界海底カルデラは二重のカルデラ壁，約 32 km^3 の体積を持つ巨大なカルデラ内溶岩ドーム，および火口丘から成る．火山活動の履歴やマグマの活動状況について明らかにするため，海洋研究開発機構と神戸大学は共同で調査航海を実施してきた．本発表では，カルデラ内の溶岩ドーム及び火口丘から採取した試料の岩石学的研究の成果を報告する．

試料と分析手法

カルデラ内溶岩ドーム及び火口丘の合計 14 地点から岩石試料をドレッジにて採取した．試料中の斑晶鉱物は斜長石，単斜輝石，直方輝石，磁鉄鉱，イルメナイトであり，副成分鉱物としてリン灰石が晶出している．斑晶鉱物のモードは 25 vol.%以下である．発泡度は試料毎に異なるが 10~40 vol.%である。それぞれの試料の全岩化学組成を蛍光 X 線分析装置（XRF）を用いて分析した．また，各斑晶鉱物とガラスの組成を電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて局所分析した．

分析結果と議論

溶岩ドーム及び西側の火口丘から採取してきた試料は，全岩の SiO_2 含有量が 68~71 wt.%の流紋岩であり，鬼界カルデラにおける「硫黄岳後期」（2200 年前以降）の流紋岩質噴出物と同じ化学的特徴を示す．一方，東側の火口丘から採取してきた試料は，同様に流紋岩ではあるが，「硫黄岳前期」（5200 年前から 3900 年前）と「硫黄岳後期」（2200 年前以降）の噴出物の化学的特徴を示すものの合計 2 種類が含まれている．東側の火口丘は，より古い山体であると考えられる．

試料をドレッジで採取した地点に関わらず，斜長石のコア部分は An_{50}~An_{70}（組成累帯構造あり），リム部分は An_{45}~An_{50} である．斜長石コアとメルト包有物の元素分配から，メルトの含水量は 1~6 重量%と見積もられる．このことは，深度 1~8 km（圧力 20~200 MPa）における複数のマグマ溜まりにおいて，水に飽和した流紋岩質メルトの結晶分化作用が進行したことを示唆する．単斜輝石の組成は $En_{42\text{-}45}Wo_{40\text{-}44}$，直方輝石の組成は $En_{65\text{-}67}Wo_3$ であり，1 気圧の圧力を仮定して Lindsley (1983)の輝石温度計に適用すると，750~1000 ℃（平均 880 ℃）という温度が見積もられる．磁鉄鉱の組成は $Mt_{70\text{-}73}Usp_{27\text{-}30}$，イルメナイトの組成は $Hm_{20\text{-}30}Ilm_{70\text{-}80}$ であり，Fe-Ti 酸化物地質温度計・酸素分圧計 (Andersen and Lindsley, 1988; Andersen *et al.*, 1991) を適用すると，810~900 ℃という温度が見積もられ，輝石温度計による見積もりと誤差の範囲で一致する．酸素雰囲気は Ni-NiO バッファーに相当し，島弧マグマとしては典型的な酸素雰囲気である．

本発表では，これらの分析結果に基づき，鬼界海底カルデラにおけるアカホヤ噴火以降のマグマ供給系の進化を議論する．

Keywords: Kikai caldera, Akahoya eruption, post-caldera volcanism
*Corresponding author: mhamada@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

桜島火山から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態（2020 年 12 月～2021 年 6 月）

松井智彰*・立山剛吉（鹿児島大・教育）

Structural state of plagioclase within volcanic ash erupted from Sakurajima volcano during December 2020 to June 2021

Tomoaki Matsui*, Tsuyoshi Tateyama (Kagoshima Univ. Educ.)

Plagioclases in ash from Sakurajima volcano were investigated to monitor the volcanic activity. Samples were collected from Dec 2020 to Jun 2021 at Kurokami Elementary, about 5 km east-northeast of Minami-dake crater of the volcano. Plagioclases in the samples were collected by magnetic and heavy liquid separation, and analyzed by X-ray diffraction to estimate their degree of structural order. Diffraction data suggest that the structural state changed with eruption frequency during this period.

本研究の目的は，桜島から噴出する火山灰に含まれる斜長石の構造状態に基づいて物質科学的に火山活動を監視するための効率的な方法を確立することである。火山灰試料は，桜島南岳山頂火口の東北東約 5 km に位置する鹿児島市立黒神小学校で採取した。採取期間は 2020 年 12 月 17 日から約 6 ヶ月間で合計 6 試料を回収した。水洗・乾燥の後，質量を測定し，ロータップ型フルイ振とう機を使用して 62 μm 未満，62～120 μm，120～250 μm，250～500 μm，500 μm 以上の 5 つにフルイ分けして，粒径が 250～500 μm の試料について砂粒組成分析をおこなった。岩片の割合が高いが，構成比が最も高い鉱物は斜長石であり，質量比の高い 120～250 μm の試料について，磁選の後，重液（ポリタングステン酸ナトリウム水溶液）を用いて比重が大きい鉱物（輝石類等）と小さい鉱物（クリストバライト等）を取り除き，斜長石を単離した。この斜長石試料について，粉末 X 線回折装置（CuKα 線）を用いて 21°≤ 2θ ≤ 33° の範囲で測定し，構造状態を推定するために必要な回折線データを得て，Scheidegger (1973)に従って面指数 (1-11)，(-201)，(131)，(220)，(1-31)に対応する回折線の角度 (2θ) から B (= $2\theta_{(1\text{-}11)} - 2\theta_{(\text{-}201)}$) と Γ (= $2\theta_{(131)} + 2\theta_{(220)} - 2\theta_{(1\text{-}31)}$) を求めた。今回の試料採取期間では，2013 年から 2018 年までの一連の調査結果と比べて，B／Γ プロットの分布において秩序度，化学組成ともに狭い範囲に収まっていた。また，噴火回数が多かった 2 月～4 月の期間に，より秩序度が低い構造状態の斜長石を多く含む火山灰が噴出したことも確認され，斜長石の構造状態が火山活動を監視する物質科学的指標として有効であることが示された。全岩試料では 3 °≤ 2θ ≤ 70° の範囲を測定し，COD（Crystallography Open Database）とのコンピューター照合により火山灰に含まれる主な鉱物を同定した。斜長石の化学組成は EPMA を用いて分析し，組成幅が中性長石から亜灰長石まで（$Ab_{50}An_{50}$~$Ab_{10}An_{90}$）広く確認された。今回分析した斜長石結晶には組成累帯構造が普遍的に見られた。一般的に火山灰には火成活動における様々な段階における生成物が混在していることから，単離した斜長石の回折線であっても様々な化学組成や構造状態をもつ固溶体の回折線ピークが重ね合わさったものであると認識すべきである。火山灰の全岩組成は蛍光 X 線分析装置を用いて主要 10 元素（SiO_2，TiO_2，Al_2O_3，Fe_2O_3，MnO，MgO，CaO，Na_2O，K_2O，P_2O_5）について分析した結果，SiO_2成分の質量は 60（mass%）前後で，全試料で安山岩質であり，採取期間を通して経時変化などは認められず，桜島火山のマグマ供給系に大きな変化はなかったと推定された。今回の調査では，重液分離により斜長石を単離することによって，これまでより精密に構造状態を推定することが可能になった。また，噴火回数が多い期間に噴出した火山灰中の斜長石がより低い秩序度を示す傾向が確認された。今後も火山灰を構成する鉱物の構造状態に関するデータを蓄積し，地球物理学的観測データの経時変化とも照らし合わせることで，火山活動を監視する新たな視点を提供することになると期待される。

Keywords: Sakurajima, volcanic ash, plagioclase, powder X-ray diffraction, structural state

*Corresponding author: matsui@edu.kagoshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation

S1/R6 Joint session: Earth materials science related to igneous processes/Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Chairperson: Atsushi Kamei(Shimane Univ.), Tatsuhiko Kawamoto(Shizuoka Univ.), Morihisa Hamada(JAMSTEC), Masao Banno(Yamagata Univ.)
Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 12:15 PM B351 (Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F)
[Chairperson]
Masao Ban: S1R6-01 - S1R6-03
Tatsuhiko Kawamoto: S1R6-04 - S1R6-06
Morihisa Hamada: S1R6-08 - S1R6-10
Atsushi Kamei: S1R6-11 - S1R6-13

10:30 AM - 10:45 AM

[2Lecture-301-12-7add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

マグマ混合で生成した安山岩の端成分マグマの化学組成決定

岡田郁生，柴田知之，芳川雅子（広島大・院先進理工），石橋秀巳（静岡大・理），
杉本健（地熱エンジニアリング株式会社），早坂康隆（広島大・院先進理工）

Determination of chemical composition of andesite endmember magmas produced by magma mixing

Ikuo Okada*, Tomoyuki Shibata, Masako Yoshikawa (Hiroshima Univ.), Hidemi Ishibashi (Shizuoka Univ.),
Takeshi Sugimoto (Geothermal Engineering Co., Ltd.), Yasutaka Hayasaka (Hiroshima Univ.)

沈み込み帯で卓越する安山岩マグマは，マグマ混合（Sakuyama, 1979）や地殻物質の混染（DePaolo, 1989）の影響を受けている．これらのプロセスは，安山岩マグマを岩石学・地球化学的に非平衡なマグマに変化させる．そのため，玄武岩マグマの成因が玄武岩全岩に対して岩石学・地球化学的に平衡が成り立つことを大前提として詳細に議論されているのに対し，安山岩全岩には平衡を前提とした議論を適用できない場合が多い．そのため，安山岩マグマの成因には未だ不明な点が多い．一方で，斑晶鉱物の化学組成は，安山岩マグマのような全岩では非平衡なマグマ中でも，斑晶とそれらが晶出したメルトとの平衡関係を保持している．近年，高温高圧実験データを多変量解析することで，角閃石の主要元素組成から平衡共存メルトの温度，圧力や主要元素組成，さらには，角閃石‐メルト間の微量元素の分配係数が計算可能となった（e.g., Ridolfi and Renzulli, 2012; Putirka 2016; Zhang et al., 2017; Shimizu et al., 2017; Humphreys et al., 2019）．本研究では，上述した手法を統合し，角閃石と平衡なメルトの温度，圧力，主要元素・微量元素組成を，角閃石一粒毎に系統的に推定することで，安山岩マグマの成因を詳細に解明することを目指して，九州北東部に位置する第四紀由布火山の安山岩に含まれる角閃石の主要元素・微量元素組成を分析した．

我々は，これまでに，由布火山の安山岩中の角閃石と平衡なメルトの温度，圧力，主要元素・微量元素組成を系統的に推定した（岡田ほか 2021, 鉱物科学会）．由布火山の安山岩中の角閃石は，Leake (1968)の分類に基づくと，パーガサイト（Prg; Si = 5.8–6.2 atomic per formula unit (apfu)）とマグネシオホルンブレンド（Mhb; Si = 6.5–7.0 apfu）に分けられる．また，Prg と Mhb との平衡共存メルト（それぞれ以下，melt-Prg と melt-Mhb とする）の温度，圧力，主要元素・微量元素組成の推定結果から，主に以下の二点が明らかになった：(1) 両メルトはそれぞれ，異なる地球化学的特徴を有し，由布火山下に異なる温度・圧力条件で存在する；(2) 由布火山の安山岩マグマが生成していく過程で両メルト同士の混合が起きた．

本発表では，由布火山の安山岩マグマを生成したマグマ混合端成分の化学組成を直接的に推定した方法について報告する．マグマは，鉱物とメルトの混合物である．由布火山の安山岩に含まれる主要な斑晶鉱物のうち，An に富む斜長石，Prg，単斜輝石が苦鉄質マグマ由来，An に乏しい斜長石，Mhb，斜方輝石が珪長質マグマ由来と考えられている（太田ほか, 1990; 太田・青木, 1991）．そこで，SiO_2 量と Y 濃度の関係において，An に富む斜長石，Prg，単斜輝石，melt-Prg の混合関係から苦鉄質マグマの取り得る組成範囲を推定した．同様に，珪長質マグマの取り得る組成範囲も，An に乏しい斜長石，Mhb，斜方輝石，melt-Mhb の混合関係から推定した．この際，斜長石の Y 濃度を，斜長石‐メルト間の Y の分配係数が低い（Bindeman and Davis, 2000; Dohmen and Blundy, 2014; Padilla and Gualda, 2016 and reference therein; Iveson et al., 2018）ことから 0 と仮定した．また，単斜輝石，斜方輝石の Y 濃度は，分配係数（Bédard, 2014 and reference therein; Brophy et al., 2011; Czuppon et al., 2012）と melt-Prg，melt-Mhb の Y 濃度を組み合わせることで推定した．なお，SiO_2 量は太田ほか（1990）の報告値を用いた．一方で，マグマ混合によって生成されたマグマの化学組成は，元素‐元素の関係図上で両端成分の組成を結んだ直線的トレンドを作る．このことに基づいて，推定したマグマの取り得る組成範囲と，由布火山の安山岩全岩の SiO_2 量と Y 濃度の関係を直線近似した線が重なる領域から，苦鉄質端成分マグマと珪長質端成分マグマはそれぞれ，$SiO_2 \approx 45$ wt. %, Y ≈ 10 ppm，および，$SiO_2 \approx 68$ wt. %, Y ≈ 21 ppm であると推定した．また，推定した苦鉄質・珪長質端成分マグマの SiO_2 量を，他元素と SiO_2 の関係の直線近似式に代入することで，他元素の濃度も推定した．本研究は，これまで一意的に決定することが困難であった，マグマ混合端成分を直接的に特定したものであると考えられる．

Keyword: andesite, amphibole, magma mixing, Yufu volcano
Corresponding author: ikuo-okada@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

大分県姫島火山群デイサイト中の地殻物質捕獲岩の地球化学的特徴と姫島火山群第四紀マグマ進化過程との関係

平山剛大（広大・理工），柴田知之（広大・理工），芳川雅子（広大・理工），早坂康隆（広大・理工），DAS KAUSHIK（広大・理工），竹村恵二（京大）

Geochemical features of crustal xenoliths in dacite of Hime-shima volcanic group, Oita Prefecture, Southwest Japan, and their relationship to Quaternary magma evolution processes.

Takehiro HIRAYAMA* (Hiroshima Univ.), Tomoyuki SHIBATA (Hiroshima Univ.), Masako YOSHIKAWA (Hiroshima Univ.), Yasutaka HAYASAKA (Hiroshima Univ.), Kaushik DAS (Hiroshima Univ.) and Keiji TAKEMURA (Kyoto Univ.)

The Hime-shima volcanic group (HVG) is composed of seven volcanoes; Omi, Yahazudake, Kane, Ukisu, Shiroyama, Darumayama, and Inazumi volcanoes. HVG is located offshore of Kunisaki Peninsula, western Seto Inland Sea, Oita Prefecture. Granitic and gabbroic xenoliths have been found within dacitic lavas in the HVG (Itoh et al., 1997). The HVG is located near the boundary between the Ryoke and Sangun belts. Hence, the HVG and crustal xenoliths hold the crucial key to constraining the distribution of Ryoke and Sangun belts in Kyushu. We conducted petrography, major and trace element compositional analyses, and zircon U–Pb geochronological analysis to pinpoint which one of the three belts, i.e., the Akiyoshi belt, the Sangun belt, and the Ryoke belt is located directly under the HVG. This also helps to clarify the geological structure of Kyushu, which is covered by volcanic eruptions and is in an uncertain state. We found metamorphic, volcanic, and sedimentary xenoliths in addition to plutonic xenoliths from boulders on the coastline near Kane Lava of the HVG. Lithologically, the basaltic andesite and tuffaceous sandstone were quite similar to those of the basement rocks of HVG. The MORB (mid-ocean ridge basalt) normalized trace element pattern of the basaltic andesite is similar to that of the volcanic rocks from the Futago-yama volcano, which are widely distributed in Kunisaki peninsular. Also, the trace element pattern of tuffaceous sandstone for xenolith from HVG is similar in shape to that of volcanic rocks of Futago-yama volcano, although its concentration is low. The geochemical characteristics of gabbro xenoliths showed a strong similarity to those of the Ryoke belt. From the zircon in the gneiss xenolith, the U–Pb age of ca. 111 Ma is obtained. While the U–Pb ages with high Th/U ratios are obtained from 188 Ma and 195 Ma. These results suggested that the xenoliths from HVG were derived from the rocks of the basement made of the Ryoke belt, and hence, the tectonic zone beneath the HVG is supposed to be the Ryoke belt. It can be pointed out that the distribution area of the Ryoke belt may be more to the north in Kyushu, as the Ryoke belt extends directly below the HVG. We will also discuss whether these crustal xenoliths have influenced the magma evolution process of the HVG.

Keywords: xenolith, volcano, trace element, magma evolution process

*Corresponding author: takehiro-hirayama@hiroshima-u.ac.jp

東北日本、吾妻山の最新マグマ噴火ユニットをもたらした浅部マグマの活性化過程

伴雅雄・菅野舜・佐藤初洋・井村匠（山形大）

Reactivation processes of shallow magma reservoir in latest magmatic eruption, Azuma volcano

Masao Ban*・Shun Kanno・Motohiro Sato・Takumi Imura (Yamagata Univ.)

Petrologic study of the latest magmatic unit in Azuma volcano was performed to reveal reactivation processes of the shallow mushy magma. The mushy body acquired repeated injections of mafic magmas from depth and partly remobilized. The mobilized part was mixed with the mafic magma to form intermediate magmas. The mobilized and intermediate parts grew over time. When growing front of these reached near the top part of mushy body, these were mixed/mingled and erupted by further injection of mafic magma.

吾妻山は東北日本火山フロントに位置する大型の成層火山である。本研究では吾妻山の最新マグマ噴火ユニット（大穴ユニット）の岩石学的研究を行い、噴出物をもたらした浅部マグマの活性化過程を解明した。大穴ユニットはブルカノ式降下火砕岩からなる。含まれる多数の火山弾は暗灰色と明灰色タイプに分類される。両者共かんらん石直方輝石単斜輝石安山岩で、全岩 SiO_2量は前者は 58-59.5%、後者は 60-63%である。SiO_2組成変化図上では全ての噴出物は直線上にプロットされる。

斑晶は組織・組成に多様性がある。輝石斑晶は、コア組成が低 Mg で外縁部に~80μm の高 Mg 帯を持つものと持たないもの、および高 Mg 単斜輝石のコアにパッチ状に高 Mg 直方輝石と低 Mg 単斜輝石を含むものが認められる。かんらん石斑晶は正累帯タイプと逆累帯タイプのものが認められる。正累帯のものはコアが Fo_{84} 程度で外縁部が Fo_{82} 程度、逆累帯のものはその逆の組成を示す。Fo_{84} 程度の部分にクロムスピネルを包有している。斜長石斑晶は、波動累帯構造にパッチ状構造が重複したコアを持つもの、蜂の巣状構造を示すコアを持つもの、均質なコアを持つものが存在する。波動累帯構造-パッチ状構造タイプの低 An、高 An 部、蜂の巣状タイプの核部、均質タイプの核部の組成は各々An_{55-65}、An_{70-90}、An_{70-90}、An_{80-90} 程度である。

全岩組成の組成変化図上での直線的変化及び斑晶組織・組成の多様性は主に 2 端成分マグマの混合によって説明できる。その混合によって、組成幅を持つ中間マグマが形成されたと考えられる。端成分マグマは浅部に位置するマッシュ状デイサイト、および中～深部でかんらん石とクロムスピネルを結晶化した玄武岩質マグマと推定された。

浅部マグマの活性化は、玄武岩マグマの浅部マッシュ状マグマへの注入に始まり、マッシュ内での流動部の形成とその流動部と玄武岩マグマの混合による中間マグマの形成、流動部と中間マグマのマッシュ上部への成長と続き、さらなる深部マグマの注入により主に上部に位置する流動部と中間マグマの混合/混交が起こり噴火に至ったと推定された。

Keywords: mushy body, remobilization, intermediate magma, mixing-mingling, Azuma volcano

*ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

ジルコンメルト包有物を用いた花崗岩質岩体の定置深度見積もり：中新世御内岩体の例

谷脇　由華、下岡　和也、齊藤　哲(愛媛大)

Estimation of emplacement depth of granitoid pluton using melt inclusions in zircon: An example of the Miuchi pluton, Ehime Prefecture

Yuka Taniwaki*, Kazuya Shimoooka and Satoshi Saito (Ehime Univ.)

はじめに　花崗岩質マグマの定置深度は, 造山帯の構造発達史から個々の花崗岩体のマグマ過程まで, 広い範囲にわたる地質現象の理解に欠かせない基本情報である. 花崗岩体の定置深度を岩石学的に制約する方法として，角閃石 Al 地質圧力計が広く用いられているが, 角閃石を含まない花崗岩類には適用できない問題がある．一方，火山岩類ではガラス包有物の組成分析からメルトの組成を求め, マグマ溜まりの深度が検討されている．したがって，深成岩類についてもメルトの組成を求めることができれば, マグマの定置深度を制約する情報が得られると考えられる. しかしながら，深成岩類にはガラスが含まれないため，直接メルト組成を得ることは困難である. 本研究では, 新たに花崗岩類に普遍的に含まれる鉱物であるジルコンに着目し, そのメルト包有物の組成解析を試みた．さらに，得られたメルト組成から花崗岩体の定置深度の検討をおこなった.

実験試料・実験手法　本研究では，角閃石を含まない黒雲母花崗岩を主体とする中新世御内岩体を対象とした. 御内岩体の野外産状の特徴として, 貫入母岩との境界部近傍に見られる発泡痕や, 変成岩ゼノリス中に含まれる紅柱石が挙げられ, 比較的圧力の低い地殻浅部に貫入した岩体であることが示唆される. メルト包有物の均質化実験はピストンシリンダー型高圧発生装置を用いて行った. まずメルト包有物を十分に均質化させるために 1000℃で 1 時間保持した後, 840℃で 24 時間保持した. 実験後の試料は室温まで急冷させたのち回収し，SEM-EDS で観察・分析を行った.

結果　ジルコンのカソードルミネッセンス像観察より, ジルコンにはコア部とリム部が認められ, メルト包有物はその両者に認められた．EDS 分析から, メルト包有物は SiO_2, Al_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O を含む花崗岩質組成を持ち，SiO_2 含有量（74.6~79.9 wt% SiO_2）はジルコンを抽出した試料の全岩化学組成（71.8 wt% SiO_2）より高い.

考察　ハーカー図において, メルト包有物の組成は岩体の全岩化学組成トレンドの SiO_2 含有量の高いところに位置する．したがって，ジルコンは結晶成長時に鉱物粒間の分化したメルトを包有物として取り込んだものと考えられるが, このことは偏光顕微鏡観察からジルコンが主成分鉱物粒間に認められることと調和的である. また圧力検討のために，メルト包有物組成をノルム Qz-Ab-Or 図に投影した. 多くのメルト包有物はおよそ 180 MPa 以下を示し，低圧を示唆する御内岩体の野外産状と調和的である. 一方で 300 MPa 以上の高い圧力を示すメルト包有物もあり, これらは Qz-Ab-Or 図を用いた圧力見積もりの前提となる石英と長石に飽和したメルトの組成を保持していない可能性が高い．そこで，メルト組成が石英と長石に飽和していたかの自己評価が可能な Rhyolite-MELTS 地質圧力計を用いた圧力検討を行った. その結果, リム部のメルト包有物から 114～80 MPa（N＝4）の圧力が得られ, その平均値と標準偏差から御内岩体の固結圧力として 91±13 MPa（深度 3.5km 程度）を見積もった．このように，ジルコンメルト包有物の組成解析により，花崗岩体の定置深度を制約できる可能性がある.

Keywords: melt inclusion, granite, zircon, emplacement depth
*Corresponding author: ytaniwaki.mi03@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

西南日本愛媛県梶島に分布する珪長質岩の鉱物・全岩化学組成

下岡和也(愛媛大)、小北康弘(JAEA)、齊藤哲(愛媛大)

Mineral and whole-rock chemical composition of felsic rocks distribute on Kajishima, Ehime Prefecture, Southwest Japan.

Kazuya SHIMOOKA*(Ehime Univ.), Yasuhiro OGITA(JAEA), Satoshi SAITO(Ehime Univ.)

1. はじめに　火山弧でのマグマの異常発生期は“フレアアップ”と呼ばれ、近年大陸地殻の成長を解明するための鍵として注目されている。西南日本内帯に分布する珪長質岩類は白亜紀フレアアップイベントで形成され、同位体岩石学研究をはじめとした研究から、その成因として苦鉄質下部地殻の部分溶融が示唆されている(例えば, Nakajima 2004)。しかしながら、そのメカニズムについては未だ明らかになっておらず、化学組成に基づく検討が必要不可欠である。

四阪島梶島は愛媛県北東部に位置し、全島が斑れい岩類により構成され、岩脈状に珪長質岩が分布する。当地域では、斑れい岩類について堀内(1985)による記載岩石学研究や Kagami et al. (1985; 2000)、Okano et al. (2000)による同位体岩石学研究がなされているが、珪長質岩についての研究は極めて少なく、堀内(1985)で僅かに触れられた岩石記載研究に限られる。本研究において、梶島の珪長質岩から新たにポイキリティック組織を見出した。そこで、本発表では、ポイキリティック組織を構成する鉱物について化学組成を明らかにするとともに、珪長質岩について全岩化学組成分析を行い、梶島の珪長質岩の形成過程について議論した。

2.0. 岩石記載　梶島の珪長質岩は野外産状により片状岩相と塊状岩相に大別できる。片状岩相は、異なる斑れい岩相どうしの境界域に岩脈状に産し、岩脈中心部では岩脈の貫入方向と調和的な変形構造を示すが、周縁部では塊状に変化する。モード組成による分類では花崗閃緑岩~花崗岩の組成を示す。鏡下ではカリ長石、斜長石のポーフィロクラストとサブグレイン化した石英・斜長石を観察でき、黒雲母は岩脈の示す変形構造に調和的に配列する。塊状岩相は主に同一の斑れい岩相内部に岩脈状に産し、石英、斜長石、および黒雲母からなり、しばしば他形のカリ長石を含む。モード組成による分類では花崗閃緑岩~花崗岩の組成を示す。

2.1. 塊状岩相内部のポイキリティック組織　ポイキリティック組織は、等粒状組織を呈する塊状岩相中にパッチ状に産し、カリ長石が融食縁を示す斜長石、球状の石英、自形～半自形の黒雲母を包有する。モード組成による分類ではアダメロ岩の組成を示す。球状石英は、CL 像で粒の外形とは非調和な不定形のコアを観察できる。

3. 全岩化学組成　当地域の珪長質岩について、塊状岩相は SiO_2含有量 73.2~75.7 wt%、K_2O 含有量 3.4~5.5 wt%、塊状岩相は SiO_2含有量 72.0~72.9 wt%、K_2O 含有量 0.9~3.0 wt%の組成範囲を示し、ハーカー図上では、岩相ごとに固有の組成トレンドを示す。ジルコン飽和温度計では 770~790℃の結晶化温度が求められた。スパーダー図や REE パターン上では Sr や Eu 異常が見られない。

4. 鉱物化学組成　塊状岩相中の等粒状組織部とポイキリティック組織部に産する黒雲母と斜長石について組成分析を行い、Mg#(100*Mg/(Mg+Fe)モル比)と An#(100*Ca/(Ca+Na+K)モル比)を算出した。

4.1. 黒雲母　等粒状組織部の黒雲母のコアが Mg#26、リムが Mg#27~26 の組成を示す。ポイキリティック組織部の黒雲母のコアは Mg#63 と 26 のバイモーダルな組成を、リムは Mg#26~25 の一定の組成を示す。

4.2. 斜長石　等粒状組織部の斜長石はコアからリムにかけて An#が単調に減少する(An#62~37)。一方で、ポイキリティック組織部の斜長石は、元素マップ図上で粒外形とは非調和なコアが観察でき、コアが An#67~56、マントルからリムにかけて An#45~37 の不連続な組成を示す。

5. 議論　ポイキリティック組織中の石英や斜長石が示す不定形のコア、鉱物組成の不連続、花崗岩質岩の相図上(Whitney 1975)での温度条件推定によると、ポイキリティック組織部の形成は結晶分化作用のみでは説明できない。一方で、鉱物中の不定形のコアや鉱物組成の不連続は組織の形成プロセスに部分溶融の存在を示唆し、花崗閃緑岩質岩の相図上(Whitney 1975)での温度条件推定もこれを支持する。このことから、梶島に分布する珪長質岩は花崗閃緑岩質岩の部分溶融によって生じたことが示唆される。

Keywords：Cretaceous felsic rocks, Kajishima, Southwest Japan, Mineral and whole-rock chemical composition
*Corresponding author：shimooka19961213@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Natural and numerical considerations of water budget of the caldera-forming magmas in Naruko volcano, Northeast Japan.

Alexey Kotov* [1], Satoshi Okumura[2], Kenji Shimizu [3], Isoji Miyagi[4] Masaoki Uno [1], Noriyoshi Tsuchiya[1]
[1.] GSES, Tohoku Univ, [2]. GSS, Tohoku Univ., [3] JAMSTEC, [4] AIST

This study is aimed at establishing the petrological features of the origin of the caldera-forming magmas of the Naruko volcano, as well as estimating the amount of H_2O accumulated in the magma chamber during evolution. Naruko caldera was formed by two eruptions: the Nizaka pyroclastic flow (c. 72 ka) and the Yanagisawa pyroclastic flow (c. 45 ka). The pumice stones of both eruptions are rhyolites (K_2O 1.5-1.8 wt %). Total erupted volume around 12.5 km^3. Phenocrysts in the mineral assemblage are plagioclase, hypersthene, quartz, magnetite, and ilmenite, which are immersed in a glassy groundmass. Low-Al Mg-Hornblend occurs as phenocryst in Yanagisawa tuffs but absent in Nizaka tuff.

Volatile concentration in melt inclusion (MI) and groundmass glasses were measured using SIMS. Volatiles content in MIs from Nizaka phenocrysts of 4.3-5.9 wt % H_2O, CO_2 <18 ppm, Cl 1.1-2.0 wt %, S <30 ppm. Volatiles content in MIs from Yanagisawa phenocrysts of 4.5-5.0 wt % H_2O, CO_2 < 20 ppm, Cl 1.2-1.8 wt %, S <40 ppm. Melts from both eruptions are H_2O- saturated. Using VolitileCalc (Newman and Lowenster, 2002) we estimated minimum saturated pressure for the melts of 1-2 kbars. Using several mineralogical barometers, we estimated pressure of 1.0-3.0 kbars for both eruptions. These estimations correspond to shallow magma chamber conditions (2.5-5.5 km depth), which are consistent with geophysical studies (Okada et al., 2014; Ogawa et al., 2014).

Based on several thermometers, Nizaka magmas has been formed under 790-830 °C and oxygen fugacity of ΔNNO to ΔNNO-0.45. However, a significant heating of magmas to a level of 870°C at the early stages of formation initiated the crystallization of specific mineral assemblage of high-Ca plagioclase and High-Mg orthopyroxene and removed amphibole from its stability field. Thus, amphibole was taken out of its field of stability in early Nizaka magmas due to increasing of temperature. The subsequent drop of temperature didn't lead to the resumption of amphibole crystallization, since melts were depleted of Mg. Crystallization of the Yanagisawa magmas also occurred under the influence of heating of more primitive magmas, which is expressed in the rhythmic zoning of minerals and olivine finds, however, the range of temperature variations is narrow between 800-840 °C, in slightly more oxidized conditions (ΔNNO+0,5), which allowed the amphibole to stabilize in the last stages of magma evolution.

We applied Rhyolite-MELTS (Gualda et al., 2012) to modelling equilibrium batch crystallization of the most primitive known rock on the Naruko volcano. The most primitive composition of the basaltic andesite xenolith (54.7 wt% SiO_2) described in (Ban et al. 2005, sample TR-4) was taken as the starting composition. Modeling shows that the crystallization of 75-80 wt % Naruko basaltic andesites to temperatures of 800-810 °C, at a pressure of 1.5-2.0 kbar, QFM+2 and initial H_2O content of 5.0 wt% H_2O successfully reproduces the composition of the Nizaka magmas with a bulk H_2O content of about 4.9-6.0 wt %. In addition to prove the relationship between primitive magmas and Naruko caldera rhyolites, this modeling also allows us to suggest that the volume of water that is accumulated in melts corresponds to only 20 wt % of all H_2O that was obtained during the generation of rhyolites, however, it is not fixed in the compositions of melts due to limited water solubility in shallow conditions.

Based on petrographic data, melt/mineral volume ratios, MELTS results and H_2O content data, we have attempted to estimate the bulk volume of H_2O accumulated in the Naruko magmas. The total amount of H_2O stored in the chamber (dissolved in the melt) is $1.15*10^9$ tons, but bulk amount of H_2O (dissolved in the melt and separated as fluid during fractional crystallization) is $5.74\text{-}10^9$ tons. Taking that the time difference between two eruptions is 27 ka, we estimated total water input into the Yanagisawa magma chamber during this time relatively to arc length. Such estimates of the accumulation time are preliminary and probably provide the minimum estimates. But mineralogical futures of the Yanagisawa tuffs allow us to suggest that it is newly formed magma during the period between the Nizaka eruption and Yanagisawa eruption (27 ka). Based on the above, the H_2O input into the upper crust is estimated at 4.82 $t/yr/m_{(arc_length)}$ based on only accumulation in melt and 29.1 $t/yr/m_{(arc_length)}$ based on bulk amount of H_2O including separated fluid. Arc length was taken based on assumption that the diameter of the magma chamber equal to the distance between caldera rims (7 km). (Kimura and Nakajima, 2014) estimated the total H_2O flux into the crust in NE Honshu subduction zone is ~13 t/y/m. Regarding this data, we conclude that one caldera-forming magma system can serve as a spot for discharge of the subduction zone by volatiles, i.e., as a place through which more H_2O is realized per unit time than on average accumulates in the island arc.

Keywords: Caldera eruptions, Water content, Water flux, Rhyolite-MELTS
***Corresponding author**: kotov.alexey.s1@dc.tohoku.ac.jp

Poster presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-01] Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

[Presentation award entry]

*Momoka Yamakawa[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1] (1. Nagoya Univ. Env.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-02] Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

*Masanori Kurosawa[1], Akira Tsuneki[2] (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-03] An experimental study of Egyptian faience bead

*Yohei Shirose[1], Daisuke Okumura[1] (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-04] Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

*Yohei Shirose[1], Hayata Taniguchi[1], Satomi Enju[1] (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-05] Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma , Fukushima , Japan

[Presentation award entry]

*Atsushi ISHIHARA[1], Hiroaki Ohfuji[1] (1. Sci. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-06] Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

*Masayuki Ohnishi[1], Shoichi Kobayashi[2], Daisuke Nishio-Hamane[3], Norimasa Shimobayashi[4], Takeshi Hisano[1] (1. Non, 2. Okayama Univ. of Sci., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-07] Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

*Takefumi Niwa[1], Tatsuya Kubozono[2], Seiichiro Uehara[3] (1. Min. Soc. Nagoya, 2. Fukuoka Min. Club, 3. Kyushu Univ. Museum)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-08] Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-09] Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Etsuo Hashimoto, Seiji Harada (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-10] Aluminosugilite, cerchiaraite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Suzuki Yasumitsu, Ohki Yoshiya, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi[2] (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-11] Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

*Daisuke Nishio-Hamane[1], Koichi Momma[2], Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi[3], Tetsuo Minakawa[4], Hanako Okada[4], Hiroyuki Imai (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Nat'l. Mus. Nat. Sci, 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-12] Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

*Norimasa Shimobayashi[1], Masaki Takaya[1], Daisuke Nishio-Hamane[2], Masayuki Ohnishi, Takefumi Niwa[3] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Univ. of Tokyo ISSP, 3. Min. Soc. Nagoya)

岩石薄片に対するプラズマエッチングの削剥効果の検証

山川桃佳*（名古屋大・院環境），
纐纈佑衣（名古屋大・院環境），道林克禎（名古屋大・院環境）

Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

Momoka Yamakawa* (Nagoya Univ. Env.),
Yui Kouketsu (Nagoya Univ. Env.), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ. Env.)

【はじめに】

岩石中に含まれる鉱物は，薄片作成時の物理的研磨によって，結晶構造がゆがんだダメージ層が形成される事例が報告されている（Inoue & Kogure, 2012; Kouketsu et al., 2019）．このような岩石薄片は，表面数十 nm 程度の厚さから情報を得ている SEM(走査型電子顕微鏡)-EBSD(後方散乱電子回折)分析において，正確な鉱物の結晶学的情報を得るために，ダメージ層の除去処理が重要となる．この SEM-EBSD 分析のための前処理として，コロイダルシリカを用いた処理が推奨されており，先行研究において，石英と方解石のコロイダルシリカ処理条件が検証されている（金井ほか, 2015）．

本研究では，コロイダルシリカ処理後の追加的処理として，プラズマエッチングによる削剥効果の検証を行った．プラズマエッチングは工学分野では金属の表面加工等に用いられているが，地球科学分野ではほとんど用いられていない．そのため，プラズマエッチングが岩石薄片にどのような効果を及ぼすかは未検証である．

本研究では，プラズマエッチングの削剥速度を調べるために，(1) 大気プラズマによるエッチングを施したかんらん石の段差計測，(2) 大気及び Ar プラズマによるエッチングを施した Os コーティングの透過率計測を行った．さらに，岩石薄片の表面状態を検証するため，(3) 大気プラズマによるエッチングを行ったかんらん岩薄片の EBSD データを検証した．

【結果・議論】

(1) かんらん石の段差計測

かんらん石を部分的にカバーガラスで覆い，大気を用いたプラズマエッチングを 30 分間行った．境界部分を段差計で計測すると，カバーした部分としていない部分で 100 nm 程度の差が観測され，～3 nm/min の速度で削れていることが分かった．

(2) Os コーティングの透過率計測

厚さ 10 nm の Os コーティングされたスライドガラスに 1 分ずつプラズマエッチングを行い，赤外分光法(FT-IR)を用いた透過率の計測を行った．その結果，大気，Ar プラズマともに～5 nm/min の速度で削れる事が示された．大気と Ar プラズマの削剥速度に顕著な差は見られなかった．

(3) かんらん岩薄片の EBSD データの検証

コロイダルシリカ処理を施したかんらん岩の岩石薄片に大気プラズマエッチングを行い，かんらん石の EBSD 回折パターンの評価を行った．試料表面状態は，EBSD パターンのコントラストを表す Band Contrast (BC)，指数付けの正確さを表す Mean Angular Deviation (MAD)，指数付けの成功率を表すヒット率，結晶方位の集中度を表す *J*-index を用いた．コロイダルシリカ処理 3 時間，プラズマエッチング 40 秒行った場合，指数付けの精度はコロイダルシリカ処理 6 時間と同程度であった．上記の結果から，岩石薄片に対してプラズマエッチング処理を行うことでコロイダルシリカ処理の時間を短縮できる事が明らかになった．

Keywords: Plasma etching, SEM-EBSD, olivine

Corresponding author: momokayamakawa1129@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鉱物粒子の部分融解・分解組織を用いた土器の焼成温度推定

黒澤 正紀*(筑波大・生命環境)・常木 晃(筑波大・人文社会)

Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

M. Kurosawa*(Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba) and A. Tsuneki (Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

Firing temperatures of Neolithic pottery samples from the Tappeh Sang-e Chakhmaq site, northeastern Iran were estimated by SEM–EDS analyses of microscopic partial-melting and decomposition textures of mineral grains and rock fragments in the pottery to evaluate a technical level of the pottery making. Based on melting temperatures of clay minerals, alkali feldspar, augite, it was estimated that almost all of the potteries were fired at about 900–1000°C.

土器は、多様な環境でも良好に保存されるため、人類活動の指標として考古学分野で非常に重視されている。土器は天然材料の加工で作成されるため、天然材料の部分からは鉱物・岩石の物質科学的情報と材料選択・産地の情報が、加工部分からは当時の人々の文化・交流交易・作成技術・高温発生制御技術などの情報が得られる。材料や技術の情報は、鉱物学的手法で得られることが多いため、近年、考古鉱物学(Archaeomineralogy)の一端としてヨーロッパを中心に研究が急速に進展してきた。ここでは、現在検討中の新石器時代のイランの土器の焼成温度を、土器に含まれる鉱物粒子の微細な部分融解・分解の組織を通じて推定する手法について紹介する。

土器の焼成温度は、一般に、野焼きから専用焼成窯の使用など様々な高温発生技術の発展段階と関係しており、特に最高到達温度が重要な指標となる。但し、古代の土器焼成では、高温保持時間が短いこと、熱輸送が輻射と高温ガス流の移送によることなどから、1 つの土器内部でも焼成温度の不均一が大きく、その解析には土器内部の微小部分分析を必要とする。また、反応に要する時間より高温保持時間が短い場合が多いため、比較的短時間で生じる微小な鉱物・岩石の部分融解や熱分解組織の解析が重要となる。

今回研究した試料は、イラン北東部のタペ・サンギ・チャハマック東丘遺跡(6500BC～5500BC頃)の土器で、イランでも最古級の土器とされる。この遺跡は、複数の文化層・住居址が重層する新石器時代の集落遺跡で、中程の文化層には土器焼成窯も確認されている。出土した土器の薄片観察および SEM-EDS・粉末 X 線回折・全岩蛍光 X 線分析法による分析を行った。

土器内部は、粘土鉱物の基質に、鉱物粒子と岩片および麦の茎を細かく刻んだものが多く含まれる組織であった。主な鉱物粒子は、石英・アルカリ長石・変質黒雲母・斜長石・白雲母で、少量の普通輝石・チタン石・角閃石・方解石・ホタル石・チタン鉄鉱等を含んでいた。主な岩片は、多結晶石英・花崗岩類・大理石であった。大理石は少量のホタル石を含んでいた。層位による鉱物粒子・岩片の変化はほぼ無かった。大半の土器は 5 wt%以下の全岩 CaO 組成を持つ非石灰質の組成で、一部には、大理石・ホタル石を多く含む、5 wt%以上の CaO 量を持つ石灰質の土器も存在した。

内部組織を観察すると、800℃～850℃で部分溶融する粘土鉱物はほぼ完全に溶融し、シリカに富むメルト溜まりも基質中に離散的に形成されていた。X 線回折ピークの消失温度が 850℃の雲母類のピークも消失していた。溶融温度が 980℃のアルカリ長石、部分溶融温度が 1050℃の普通輝石も、一部結晶のリムに溶融が生じていた。熱分解による細粒再結晶組織を示す大理石や 870℃で共融する方解石-ホタル石の共融組織も観察された。また、粘土鉱物メルトと大理石の間に 1050℃で生じる珪灰石の微小結晶も確認された。さらに、960℃で生じる石英・アルカリ長石の含水下での共融状態も花崗岩岩片の一部に認められた。

これらの結果から、土器の焼成温度は 900℃～1000℃と推定された。1000℃以上の焼成温度の達成には土器焼成の専用窯が必要で、遺跡発掘結果とは、ある程度調和的である。重要な点は、最下層の文化層の土器にもその焼成温度が認められたことで、イラン東部地域では土器が出現する最初期から高度な高温発生制御技術を持っていたことが初めて示された。

Keywords: pottery, firing temperature, SEM, melting, thermal decomposition

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ファイアンスビーズの再現実験

白勢洋平・奥村大祐（愛媛大・理）

An experimental study of Egyptian faience bead

Yohei Shirose* and Daisuke Okumura (Sci., Ehime Univ.)

【はじめに】

ファイアンスとは，焼結させた石英からなるガラスのような質感を持つやきものであり，エジプトから出土した青色の装飾品がよく知られている。ファイアンスの原料は一般的に石英に石灰やナトロン，銅を混合させたものと考えられている（山花, 2005）。しかしながら，横山・白勢・村上（2020）は京都大学総合博物館所蔵エジプト出土資料の布から剥奪した青色のガラス様ビーズについてX線顕微鏡で分析を行ったところ，珪素，銅に加えて，カリウムが検出された。また，X線回折実験では，ほとんど石英からなるが少量の方解石が含まれていることも確認できた。このビーズはファイアンスであることがわかったが，原料にはナトリウムやカルシウムの化合物のみではなく，カリウム化合物が用いられた可能性が示唆された。そこで，本実験では，石英，孔雀石，方解石といった天然の鉱物に加え，植物灰の代替として炭酸カリウムを出発物質に用いて，青色のファイアンスビーズの再現実験を試みた。

【実験手法】

天然の石英，孔雀石，方解石を粉末にし，炭酸カリウムを混合したものを出発物質とし，混合する量比を変えたものを850℃でそれぞれ8時間加熱した。出発物質はメノウ乳鉢で混合したのち，蒸留水を滴下し直径5 mm程度のビーズ状に成形したものを一晩常温で放置し乾燥させ，磁性るつぼに入れマッフル炉を用いて加熱した。観察及び分析にはJEOL製走査型電子顕微鏡（SEM）JSM-6510LV及びRIGAKU製粉末X線回折装置Ultima IVを用いた。

Keywords: faience, bead, quartz, potassium carbonate

*Corresponding author: shirose.yohei.eq@ehime-u.ac.jp

【結果・考察】

850℃の加熱実験で得られた生成物は，青色透明でガラス光沢を持ち，内部に小空隙を多く含んでいた（Fig. 1a）。粉末X線回折実験では，石英に加え，微量の珪灰石，黒銅鉱，ポートランド石などによるピークが確認できた。炭酸カリウムを多く加えたものでは，石英の回折強度が著しく低くなり非晶質物質によるものと考えられるブロードなバックグラウンドが確認できた。また，孔雀石を多く加えたものでは，含有される黒銅鉱が多くなり，見た目が黒色となった。

SEM 観察の結果，生成したビーズの組織は粒径 30-50 μm の石英粒子の集合からなり，粒間を $K_{1.1}Ca_{0.74}Cu_{0.45}Si_{4.13}O_{10}$ の化学組成となる珪酸塩が埋めている（Fig. 1b）。また，30-100 μm 程度の空隙が均質に分布する。黒銅鉱は 100 μm の粗粒な粒子として微量含まれていた。

青色の発色については，炭酸カリウムの量比を変化させた場合に最も変化が顕著であり，K-Ca-Cu-Si-O となる珪酸塩が多く形成されることで，濃青色となり，溶融の程度が大きくなり実際のファイアンスビーズの質感に近くなる。本実験ではファイアンスと関連する顔料であるエジプシャンブルーの発色のもとであるキュプロリバアイト($CaCuSi_4O_{10}$)の生成は確認されなかった。

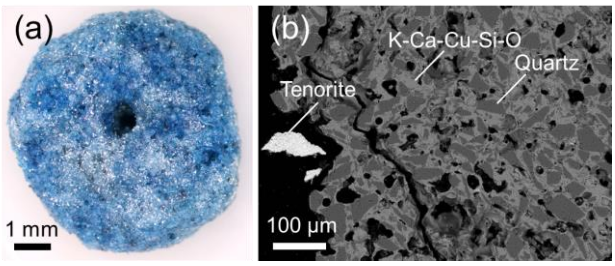


Fig. 1 (a) Synthetic blue bead consisting of sintered quartz. (b) BSE image of cross section of synthetic bead.

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

愛媛県東温市表川産リスウェナイトについて

白勢洋平・谷口隼大・延寿里美（愛媛大・理）

Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

Yohei Shirose*, Hayata Taniguchi and Satomi Enju (Sci., Ehime Univ.)

【はじめに】

四国の中央構造線の活動に伴う剪断帯には蛇紋岩及び泥質片岩が起源とみられる炭酸塩鉱物，石英，粘土鉱物からなる緑色の変質岩が分布する。これらの岩石は超苦鉄質岩が炭酸塩化作用，珪化作用を受けることに伴い形成されたリスウェナイトと呼ばれる変質岩と考えられている（皆川ら，2008）。これまで報告のなかった愛媛県東温市表川の泥質片岩剪断帯より，泥質片岩が起源のリスウェナイト及び剪断帯に取り込まれた塊状の変質した蛇紋岩を見出したのでそれらの産状と鉱物学的な特徴，成因について報告する。

【産状・試料】

表川河床にはデイサイトの貫入を伴う泥質片岩の剪断帯が分布している。泥質片岩及びデイサイトは変質が顕著であり，泥質片岩中に厚さ 5-20 cm，幅 1-3 m 程度の緑色のリスウェナイトの層や苦灰石の小空隙が存在する。緑色部には数 mm の針ニッケル鉱や硫化鉱物が確認できる。また，泥質片岩剪断帯中には 10-50 cm 程度の塊状の変質した蛇紋岩が取り込まれている。

【実験手法】

観察，分析には JEOL 製走査型電子顕微鏡 JSM-6510LV 及び RIGAKU 製粉末 X 線回折装置 Ultima IV を用いた。

【結果・考察】

分析の結果，緑色のリスウェナイトは石英，苦灰石，含クロムカオリナイトを主とし，方解石，菱苦土石，イライト，曹長石が含まれることもある。また，微量の硫化鉱物として針ニッケル鉱，閃亜鉛鉱，黄鉄鉱，黄銅鉱，銅藍，方鉛鉱，ビオラル鉱，ジーゲン鉱などが含まれている。皆川ら（2008）の報告にあるリスウェナイトでは緑色の原因となる粘土鉱物は含クロム白雲母や含クロムスメクタイトであったのに対し，表川産のものは含クロムカオリナイトを含み，周囲の岩石についてもカオリナイト化作用が顕著である。

剪断帯中の変質した塊状蛇紋岩はアンチゴライト，石英，苦灰石，方解石を主としており，磁硫鉄鉱，黄鉄鉱，ペントランド鉱，紅砒ニッケル鉱などを含む。また，100-300 μm の黒色不透明のクロム鉄鉱のレリクト組織が確認でき，クロム，鉄に富む不明含水珪酸塩鉱物に置換されていた（Fig. 1a）。その内部には数 μm 程度のパッチ状及びラメラ状の蛇紋石が散在し，パッチ状蛇紋石の縁には厚さ 1 μm 程度のクロム鉄鉱が存在する（Fig. 1b）。クロム，鉄に富む不明含水珪酸塩鉱物に対応する化学組成の鉱物は報告されていないが，ナノオーダーでのクロム鉄鉱と蛇紋石などの混合物である可能性も考えられる。

表川では，地下に存在する蛇紋岩体が炭酸塩化及び珪化作用を受け，蛇紋石，クロム鉄鉱が分解しマグネシウム，クロムやニッケルを溶かし込んだ反応流体が剪断帯に沿って泥質片岩と反応しリスウェナイトを形成したと考えられる。

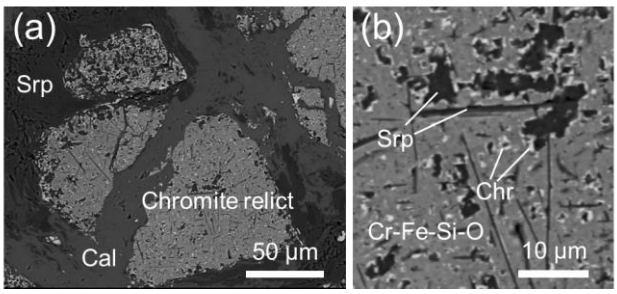


Fig. 1 (a) BSE image of chromite relicts in altered serpentinite. (b) Enlarged image of Fig. 1a. Srp: serpentine, Cal: calcite, Chr: chromite.

Keywords: listvenite, Cr-bearing kaolinite, Omotegawa, chromite

*Corresponding author: shirose.yohei.eq@ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福島県南相馬市の中新世堆積物中の巻貝化石内部に産する沸石の鉱物学的記載

石原　篤（東北大・院理），大藤弘明（東北大・院理）

Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma , Fukushima , Japan

Atsushi Ishihara* (Sci. Tohoku Univ.), Hiroaki Ohfuji (Sci. Tohoku Univ.)

The mineralogical characteristics of zeolite crystals in gastropod fossils in Miocene sediments were investigated to understand their origin and formation process. Our observation suggests two important factors in the zeolite formation inside the fossils: 1) the shells provided a (semi-)closed environment in which fluid was retained over a long time period, and 2) diagenesis provided suitable temperature conditions for the formation of zeolite.

はじめに

化石化した生体組織を鉱物が交代・置換したり、内部に鉱物が晶出したりする例はよく知られている。このような化石の鉱化は石英やオパールなどのシリカによるものが一般的で他にも方解石や黄鉄鉱などの例もあるが、沸石で交代されている例は稀である。沸石による化石の鉱化については Modreski et al. (1982)などの報告があるが、鉱物学的見地から詳しく研究された例は少ない。本研究では橋本,平 (2011) により報告されている福島県南相馬市に分布する中新世堆積物中の巻貝化石中に産する沸石鉱物の起源と形成プロセスを明らかにすることを目的とした。

手法

鹿島区橲原の沢沿いの塩手層の露頭より化石を含む細粒砂岩試料および遊離した巻貝化石試料を採取した。試料を風乾後、エポキシ樹脂中に包埋し機械研磨により薄片および厚片を作成した。また、一部試料については Ar イオンビーム（JEOL, クロスセクションポリッシャ）を用いて断面を作成した。試料の観察には偏光顕微鏡および SEM-EDS、顕微ラマン分光分析を用いた。

結果・考察

観察の結果、巻貝化石は細粒砂岩中のものと炭酸塩コンクリーション中のものの 2 タイプに大分された。いずれの場合も沸石の生成は貝化石内部に限られ、母岩中には認められなかった。

巻貝化石内部では、殻入り口付近は多量の砕屑性鉱物で充填され、上層階では貝殻の壁面から内側に向かってに自形成長した輝沸石の板状結晶と少量の方解石が観察された。また、その上部をモルデン沸石の針状結晶が覆うケースも見られた。貝殻壁面より成長する輝沸石の化学組成を詳しく調べると、結晶の根元から先端部へ向かって Si/Al 比が約 4.5 から 3.0 程度まで低下していることが分かった。これは化学組成上では斜プチロル沸石から輝沸石への遷移と捉えることもでき、成長過程における周辺環境の変化を反映していると推測される。一方、炭酸塩コンクリーション中の貝化石内部では比較的大きな方解石の自形結晶が沸石を覆う様子が観察された。

これらの産状を踏まえると、巻貝化石内部での沸石形成の重要な要素として、1）長期に渡り流体が保持される（半）閉鎖系的環境を貝殻が提供したこと、2）続成作用により沸石生成に適した環境条件が与えられたこと、の二点が挙げられる。

Keyword: zeolite, heulandite, mineralized fossil

Corresponding author: atsushi.ishihara.q7@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

兵庫県新井鉱山産塩化鉛鉱

大西政之*，小林祥一 (岡山理大)，浜根大輔 (東大・物性研)，
下林典正 (京大・院理)，久野　武

Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

Masayuki Ohnishi*, Shoichi Kobayashi (Okayama Univ. of Sci.), Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo),
Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.) and Takeshi Hisano

Cotunnite was found from a dump of the vein type Ag-Cu-Pb-Zn deposit of the Nii mine at Sano, Asago City, Hyogo Prefecture, Japan. The mineral occurs in cracks in quartz as white granular crystals (several micrometers in diameter), in close association with fibrous pyromorphite crystals (Figs. 1 and 2). A SEM-EDS analysis gave the empirical formula $Pb_{1.00}Cl_{1.96}$ on the basis of Pb = 1 *apfu*. The powder X-ray diffraction data were in good agreement with a synthetic compound (ICDD-PDF 26-1150), and the refined unit-cell parameters were a = 7.623(2), b = 9.046(2) and c = 4.534(1) Å.

塩化鉛鉱 (コチュン石) は $PbCl_2$ の理想化学式をもつ直方晶系，空間群 *Pnam* の希産鉱物で，19世紀にイタリア・ヴェスヴィオ火山から発見された．天然では火山昇華物としての産出例が多いが，熱水鉱脈鉱床からの産出も知られている．日本では Africano *et al.* (2002) によって鹿児島県・薩摩硫黄島の火山性噴気由来の報告があるものの，研究目的で人為的に噴気孔に差し込まれたシリカチューブの表面に生成したものであるため，厳密には天然の鉱物とはいい難い．今回，新井鉱山のズリから塩化鉛鉱を見出したので報告する．

新井鉱山は兵庫県朝来市佐嚢に位置する超丹波帯氷上層の頁岩中の Ag-Cu-Pb-Zn 鉱脈鉱床である．ズリからは，白鉛鉱，孔雀石，ブロシャン銅鉱，青鉛鉱，ラング石，ローウォルフ石，シューレンベルグ石，ラムスベック石といった多種類の二次鉱物が産出する (久野・高田，2007；大西ほか，2010，2011)．また，筆者は水白鉛鉱，ラウテンタール石の産出も確認している．

塩化鉛鉱は，石英の割れ目に白色繊維状をなす緑鉛鉱を密接に伴い，数マイクロメートルの粒状結晶をなして産出する (Figs. 1, 2)．肉眼的には白色であるが，緑鉛鉱とは区別しがたい．方鉛鉱のような含 Pb 鉱石鉱物との共存は認められない．

化学分析は SEM-EDS によって行った．塩化鉛鉱の代表的な実験式は，Pb = 1 *apfu* として $Pb_{1.00}Cl_{1.96}$ で，理想式に近い．共存する白色の緑鉛鉱の代表的な実験式は，Pb + Ca = 5 *apfu* として $(Pb_{4.86}Ca_{0.14})_{\sum 5.00}[(PO_4)_{2.68}(AsO_4)_{0.22}]_{\sum 2.90}Cl_{0.88}$ で，少量の Ca，As を含む．

粉末 X 線回折に用いた試料は，緑鉛鉱と分離することができなかったが，明瞭な塩化鉛鉱の回折線を示し，合成塩化鉛 (ICDD-PDF 26-1150) のそれとよく一致する．最小二乗法によって精密化した格子定数は a = 7.623(2)，b = 9.046(2)，c = 4.534(1) Å である．



Fig. 1. Photograph of aggregates of cotunnite and pyromorphite on quartz. FOV = 6.5 mm.

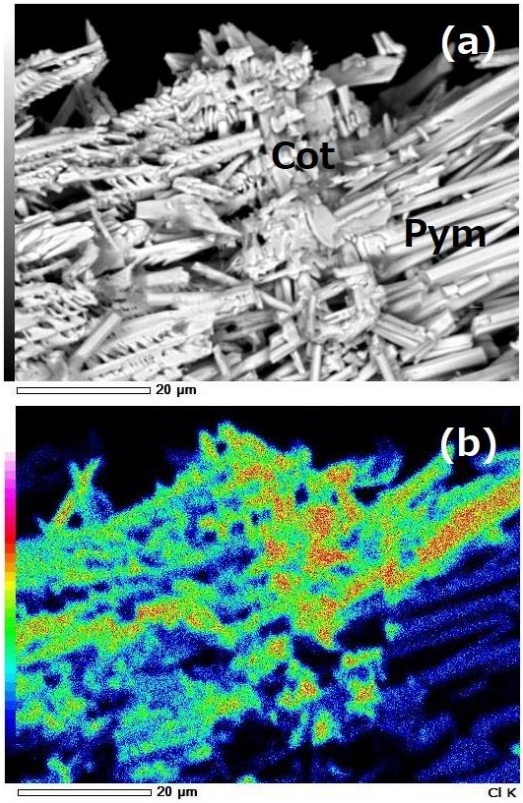


Fig. 2. Back-scattered electron image (a) and Cl distribution map (b) of cotunnite (Cot) and pyromorphite (Pym).

Keywords: cotunnite, lead chloride, $PbCl_2$, Nii mine, Hyogo
*Corresponding author: czshh118a@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岡山県剣山産 Johannite

丹羽健文*（名古屋鉱物）・久保園達也（福岡石の会）・上原誠一郎（九大博物館）

Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

Takefumi Niwa* (Min. Soc. Nagoya), Tatsuya Kubozono (Fukuoka Min. Club) and Seiichiro Uehara (Kyushu Univ. Museum)

Johannite ($Cu(UO_2)_2(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ *tric*) was first described from the Elias mine in the Czech Republic (Haidinger, 1830). In the Kenzan district of Okayama prefecture, uranium ore had been explored since 1959 (Hida et al., 1961). Johannite from this district was found in a sample stored in the Okayama university. Qualitative analysis with EDS yielded results consistent with its ideal chemical formula. The results of X-ray diffraction are in good agreement with the ICDD PDF #01-076-6179. The unit cell parameters were obtained as triclinic cell: a = 8.907(6), b = 9.505(4), c = 6.808(7)Å, α = 109.9(0), β = 111.9(9), γ = 100.3(5), V = 470.3(6)Å^3. The results of Raman spectroscopy were similar to the previously reported spectra (Driscoll et al., 2014).

Johannite は、オーストリアのヨハン大公（1782-1859）に因んで命名された（Haidinger, 1830）鉱物で、原産地がチェコ共和国 Elias 鉱山である。理想化学式は、$Cu(UO_2)_2(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ が与えられている(Mereiter, 1982)。

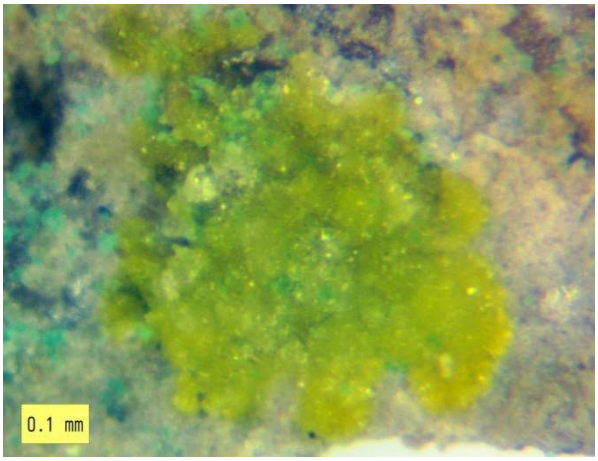


Fig. 1 Johannite from the Kenzan district

岡山県岡山市南区飽浦の剣山地区は、白亜紀後期の花崗岩が広く分布している。剣山の西斜面の通称下ノ坂谷は、1959 年からウラン鉱物を目的に試掘されたところで、花崗岩を切る含銅鉱物・緑泥石・石英脈中と縁辺部の破砕帯沿いに各種金属鉱物と共に含ウラン鉱物を伴うとされる（肥田ら, 1961）。当地域から、コフィン石、カソロ石、銅スクロドウスカ石、燐銅ウラン石、砒銅ウラン石, メタ砒銅ウラン石などの含ウラン鉱物の産出が報告されている（肥田ら, 1961：山田, 2012）。

今回、この地区由来とされる試料から発見された Johannite は、最大 1 ㎜程度の広がりを持つ草緑色のカリフラワー様の集合で、花崗岩の割れ目に、チッペ石族、アントラー石、ブロシャン銅鉱等を伴って産出する。当試料は放出された岡山大学標本で、詳しい産出地点や野外における産状等に不明な点があるが，現地の鉱石と同質であり、剣山地区由来と考えられる。

EDS による定性分析の結果、顕著に Cu, U, S が検出された。X 線回折分析の結果は PDFcard #01-076-6179 とよく一致しており、測定結果から得られた格子定数は、a = 8.907(6), b = 9.505(4), c = 6.808(7)Å, α = 109.9(0), β = 111.9(9), γ = 100.3(5), V = 470.3(6)Å^3 となり、Mereiter (1982)による a = 8.903(2), b = 9.499(2), c = 6.812(2)Å, α = 109.87(1), β = 112.01(1), γ = 100.40(1), V = 469.9Å^3 に近い値となる。ラマン分光分析の結果は、Driscoll et al.(2014)の示すピーク位置とよく一致している。

Keywords: Johannite, Kenzan
*Corresponding author: japamine@hotmail.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東京都青ヶ島から産出した銅スピネルおよび銅リヴァイ石について

浜根大輔*(東大・物性研), 大木良弥, 大角駿介

Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi

青ヶ島は八丈島から南へ約70kmに位置する火山島であり、島は北部の黒崎火山とそれを覆う南部の主成層火山の二つの火山体で構成されている。南西部の湯浜地域においては輝石安山岩からなるスコリアが分布し、晶洞や裂傷には銅を主成分とするバナジン銅鉱の産出が知られていた。本研究では銅スピネル（Cuprospinel）および銅リヴァイ石（Cuprorivaite）を新たに見いだしたのでここに報告する。銅スピネルはRambler鉱山（カナダ）において自然発火したズリ山から見出された鉱物であり、完全な天然環境ではTolbachik火山（カムチャツカ、ロシア）において昇華鉱物として生じる。銅リヴァイ石もまた昇華鉱物で、Vesuvius火山（イタリア）を模式地とする。いずれも産出が極めて稀な鉱物である。

湯浜においては輝石安山岩の一部がスコリアとなっており、裂傷や晶洞には普通輝石～ピジョン輝石、エジリン普通輝石、中性長石、SiO_2鉱物、赤鉄鉱、チタン鉄鉱が自形で晶出し、一部でバナジン銅鉱、黒銅鉱、塩素燐灰石、銅スピネル、銅リヴァイ石の結晶がみられるほか、アタカマ石が伴われる。

銅スピネルは最大1mm程度の球形から楕円球形で、金属光沢をもつ黒色の集合体として空隙の壁面に限って産出し、安山岩内部には生成していない。集合体は複数粒の銅スピネルからなるほか、内部に赤鉄鉱と少量の苦土磁鉄鉱からなる核を持つことがある。銅リヴァイ石もまた空隙の側面にのみ産出し、最大50μmの青色の板状結晶で扇状に集合することがある。いずれも無水鉱物であり、実験室においてそれらの結晶を合成するには高温が必要である。そのため、スコリア形成時に揮発性成分と共に空隙内に取り残された銅成分が、高温で赤鉄鉱やケイ酸塩鉱物と反応することで銅スピネルや銅リヴァイ石が生成したと考えられる。

銅スピネルの化学組成はひとつの集合体内ではほぼ均質で、集合体ごとにやや幅があるものの Cu/総二価陽イオン（= Cu#）の値は0.80-0.86という高くかつ狭い範囲に収まる。最もCuに富む集合体からは $(Cu_{0.86}Fe^{2+}_{0.08}Mg_{0.04}Mn_{0.03})_{\Sigma 1.01}(Fe^{3+}_{1.98}Ti_{0.01})_{\Sigma 1.99}O_4$ の組成式が得られた。模式地の銅スピネルの組成は $(Cu_{0.80}Mg_{0.10}Fe^{2+}_{0.05}Co_{0.02}Zn_{0.02}Mn_{0.01})_{\Sigma 1.00}(Fe^{3+}_{1.89}Al_{0.11})_{\Sigma 2.00}O_4$ であり、Cu#は近いものの副成分元素の種類と量にわずかな違いが認められる。また、模式地の銅スピネルは立方晶系（$Fd3m$, a = 8.369Å）だが、青ヶ島産の銅スピネルは正方晶系を示し、$I4_1/amd$において a = 5.8279(14)Å, c = 8.680(3)Å, V = 294.81(17)Å^{3}が得られた。後述のように正方晶系が安定相である。

銅リヴァイ石は $Ca_{1.01}Cu_{0.99}Si_{4.00}O_{10}$ の端成分組成で、正方晶系（$P4/ncc$）において a = 7.299(4)Å, c = 15.122(11)Å, V = 805.6 (10)Å^{3}を得た。

実験的には銅スピネルは760℃以上の温度から急冷すると立方晶相（準安定相）として、徐冷すると正方晶相（安定相）として回収される。模式地ではズリ山の自然発火が成因であり、立方晶系を示すことは760℃以上から急冷されたと考えられる。一方、青ヶ島産では正方晶系であるため、高温で生成後に徐冷された、もしくは760℃未満で結晶化した、のどちらかになるが、形成時の温度は検討中である。

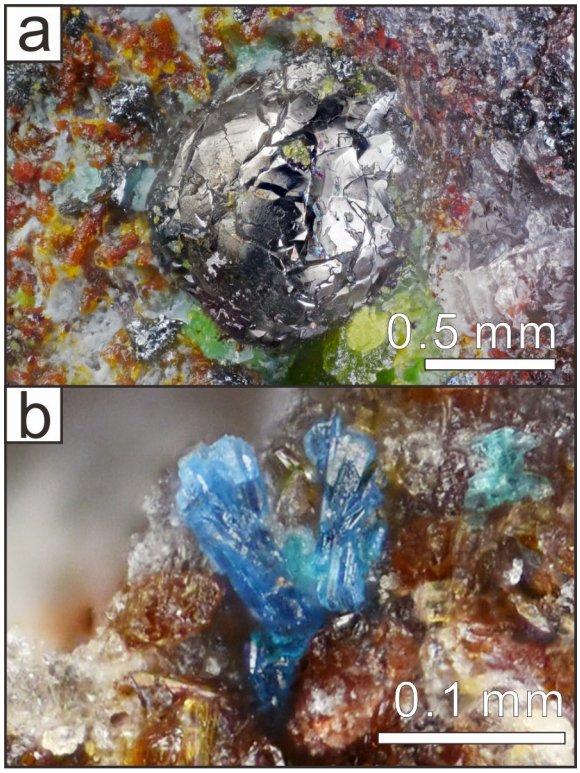


Figure 1. Microphotograph of cuprospinel (a) and cuprorivaite (b).

Keywords: cuprospinel, cuprorivaite, Aogashima Island
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福島県田村市羽山岳のペグマタイトから産出するフェロホルムクイスト閃石について

浜根大輔*(東大・物性研)，橋本悦雄，原田誠治

Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Etsuo Hashimoto, Seiji Harada

阿武隈山地は大部分が花崗岩類で構成されており、ペグマタイトも多く伴われることから、かつては珪石が陶石材料として盛んに採掘された。ペグマタイトは阿武隈山地の西縁にそって南北に分布するものと、中央寄りに南北に分布するものの二系列が知られ、中央寄り系列は電気石をあまり伴わない特徴が知られている。福島県田村市羽山岳は中央寄り系列のうちで最も南側に位置するペグマタイトのひとつとして知られ、これまでいくつかの希元素鉱物の産出が報告されている。本研究では新たにフェロホルムクイスト閃石を見出したのでここに報告したい。いわゆるホルムクイスト閃石はAサイトが空孔となりBサイトがリチウムで満たされる角閃石の総称であり、フェロホルムクイスト閃石は錫・タンタル・リチウムを資源とするペグマタイト鉱床のGreenbushes鉱山（オーストラリア）を模式地とする。今回の発表以前にはフェロホルムクイスト閃石は模式地でしか産出が知られていなかった。

羽山岳は田村市常葉町に位置し、そこでは花崗閃緑岩が分布するほか小規模な石灰岩が伴われている。本研究で検討したペグマタイトは石灰岩を貫く幅20cm程度の岩脈であり、石英および斜長石を主体とする。ペグマタイトは石灰岩と反応しており、ペグマタイト内に鉄斧石、灰鉄輝石、マンバンざくろ石が生じている。石灰岩内には斑銅鉱や黄銅鉱が生じ、斑銅鉱中には数μmから数十μmで不定形なヘッス鉱、ウィッチヘン鉱、ニッケル蒼鉛鉱（Parkerite）が伴われる。フェロホルムクイスト閃石はペグマタイト岩脈の中央帯に集中して生じており、そこでは石英および斜長石を基質として水酸-酸化灰パイロクロア、イットリウムヘランド石、砒鉄鉱、フッ素リン灰石が伴われる。フェロホルムクイスト閃石はガラス光沢のある濃紺色で1cm長2mm幅の板状結晶が束状から放射状に集合した姿で見られるほか、淡青灰色で径数μmの針状結晶が束状に集合することもある。

ICP発光分光によりリチウムが検出されたことからSEM-EDSによる分析値について、O=22, OH=2, Si=8, Σcation=15の条件を満たす最小のリチウム量を見積もり、Fe^{2+}/Fe^{3+}を計算した。組成式は$^{A}\square^{B}(Li_{1.82}Na_{0.13}fromC_{0.05})_{\Sigma2}{}^{C}(Fe^{2+}{}_{2.63}Mg_{0.29}Mn_{0.19}Al_{1.69}Fe^{3+}{}_{0.26})_{\Sigma5.05}Si_8O_{22}(OH)_2$となる。羽山岳のフェロホルムクイスト閃石は極端にマグネシウムに乏しい組成を示し、$Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$（Fe#）は0.90に達する。これは模式標本（Fe#=0.55）よりもはるかに端成分に近い内容である。粉末には強い定向配列があるために粉末X線回折パターンは極端になるものの、*Pnma*においてa = 18.377(5) Å, b = 17.782(7) Å, c = 5.300(2) Å, V = 1731.8(11) Å^{3}の格子定数が得られた。Fe#の低い模式地標本（a = 18.287Å, b = 17.680 Å, c = 5.278 Å, V = 1706.6 Å^3）と比較すると、Fe#の高い羽山岳標本は大きな格子体積となり、イオン半径の大きいFe^{2+}が多いことと調和的である。

今回調査したペグマタイト脈においてリチウムを有する鉱物はフェロホルムクイスト閃石のみであり、全岩的にリチウム量は多くないと予想される。産状から類推するに、石灰岩との反応で先に斧石が生成したことでホウ素が消費されつくし、一般にはリチウムのホストになりうる電気石がホウ素不足で生成されず、行き場を失ったリチウムが角閃石に取り込まれた結果としてフェロホルムクイスト閃石が生じたと考えられる。



Figure 1. Representative occurrence of ferro-holmquistite.

Keywords: ferro-holmquistite, pegmatite, Hayama-dake
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岩手県舟子沢鉱山から産出するアルミノ杉石、マンガンチェルキアラ石、フェリリーキ閃石について

浜根大輔*(東大・物性研)，鈴木保光，大木良弥，石橋隆，下林典正（京都大学）

Aluminosugilite, cerchiaraite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Yasumitsu Suzuki, Yoshiya Ohki, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.)

舟子沢鉱山は岩手県洋野町に位置する粘板岩やチャート中に胚胎される層状マンガン鉱床で、東方に分布する花崗岩類によって接触変成作用を受けている。またリチウムを主成分とする南部石が新鉱物として発見されたことでも知られる。本研究ではアルミノ杉石（Aluminosugilite）、マンガンチェルキアラ石（Cerchiaraite-(Mn)）フェリリーキ閃石（Ferri-leakeite）を見いだしたのでここに報告する。

アルミノ杉石はCerchiara鉱山（イタリア）を模式地として2018年に申請された新鉱物だが、かつて愛媛県古宮鉱山から産出していた記録が残っている。舟子沢鉱山では河原の転石から見いだされ、アルミノ杉石は粘板岩の片理に沿った石英薄層（厚さ1cm程度）に特に集中して産出する。その層は薄紫～ピンク色に染まり、最大で1mm長100μm厚の葉片状の結晶が層内に点在する。ICP発光分光においてリチウムが検出され、SEM-EDSによる分析結果をLi=3かつSi=12で規格化し、$K_{0.95}Na_{1.96}(Al_{1.10}Fe^{3+}_{0.77}Mn^{3+}_{0.09}Ti_{0.09})_{\Sigma 2.04}Li_3Si_{12}O_{30.06}$が得られた。格子定数は*P6/mcc*において$a$ = 10.007(2) Å, c = 13.994(4) Å, V = 1213.5(5) Å^{3}となった。

マンガンチェルキアラ石もまたCerchiara鉱山を模式地とする鉱物で、舟子沢鉱山においてはズリで採集されたブラウン鉱主体の鉱石を横切る脈として産出した。脈中では最大1mmの暗緑色の葉片状結晶が放射状に集まり、バリウム輝沸石を密接に伴って数cmの範囲に分布する。本鉱物についてもICP発光分光においてリチウムが検出され、SEM-EDSによる分析でMサイトの不足をリチウムと見なし、Ba+Ca=4で規格化すると$(Ba_{3.99}Ca_{0.01})_{\Sigma 4}(Mn^{3+}_{2.25}Al_{0.81}Li_{0.94})_{\Sigma 4}(Si_{5.57}Al_{0.43})_{\Sigma 6}(Cl_{1.58}OH_{0.42})_{\Sigma 2}O_{14.69}(OH)_{10.31}$が得られた。格子定数は*I4/mmm*において$a$ = 14.191(8) Å, c = 6.028(7) Å, V = 1214.0(18) Å^{3}となった。

フェリリーキ閃石はKajlidongri鉱山（インド）を模式地とする角閃石で、舟子沢鉱山では露頭や転石から得られた。粘板岩の片理と平行にフェリリーキ閃石＋石英＋曹長石からなる紅色の薄層が挟まれ、結晶は赤紫色の針状で最長500μmに達するが径は20-30μm程度に留まる。その外観は紅簾石に近い。ICP発光分光でリチウムが検出されたので、SEM-EDSによる分析で、O=22, OH=2, Si=8, Σcation=16を満たす最小のリチウム量を見積もり、Mn^{2+}/Mn^{3+}を計算した。組成式は$^A(Na_{0.62}K_{0.38})_{\Sigma 1}{}^B(Na_{1.74}Ca_{0.23}from C_{0.04})_{\Sigma 2}{}^C(Mg_{2.31}Mn^{2+}_{0.79}Li_{0.66}Fe^{3+}_{0.68}Mn^{3+}_{0.42}Ti_{0.12}Al_{0.06})_{\Sigma 5.04}Si_8O_{22}(OH)_2$となる。AおよびBサイトでNaが卓越、$M^{2+}$でMgが卓越、Li > 0.5、Σ$M^{3+}$ > 1.0かつFe^{3+}が卓越するため、解析的にはフェリリーキ閃石であった。格子定数は*C2/m*において、a = 9.861(8) Å, b = 17.984(14) Å, c = 5.239(3) Å, β = 104.29(5)°, V = 900.3(12) Å^{3}となった。

いずれも南部石と同様にリチウムを含み、露頭にすらフェリリーキ閃石がよく発達することから、接触変成作用だけでなくリチウムの交代作用も広範囲に及んだと考えられる。フェリリーキ閃石は近接する小玉川鉱山からも同様の産状で見いだされた。

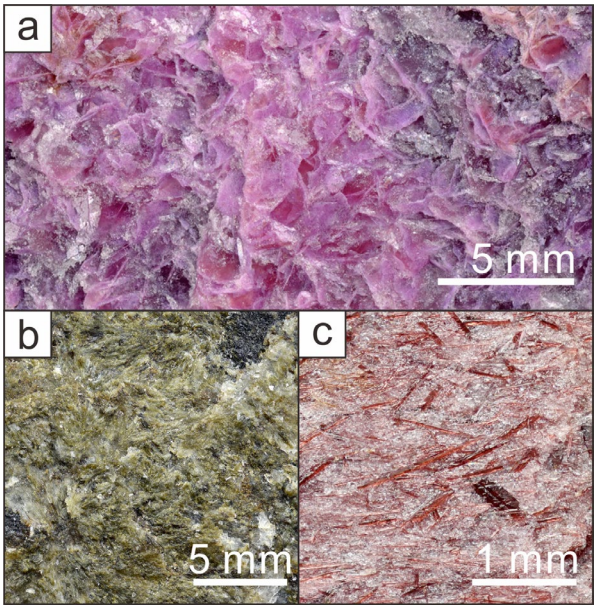


Figure 1. Microphotograph of aluminosugilite (a), cerchiaraite-(Mn) (b), and ferri-leakeite (c).

Keywords: aluminosugilite, cerchiaraite-(Mn), ferri-leakeite, Funakozawa mine
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岩手県田野畑鉱山から産出するマンガノマンガニアンガレッティ閃石について

浜根大輔*（東大・物性研），門馬綱一（科博），大西政之，下林典正（京大），宮脇律郎（科博），皆川鉄雄（愛媛大），岡田華子（愛媛大），今井裕之

Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.), Ritsuro Miyawaki (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Tetsuo Minakawa (Ehime Univ.), Hanako Okada (Ehime Univ.), and Hiroyuki Imai

田野畑鉱山は岩手県田野畑村に位置する付加体に胚胎される層状マンガン鉱床で、西方に分布する田野畑花崗岩によって接触変成作用と交代作用を被っている。これまで数々の稀産鉱物が産出し、代表的な日本産新鉱物に神津閃石（mangano-ferri-eckermannite）が知られている。南部ほか（1969）には「肉眼的に帯赤黒色ないし黒色」で強いガラス光沢を示す短柱状結晶であることが示されている。一方、我々の予備調査では赤黒色の角閃石からは神津閃石は一つの分析点ですら検出されなかった。そこで、これまで神津閃石と認識されていた赤黒色を示す角閃石を精査したところ、マンガノマンガニアンガレッティ閃石（mangano-mangani-ungarettiite）を同定した。またエッケルマン閃石のマンガノマンガニ置換体となる角閃石もまた赤黒色の角閃石から見いだされたのでその詳細を報告したい。なお、神津閃石は「橙色」を呈する角閃石の中から稀に検出されることがあるのみで、文献の記載内容とは実態が大きく異なる。田野畑鉱山産角閃石は全般的に見直される必要があるだろう。

マンガノマンガニアンガレッティ閃石やエッケルマン閃石のマンガノマンガニ置換体の肉眼的特徴はこれまで神津閃石とされてきた標本そのものであり、非常に濃い赤黒色から黒色のガラス光沢を示す短柱状結晶である。両者は電子線による分析（重量%）だけでは区別できないものの、格子定数に明瞭な差があるほか、ボンドバレンスサム解析でも区別される。肉眼的にはほんのわずかな差があり、三価マンガンの多いマンガノマンガニアンガレッティ閃石のほうがより黒々とした外観となる。

マンガノマンガニアンガレッティ閃石について、EDSによる分析値はO=24とΣカチオン=16においてMn^{2+}/Mn^{3+}比を見積り、$^{A}(Na_{0.78}K_{0.22})_{\Sigma1}{}^{B}(Na_{1.70}Ca_{0.24}fromC_{0.06})_{\Sigma2}{}^{C}(Mn^{2+}{}_{1.57}Mg_{0.77}Mn^{3+}{}_{2.40}Fe^{3+}{}_{0.31}Ti_{0.01})_{\Sigma5.06}{}^{T}(Si_{7.94}Ti_{0.03}Al_{0.03})_{\Sigma8}O_{24}$が得られた。格子定数は$C2/m$において$a$ = 9.910(3) Å, b = 18.112(4) Å, c = 5.304 (2) Å. β = 104.78(2)°, V = 920.5(5) Å^{3}であった。単結晶X線構造解析はR_1=2.0%で収束し、ボンドバレンスサム計算においてMn1 = 3.02, Mn2 = 2.20, Mn3 = 2.76, O3 = 1.74の形式価数が得られ、これらはマンガノマンガニアンガレッティ閃石と整合的である。

エッケルマン閃石のマンガノマンガニ置換体について、EDSによる分析値はO=22およびOH=2とΣカチオン=16においてMn^{2+}/Mn^{3+}比を見積り、$^{A}(Na_{0.81}K_{0.19})_{\Sigma1}{}^{B}(Na_{1.75}Ca_{0.20}fromC_{0.05})_{\Sigma2}{}^{C}(Mn^{2+}{}_{3.70}Mg_{0.58}Mn^{3+}{}_{0.47}Fe^{3+}{}_{0.30})_{\Sigma5.05}{}^{T}(Si_{7.96}Ti_{0.02}Al_{0.03})_{\Sigma8}O_{22}(OH)_2$が得られた。格子定数は$C2/m$において$a$ = 10.093(3) Å, b = 18.320(6) Å, c = 5.304 (2) Å. β = 103.72(2)°, V = 952.7(5) Å^{3}であり、マンガノマンガニアンガレッティ閃石より明確に格子体積が大きい。単結晶X線構造解析はR_1=2.3%で収束し、ボンドバレンスサム計算においてMn1 = 2.30, Mn2 = 2.23, Mn3 = 2.21, O3 = 1.11の形式価数が得られた。これは解析的にはエッケルマン閃石のマンガノマンガニ置換体に相当するものの、新種として確立するためには各サイトにおけるマンガン価数の定量が必要という指摘を受けており、今後の検討課題としたい。

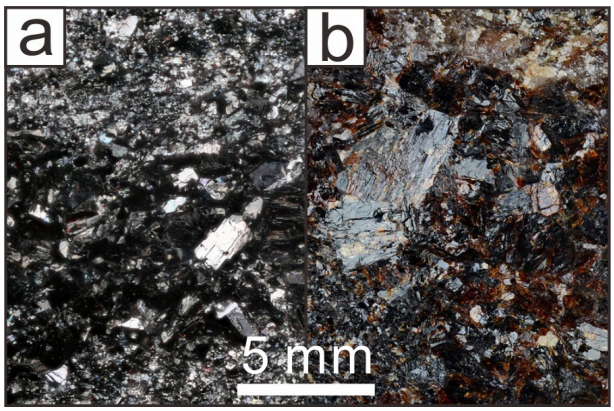


Figure 1. Microphotograph of mangano-mangani-ungarettiite (a) and Mn^{2+}-Mn^{3+}-eckermanite (b).

Keywords: mangano-mangani-ungarettiite, amphibole, Tanohata mine
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

愛知県中宇利鉱山から産するゴベリン石およびその Ni 置換体について

下林典正*・高谷真樹（京大・院理），浜根大輔 (東大・物性研),
大西政之，丹羽健文（名古屋鉱物同好会）

Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

Norimasa Shimobayashi*, Masaki Takaya (Kyoto Univ., Sci.), Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo),
Masayuki Ohnishi and Takefumi Niwa (Mineralogical Society of Nagoya)

愛知県新城市中宇利に位置する中宇利鉱山は、御荷鉾緑色岩の蛇紋岩中の銅-鉄-ニッケル鉱床で、戦時中に鉄（Fe）、銅（Cu）やニッケル（Ni）を目的に短期間試掘されたが、すでに閉山して久しく、現在では放置された廃石に多様な二次鉱物が生じている。今回、中宇利鉱山の転石からクテナス石様鉱物が見い出され、分析の結果、クテナス石［ktenasite : $ZnCu_4(SO_4)_2(OH)_6 \cdot 6H_2O$］のZnをNi・Coで置き換えたものであることが判明したので報告する。

クテナス石のコバルト（Co）置換体はゴベリン石（gobelinite）と呼ばれ、フランスのCap Garonne鉱山を模式地（ドイツのEisenzecher Zug鉱山が副模式地）として2020年に新鉱物として記載された（Mills et al., 2020）。ゴベリン石の理想式は$CoCu_4(SO_4)_2(OH)_6 \cdot 6H_2O$であるが，模式地から産するゴベリン石は$(Co,Ni)(Cu,Zn)_4(SO_4)_2(OH)_6 \cdot 6H_2O$と記載され、Co＞Niである（Co：Ni ≈ 2：1）。それに対して、中宇利鉱山から見出されたものは、Co：Niがほぼ1：1の中間組成で、ゴベリン石（日本初産）からそのNi置換体（未知鉱物）の組成範囲を示す。

本研究に用いた試料は赤味を帯びた皮膜状のNi-Co-Zn炭酸塩（菱亜鉛鉱-菱ニッケル鉱-菱コバルト鉱の固溶体）を伴う磁鉄鉱集合体で、割れ目に沿って淡い緑色の鉱物が点々と連なって生成している様が観察された。その表面を顕微ラマン法（Nicolet Almega XR@名古屋大）で分析すると、ブロシャン銅鉱やニッケル孔雀石に伴って、薄緑色をしたクテナス石様鉱物の存在が確認された（Fig. 1）。これらはNi-Co-Zn炭酸塩の上に生成していることもあることから、天水による二次的な鉱物生成期の最末期の産物と考えられる。

粉末XRD法（Rigaku SmartLab@京都大）で得られた回折パターンは、クテナス石のカードデータ（ICDD #01-083-2247）と比較しても大きな矛盾なく一致した。空間群$P2_1/c$を仮定して導出した格子定数は、a = 5.565(9) Å, b = 6.163(15) Å, c = 23.81(42) Å, β = 95.21(17)°, V = 813.3(28) Å^{3}となり、クテナス石（813.70～814.66 Å^3）やMillsらの報告したゴベリン石（803.2～811.9 Å^3）とも調和的であった。

また、波長分散型EPMA（JEOL JXA-8105@京都大）により定量分析を行い（分析条件：加速電圧15 kV，照射電流3 nA，プローブ径5 μm）、CuO 41.52，NiO 5.19，CoO 4.49，ZnO 2.28，FeO 1.51，SO_3 23.17（いずれもwt.% ; 67点の平均）が得られた。S＝2で規格化し、O＋OH＝14となるようにOとOHを配分して、H_2O量を計算で求めると 23.84 wt.%となり（$6H_2O$で固定した場合）、合計値が101.99 wt.%とやや過剰な結果になった。これは電子線ビームによるダメージの影響を受けたためと考えられる。以上から導かれた実験式は、$(Ni_{0.48}Co_{0.41}Zn_{0.19}Fe_{0.15}Cu_{3.62})_{\Sigma 4.85}S_2O_{7.71}(OH)_{6.29} \cdot 6H_2O$であり、Znに対してNi・Coが卓越する。また、Co/(Ni+Co) 比は0.41～0.54まで変化する。最もCoに富む部分（ゴベリン石）の実験式は$(Co_{0.52}Ni_{0.44}Zn_{0.23}Fe_{0.06}Cu_{3.43})_{\Sigma 4.67}S_2O_{7.33}(OH)_{6.67} \cdot 6H_2O$であった。

今回の結果は化学分析の合計値に若干の過剰が見られるが、今後試料の量を増やしてさらに検証を進めたい。試料表面を非破壊で分析できるX線分析顕微鏡（HORIBA XGT-7000@京都大）での予備的な定性分析では、よりCoに富む部分も見つかっている。

ゴベリン石は日本初産であるとともに、そのNi置換体は新鉱物となる可能性がある。実際、同産地からはよりNiに富む鮮青色のクテナス石様鉱物も見出されており、浜根を中心に精査した結果、ゴベリン石のNi置換体であることが判明し、IMA-CNMNCに新鉱物として申請中（2022-065）である。

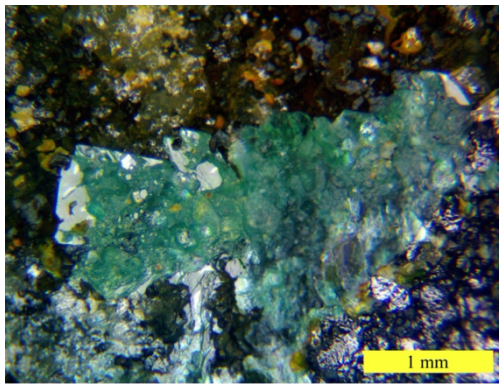


Figure 1. Photograph of gobelinite and its Ni-analogue. The scale bar represents 1 mm.

Keywords: gobelinite, ktenasite, Ni-analogue, Nakauri mine, new mineral
*Corresponding author: shimobayashi.norimasa.6r@kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

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

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-01] Density of sodium silicate melt at high pressure

*Akio Suzuki[1] (1. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-02] Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

*Sho Kakizawa[1], Asami Sano-Furukawa[2], Hiroyuki Kagi[3], Yuichiro Mori[3], Jun Abe[4], Takanori Hattori[2] (1. JASRI, 2. JAEA, 3. UTokyo, 4. CROSS)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-03] Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

*Yohei Igami[1], Akira Miyake[1], Ryuichi Nomura[1] (1. Kyoto Univ.)

Density of sodium silicate melt at high pressure

Akio SUZUKI* (Tohoku Univ.)

The transportation of magmas is governed by the density difference between magmas and surrounding rocks. Because magmas are generated in the Earth's interior, the density of magmas under high pressures and temperatures is crucial to investigate the magmatic process.

Density of magmas (silicate melts) is calculated using the partial molar volumes of the oxide components at ambient pressure. Based on the measurement on the sound velocity in various silicate melts, the compressibilities of the oxide components have been proposed. It is possible to calculate the density of silicate melts under high pressure using the compressibilities. However, such a calculation is applicable to the limited pressure, because of the pressure dependence of the bulk modulus (dK/dP) of the melt cannot be ignored under high pressure. Therefore, the data on the partial molar volumes of the oxide components in silicate melt are required to calculate the density of magmas under high pressure. The partial molar volumes are obtained from the density of melts. In this study, I measured the density of sodium silicate melt under high pressures by the sink/float method.

High pressure experiments were conducted using large volume presses installed at Tohoku University. A powder of sample and a crystal of density marker were loaded in a platinum container. Stepped-graphite heater is applied to reduce the temperature gradient in the sample container. Temperature was monitored using W97Re3-W75Re25 thermocouples. The sample was heated above the melting temperature at a heating rate of 100 K/min. After a desired duration, the sample was quenched to the room temperature by turning off the electric power supply. When the sample was recovered from the press, the upside was marked on the cell. The recovered sample was cut and ground to identify sinking or floating of the density marker. Experiments were conducted up to 6 GPa, and a compression curve of the sodium disilicate melt was determined. The detail of the results will be reported on site.

Keywords: density, silicate melt, magma, high pressure, buoyancy test

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

マントル遷移層条件での高温高圧中性子回折実験の開発

柿澤翔*（JASRI）、佐野亜沙美（原研）、鍵裕之（東大院理）
森悠一郎（東大院理）、阿部淳（CROSS）、服部高典（原研）

Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

Sho Kakizawa* (JASRI), Asami Sano-Furukawa (JAEA), Hiroyuki Kagi (UTokyo)
Yuichiro Mori (UTokyo), Jun Abe (CROSS), Takanori Hattori (JAEA)

はじめに

中性子は、原子核と相互作用し、その散乱能は原子番号に比例しないため、中性子構造解析では水素などの軽元素の観察や同位体の区別が可能である。また、O^{2-}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Si^{4+}のような等電子数イオンの区別が可能である。そのため、中性子回折は X 線回折とは相補的な特徴を持つ強力な結晶構造解析手法である。一方で、回折中性子強度は弱いため大容量の試料と大きな散乱開口角が必要である。

茨城県東海村にあるパルス中性子施設 J-PARC MLF の BL11 PLANET には大型の 6 軸プレス（圧姫）が設置されており、高温高圧下の中性子回折実験が可能になっている。現在は、6-6 加圧方式を用いた 10 GPa までの実験がルーチン的に行われている。我々はより高い圧力下での実験を行うため 6-8 加圧方式を用いた中性子回折実験技術の開発を行っており、これまで 14.7 GPa, 800 K におけるデータ測定に成功している（Mori et al., 2021）。

一方で、減圧時においてブローアウトが頻繁に発生する問題があるため、それを抑制しながら、さらに高い圧力下での中性子回折実験を行うための技術開発を行った。

実験方法

鉛直方向の散乱開口角を確保するためにこれまでは一辺 15 mm の二段目アンビルを使用していた。本研究では、ブローアウトを抑制するためにより大型の一辺 20 mm のアンビルに変更した。また、アンビルの大型化により大きな荷重が印加可能なため、より高い圧力を発生できることが期待される。また、一段目アンビルのトランケーションサイズ（TEL）を一辺 36 mm へと小さくしスリットを施すことで一段目アンビルのギャップを広くし、水平面内の散乱開口角を確保した。

二段目アンビルは、TEL4 mm とし、富士ダイス社製 MF10 および TMS05 を使用した。試料として MgO 粉末を用い、一軸あたり 2700 kN まで荷重を印加した。またアンビルサイズの変更による回折中性子強度への影響を調べるために、従来のアンビルを用いた実験も行った。発生圧力は MgO の状態方程式を用いて決定した(Tange et al., 2009)。

実験結果

MF10 および TMS05 を用いた場合、荷重 2700 kN においてそれぞれ 22 および 26 GPa の発生を確認した。高温実験では、高温下での圧抜けが起こるものの、圧力低下は 1200 K において 2 GPa 程度の圧力低下にとどまり、室温および高温で共に最高圧力値を更新した。また、減圧時にブローアウトは発生しなかった。一方でアンビルの大型化よって回折中性子強度は荷重によらず半分程度になることが明らかになった。鉄水素化物を試料とした実験では 24 時間以上の露光時間が必要であることが予測される。

アンビルの大型化によってマントル遷移層に相当する圧力での中性子回折実験が可能になったが、信号強度が弱く長時間の測定が必要になる。そのため、今後はより短時間で測定可能な開発を行う必要がある。

Keywords: neutron diffraction, high pressure, high temperature

*Corresponding author: kakizawa@spring8.or.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

電子回折イメージングによる鉱物の局所歪計測と応力下その場観察への応用

伊神洋平・三宅亮・野村龍一（京都大学）

Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

Yohei IGAMI*, Akira MIYAKE, Ryuichi NOMURA (Kyoto Univ.)

鉱物の界面や微小結晶などには一般に歪みが生じ、相転移やそれに伴う組織形成にも影響すると考えられている。また、天然の鉱物中に残留した歪みは高圧変成や天体衝突などを理解する手掛かりにもなりうる。鉱物中の歪み計測にはしばしばX線回折法や顕微レーザーラマン分光法、電子後方散乱回折法などが用いられるが、極めて局所的に生じた歪みを微細組織と関連して理解するにはより高い空間分解能が望まれる。また、高温高圧環境などの再現実験で得られる試料から必要情報のみを選択的に引き出すためにも高空間分解能での計測は鉱物研究に重要になっていくと思われる。

空間分解能の高い透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた結晶歪みの評価方法には様々あるが、電子線ナノプローブ走査で電子回折パターンの空間変化を解析する方法[1]は微細組織と局所歪み計測が同時に得られるため鉱物組織に高い有効性が期待される。本研究では、TEM（JEOL, JEM-2100F）による電子線ナノプローブ走査と CCD カメラを用いて鉱物試料から回折マップデータを取得し、特に局所歪みに着目して解析した。

照射電子線は、実効ビーム径約 10 nm 程度に抑えつつ平行性の高い条件を調整した。これにより回折パターンはスポット状となり逆格子ベクトルの精密決定と対称性低下によるわずかな回折スポット出現の検出が容易となった。また、収束角の大きな条件に比べ電流量を抑えられるため試料ダメージが抑えられるようになり、少なくとも TEM 像で確認できるようなダメージや汚染は形成しなかった。得られた電子回折マップデータセットからは任意形状の仮想対物しぼりによる回折コントラスト像を作成した。また、各回折パターンに対して最小二乗法により逆格子基底ベクトルを決定し、リファレンスパターンからの変化を微小歪みテンソルとして決定することで、微細組織と一対一対応する定量歪みマップを作成できた。

次に実験的研究への応用を図り、TEM 内ナノインデント実験が実施可能な専用ホルダー(Bruker, Hysitron PI95)を用い、特定の荷重をかけた状態の試料にも同様の手法を適用した[2]。今回はモデル物質として室温高圧で相転移することが知られる Si を用いた[3]。荷重付加下での各実験において歪みマップを取得し(Fig. 1)、最高応力達成領域をさらに選択的に解析した。200 μN 付加実験では、Si の体積弾性率[3]をもとに最高達成静水圧(平均)応力で約 3 GPa に達していることが分かったものの、高圧相転移はいずれの局所分析点(~10 nm 径)からも確認されなかった。

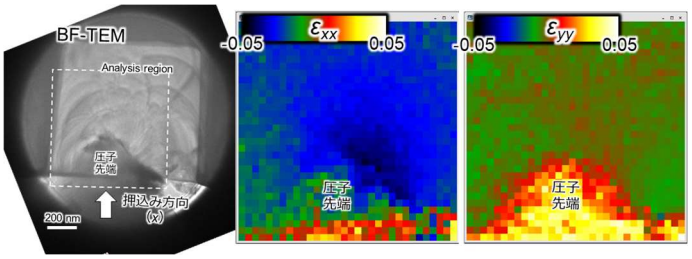


Figure 1. Strain maps of ε_{xx} strain and ε_{yy} strain in an indentation experiment (200 μN) obtained by diffraction imaging analysis. The *x* is direction of the indentation.

【引用文献】
[1] Ophus et al. (2019) *Microsc. Microanal.* **25**, 563.
[2] 三宅ほか (2021) 鉱物科学会
[3] Hu et al. (1986) *Phys. Rev. B* **34** 4679

Key words: electron microscopy, strain analysis, in-situ experiment
*Corresponding author: y-igami@kueps.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Poster presentation | R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-01] Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

*Silpa Ammini Sasidharan[1], Satish-Kumar M[2], Toshiro Takahashi[2] (1. Shimane Univ., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-02] Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U–Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios: Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

*Takashi Yuguchi[1], Daichi Itoh[1], Tatsunori Yokoyama[2], Shuhei Sakata[3], Satoshi Suzuki[1], Yasuhiro Ogita[2], Koshi Yagi[4], Takumi Imura[1], Satoko Motai[1], Takeshi Ohno[5] (1. Yamagata Univ. , 2. JAEA, 3. Univ. Tokyo, 4. Hiruzen Institute, 5. Gakushuin Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-03] Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

*Keisuke ESHIMA[1], Masaaki OWADA[1], Atsushi KAMEI[2], Toru YAMASAKI[3] (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Shimane Univ. Sci., 3. AIST (GSJ))

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-04] Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

[Presentation award entry]

*Yusaku AKIMOTO[1], Masaaki OWADA[1], Mariko NAGASHIMA[1] (1. Yamaguchi Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-05] Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area , Gifu Prefecture, Japan

*Seiya Saijo[1], Toshiro Takahashi[2] (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Fac. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-06] Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

*Akitaka Shibano[1], Toshiro Takahashi[2] (1. Niigata univ. Sci., 2. Niigata univ. Grad. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-07] Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

*Naoki TAKAHASHI[1], Toshiro TAKAHASHI[2] (1. Niigata Univ. Sci, 2. Niigata Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-08] Petrological and geochemical features of High-Mg andesite, High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

*Toshiro Takahashi[1], Akitaka Shibano[2], Jun-ichi Ohki[3], Naoya Iwamoto[4] (1. Niigata Univ, 2. Niigata Univ. Sci., 3. Natural History Museum and Institute, Chiba, 4. Choshi Geopark)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-09] Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

*Takumi Imura[1], Masao Ban[1], Tsukasa Ohba[2] (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Akita Univ.)

Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

A.S. Silpa* (Shimane Univ.), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), Toshiro Takahashi (Niigata Univ.)

The early Earth dynamics including the cooling of mantle and the onset of plate tectonics that modified the composition of mantle through subduction is understood through the limited Archean record. Gradual destruction of the early formed crust at the convergent boundaries has significantly altered the composition of the primitive mantle from Late Archean to Proterozoic. However, periodic emplacement of mantle materials in the form of mafic dyke swarms associated with Large Igneous Provinces (LIPs) into the Archean crust has since long survived and is exposed in the Precambrian terranes all over the world. The Dharwar Craton (3600-2500 Ma) of southern India is one such well-preserved Archean craton where mafic dykes of various generations and greenstone belts are exposed and preserves the evidence of large-scale volcanic activity in the Precambrian. The Dharwar Craton (DC) is chiefly composed of tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) gneisses, greenstone belts, younger granites and numerous mafic dykes cutting across the entire craton. DC has been traditionally divided into two cratonic blocks, namely the Western Dharwar Craton (WDC) and Eastern Dharwar Craton (EDC), based on lithological associations, metamorphic grade and crustal thickness. The mylonitic zone along the eastern boundary of the Chitradurga greenstone belt is considered to be the boundary between these two crustal blocks. The Western Dharwar Craton (DC) contains the oldest nucleus with 3400–3200 Ma TTG-greenstone assemblages and oldest mafic dyke swarms that shows the record of late Archean metamorphic event that affected the craton. The intraplate mafic activity like dyke swarms preserve the composition of the subcontinental lithospheric mantle and is key to our understanding of the geochemical evolution of Archean mantle and early earth dynamics. In this research, we consider the oldest mafic dyke swarm in WDC, known as meta-dolerite dykes, to understand the mantle composition and evolution in Archean. The meta-dolerite dykes showed a remnant ophitic texture in which 50% or less plagioclase laths preserved, and pyroxenes had mostly altered to amphibole. Chlorite was also present in some samples which are confined within areas of lower grade metamorphism in Dharwar craton. SiO_2 content varies from49 to 53 wt%, Al_2O_3 and MgO varies between 10 to 15 wt% and 5 to 15 wt% respectively. The trace and rare earth element geochemical characteristics show an overall depleted nature. The primitive mantle normalized pattern shows depleted LILE and LREE patterns with a slight Ti, Zr and Hf anomalies. The Chondrite normalized rare earth element diagram is more or less flat with a few of the samples showing a slightly enriched LREE indicating the derivation from a depleted source. The initial Sr isotopic ratios ($^{87}Sr/^{86}Sr$) range from 0.70011 to 0.70168) and epsilon Nd values mostly negative (-0.4 to -8) except for three of the dykes showing positive values. The low initial Sr isotopic ratios and negative epsilon values along with the trace, rare earth geochemistry suggests a late Archean depleted subcontinental lithospheric mantle (SCLM) in the source region. The presence of such a depleted source is viable after the major crust building activity involving the TTGs in the craton.

Key words: Late Archean to Proterozoic, Mafic dyke swarms, Archean dynamics, Dharwar craton

Corresponding author E-mail: silpa@riko.shimane-u.ac.jp

三次元的なカソードルミネッセンスパターンと U-Pb 年代，チタン濃度，Th/U 比から推定する大崩山花崗岩中のジルコン成長プロセス

湯口貴史*・伊藤大智(山形大)・横山立憲(原子力機構)・坂田周平(東大地震研)・鈴木哲士(山形大)・小北康弘(原子力機構)・八木公史(蒜山地質年代学研究所)・井村匠・甕聡子(山形大)・大野剛(学習院大)

Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U–Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios: Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

Takashi Yuguchi*, Daichi Itoh (Yamagata Univ.), Tatsunori Yokoyama (JAEA), Shuhei Sakata (Univ. Tokyo), Satoshi Suzuki (Yamagata Univ.), Yasuhiro Ogita (JAEA), Koshi Yagi (Hiruzen Institute), Takumi Imura, Satoko Motai (Yamagata Univ.), and Takeshi Ohno (Gakushuin Univ.)

本研究では，花崗岩体中のジルコン成長プロセスを評価するために，三次元的なカソードルミネッセンス(CL)パターン，U-Pb 年代，チタン濃度，Th/U 比を組み合わせた新たな手法を提案する。適用例として，大崩山花崗岩体のジルコンの成長から，マグマ溜りプロセスの発達に関する検討を行った。大崩山花崗岩体(OKG)は鉛直方向に変化する 3 つの岩相から構成され，試料はそれぞれの岩相から採取した。

ジルコン結晶の三次元的な成長様式は，ジルコンの複数断面（断面の間隔は 5-10 μm）から得られた CL パターンから評価を行った（図 1)。花崗岩体のジルコン U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量（Yuguchi et al. 2020）は，ジルコンの結晶化年代と温度の決定を可能にし，花崗岩質マグマの温度時間履歴の導出を可能にする。その結果，OKG の各岩相は共通した傾向を示し，15-10 Ma の間に 800℃から 650℃までの冷却挙動を有することを解明した。

また，ジルコン中の Th/U 比はマグマ溜り中の分別結晶の指標となることが報告されている（e.g., Kirkland et al., 2015)。本研究で実施する U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量は，ジルコンの結晶化温度の変化と Th/U 比の変化を関連付けること，さらには，マグマ溜り中の温度変化に対する分別結晶の程度の変化を論ずることを可能にする（図２)。このデータを用い，OKG においては約 670℃を境に分別結晶の進行度が変化することを見出した。なお，本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和 3 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」（JPJ007597）の成果の一部である。

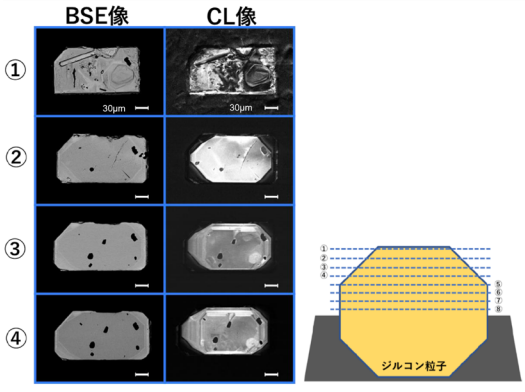


図1　ジルコン（HG2）の複数断面におけるBSE像とCL像

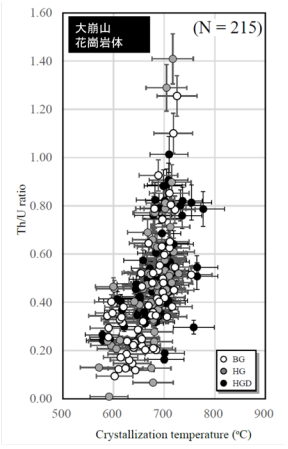


図2　温度とTh/U比の変化

Keywords: 3D CL pattern; Zircon U–Pb dating; Titanium concentration; Th/U ratio; Okueyama granite.

*Corresponding author: takashi_yuguchi@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

北多久苦鉄質複合岩体の結晶化作用と部分溶融現象 -熱源としての可能性-

江島 圭祐*（山口大）・大和田 正明（山口大）・亀井 淳志（島根大）・山崎 徹（産総研）

Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

Keisuke ESHIMA* (Yamaguchi Univ.), Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.), Atsushi KAMEI (Shimane Univ.), Toru YAMASAKI (AIST)

【はじめに】近年，北部九州に産する白亜紀苦鉄質岩から高 Mg 安山岩（HMA）由来の閃緑岩（HMD）が報告されている．このようなマントル起源の苦鉄質マグマは，親マグマや地殻溶融の熱源として花崗岩質マグマの成因に強く関与すると考えられており，白亜紀北部九州花崗岩バソリスのマグマ成因論や地殻進化過程の包括的な理解に強い制約を持つ．しかし，北部九州は白亜紀に活動した火山岩類の露出が非常に少ないため，マントルと共存可能な未分化液組成の特徴を検討することは困難であった．このような問題から北部九州に産する HMA 由来の岩石の性質や起源については，岩体ごとの断片的な検討にとどまっていた．そこで，本発表では未分化なマグマから晶出した Cumulate（北多久苦鉄質複合岩体）を対象とし，その岩石学的特徴および野外産状から北部九州に産する HMA 由来苦鉄質岩の活動に新たな制約を与える．さらに，花崗岩バソリスの熱源としての可能性を母岩との接触域で確認されるミグマタイトの特徴とモデル計算から検証する．

【地質概要】北多久苦鉄質複合岩体は佐賀県多久市天山（標高 1046m）南麓に南北約 3km 東西約 3km の範囲に露出している．天山周辺の地質は，角閃岩と蛇紋岩を母岩とし，それを貫く北多久岩体（Cumulate group, Gabbro group: 7 types）と深江花崗岩（Ms-Bt trondhjemite）および北多久岩体を貫く珪長質岩脈（Trondhjemite–Aplite）と斑状細粒閃緑岩（PFT）岩脈から構成される．苦鉄質岩類は非常に不均質な岩相が特徴的で 3 種の Cumulate が互いに包有し合い，岩体の中腹部にはバンド状に Flow structure の発達した斑れい岩，汚濁帯の発達した Pl を含む斑れい岩および層状構造を持った Cumulate が分布する．

【結晶化作用の特徴】北多久岩体 Cumulate group の結晶化作用は鉱物化学組成の検討からマグマの分化に伴い，Ol-Cpx-Opx → Ol-Cpx-Pl → Cpx-Pl-Hb → Pl-Hb の順に進行したことが考えられる．また，An 値の高い Pl が全体を通して晶出していることから，含水マグマが推定される．含水条件下では，Pl のリキダス温度の低下とともにメルト–斜長石間の Ca–Na の分配係数も変化するため，温度が低下してもカルシックな組成の斜長石を晶出し続けることが可能である（Yoder et al., 1957）．

【親マグマの性質】北多久岩体中で最も未分化組成に近い Cumulate の Cpx の組成から平衡メルト組成を計算した．その結果，液組成は Sanukitic HMA 質のマグマに類似することが明らかとなった．また，その初生マグマが共存したマントルかんらん岩の組成は Cr#>0.5 が推定される．このようなソースマントルは日本列島下のマントル物質としては十分にありえる枯渇度である．

【熱源】北多久岩体に産するミグマタイトの産状から苦鉄質マグマを熱源とした角閃岩の部分溶融現象が考えられる．微量元素を用いたモデル計算の結果から角閃岩の部分溶融メルトと Sanukitic HMA マグマを混合することによって北部九州に産する花崗岩質マグマの多様性を説明することができる．つまり，北部九州のバソリス活動の熱源は Sanukitic HMA である可能性が高い．

Keywords: Cretaceous, Northern Kyushu batholith, Cumulate, Parental magma, Sanukitic HMA

Corresponding author: kesuikemashie@gmail.com(K.Eshima)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

山口県東部玖珂層群に分布する土生花崗閃緑岩の岩石学的特徴

秋本悠作，大和田正明，永嶌真理子（山口大・創成科学）

Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

Yusaku AKIMOTO*, Masaaki OWADA, Mariko NAGASHIMA (Yamaguchi Univ.)

The Habu granodiorite is an elliptical stock with about 5 km from east to west and 4 km from north to south, intruding the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture. The granodiorite is composed of marginal facies and main facies. The marginal facies are exposed on the relatively high-altitude site with dark colored and bear hornblende, whereas, the main facies show light color lacking hornblende. The main facies include dusty-zoned plagioclase grains at the site of close to the marginal facies. Based on the occurrence of the granodiorite and its petrography, the main facies of Habu granodiorite, at first, intruded the Kuga Group, then the marginal facies magma was emplacement on the high structural level of the main facies preserving the fluidal state.

【はじめに】土生花崗閃緑岩は山口県東部玖珂層群に分布する東西約 5km，南北約 4km の花崗岩体である．本岩体は角閃石を含む周縁相と角閃石を欠く主岩相から構成される．これまで本岩体は，起源マグマや年代について議論された．一方，岩相の特徴とその分布，構成鉱物の記載的特徴，モード組成および鉱物化学組成は十分検討されておらず，マグマ過程の解明には至っていない．そこで本研究では，既存の岩石化学データを考慮し，土生花崗閃緑岩の産状や記載岩石学的特徴から，岩体の定置過程を検討した．

【土生花崗閃緑岩の記載的特徴と定置過程】周縁相と主岩相は，それぞれ角閃石黒雲母トーナル岩～花崗閃緑岩と黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩で，野外での観察結果は，両岩相に明瞭な貫入境界はない．周縁相は標高の高い場所に分布する傾向がある．また，有色鉱物と石英+アルカリ長石の量比には，負の相関がある．

周縁相の構成鉱物は，自形～半自形の角閃石と黒雲母，半自形の斜長石，他形のカリ長石，石英からなり，主岩相は，自形～半自形の黒雲母，半自形の斜長石，他形の石英，カリ長石から構成される．周縁相の角閃石は，しばしば黒雲母を包有することから，黒雲母の晶出は角閃石と同時期もしくはそれ以前と考えられる．両岩相の境界部では，融食された黒雲母を核にもつ角閃石が含まれる．また，周縁相に近い場所の主岩相は，汚濁帯を伴う斜長石を含む．こうした産状は固結しつつある主岩相と周縁相がマグマ同士で混交したことを示す．主岩相の組成は標高が高くなるにつれて分化する傾向にある．ハーカー図では，より SiO_2 含有量に乏しい周縁相の組成とともに一連のトレンドを形成する．

以上から，この地域がマグマ定置以降大きく傾動していなかったと仮定した場合，土生花崗閃緑岩主岩相は重力的に分化し，その上位により SiO_2 に乏しい周縁相が累重した累帯深成岩体であると考えられる．そして形成メカニズムは主岩相が定置過程で分化した後，完全に固結する前に周縁相が構造的上位に定置したと推察される．

Keywords: Habu granodiorite, Kuga group, magma mingling

*Corresponding author: c023vcw@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岐阜県中濃地域に分布する前期中新統蜂屋層の岩石学的特徴

西條成*，高橋俊郎（新潟大学）

Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area, Gifu Prefecture, Japan

Seiya Saijo*, Toshiro Takahashi (Niigata Univ.)

蜂屋層は岐阜県中濃地域に分布し，前期中新世（20Ma 前後）の主に凝灰角礫岩～凝灰岩から構成される．西南日本孤では 18Ma 頃の火山フロントは北陸地域に想定されている[1]．しかし，より前弧側の岐阜県中濃地域において蜂屋層の火成活動が知られているにも関わらず，これまで詳細な岩石学的研究は行われてない．本研究では蜂屋層を構成する火山岩類について岩石学的研究を行うことで，そのマグマプロセスの解明，そして前期中新世における西南日本孤前弧域～火山フロントでの火成活動の理解を目的として，記載岩石学的，岩石学的研究手法によって調査を行った．

蜂屋層は美濃帯を基盤とし，中新統蜂屋層が不整合で覆う．蜂屋層は複数の部層に細分され，下位から流紋岩質溶結凝灰岩の栃洞溶結凝灰岩層，デイサイト質凝灰角礫岩の糠洞火砕岩層，玄武岩質～安山岩質凝灰角礫岩および凝灰岩の広橋火砕岩類，上則友火砕岩類，中川辺火砕岩類，洞火砕岩類，野上火砕岩類，塩火砕岩類がそれぞれ整合で累重する[2]．

蜂屋層火山岩類は全岩化学組成において，流紋岩質溶結凝灰岩，角閃石両輝石デイサイトそして安山岩～玄武岩の 3 グループで各酸化物図や微量元素図でそれぞれ独立した分化トレンドを示す．

●Group1：流紋岩質溶結凝灰岩

斑晶鉱物として主に石英を含み，希に斜方輝石，黒雲母，斜長石が含まれる．SiO_2=73-75%.

●Group2：角閃石両輝石デイサイト

主な斑晶鉱物は斜長石，角閃石，斜方輝石，単斜輝石で，希に石英が含まれる．SiO_2=63-68%である．FeO*/MgO vs SiO_2図でカルクアルカリ系列のトレンドを示す．また，高 Sr/Y 比（>30.2），低 Y 量（<24ppm）であり Y vs Sr/Y 図でアダカイト領域にプロットされる[3].

●Group3：カンラン石玄武岩～角閃石安山岩

斑晶鉱物として斜長石，斜方輝石，角閃石，仮像カンラン石，単斜輝石を含み，捕獲結晶として石英が含まれる．SiO_2=51-63%である．また，FeO*/MgO vs SiO_2図ではソレアイト系列のトレンドを示す.

Group2，Group3 について ICP-MS による微量元素組成分析を行った．N-MORB 規格化図において Group2 は Group3 よりも重希土類に枯渇するパターンを示す（ただし一部の Group2 試料には重希土類元素の枯渇は認められない）．また，Group2 は$(Yb)_N$ vs $(La/Yb)_N$図においてもアダカイト領域にプロットされる[4]．一方，Group3 は一般的な島弧火山岩の特徴を示し，そのパターンは北陸地域の前期～中期中新統岩稲層を構成するソレアイト系列火山岩類と類似性が認められた．

Group1～3 は FeO*/MgO vs SiO_2図で明らかに異なるトレンドを示し，それぞれの不適合元素比も異なる．Group2 はアダカイトの特徴を有し，かつ比較的高い Cr，Ni 量（それぞれ最大で 214ppm，76ppm）を持つことから，スラブメルティングによって形成された珪長質マグマがマントルカンラン岩と反応することによって形成された可能性がある．北陸地域の中新統岩稲層からもアダカイトが報告されていることから[5]，当時は広範囲でスラブメルティングが発生していた可能性が指摘される．Group3 はその分化トレンドが斑晶鉱物の分別によって概ね説明できるものの，不適合元素の比が一定でないことや捕獲結晶の石英を含むことから，玄武岩質マグマから AFC によって形成された可能性がある．

引用文献

[1] 高橋, 2006, 地質学雑誌, 112, 1, 14-32.; [2]野村, 1992, 瑞浪市化石博物館研究報告, 19, 75-102.; [3] Defant et al., 1990, NATURE, 347, 662－665.; [4] Martin, 1986, Geology, 14, 753-756.; [5] 渡邊ほか, 2018, 日本地質学会第 125 年学術大会要旨

Keywords: Hachiya Formation, adakate, slab melting

*Corresponding author: f22e073f@mail.cc.niigata-u.ac.jp

能登半島北部に分布する前期中新世火山岩類の全岩化学組成

柴野暉崇[1]*，髙橋俊郎[1]（1. 新潟大学）

Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

Akitaka Shibano[1]*，Toshiro Takahashi[1]（1. Niigata univ.）

北陸地域には日本海拡大に伴って形成されたと考えられる火山岩類が広く分布している．能登半島北部にも前期中新世に噴出・堆積した火山岩類及び堆積岩類から構成される馬緤層、神和住層[1]と神和住層を貫くドレライト貫入岩が分布する．馬緤層と神和住層からは，それぞれ23-19Ma[2]、21-18Ma[3]が報告されており，直接の関係は確認されていないが，これらは同時異相の関係にあると考えられている[1]. [4]はドレライトが 20Ma 頃の年代を示すことから神和住層に含めている．本発表では，馬緤層と神和住層の調査を行った結果，馬緤層の火山岩から高 Mg#直方輝石を含む安山岩が見出されたので，共存する火山岩とともに岩石記載と全岩化学組成を報告する．

岩石記載と全岩 SiO_2，K_2O，FeO*/MgO の特徴に基づいて，能登半島北部に分布する火山岩を 4 つの Type(A～D)に分類した．Type A と Type B は馬緤層の火山岩である． Type A はカンラン石と単斜輝石を持つ玄武岩質安山岩とそれに直方輝石を加えた安山岩から構成される．単斜輝石と直方輝石のコアはそれぞれ Mg#=75-88，85-88 を示す．Type A は低-中カリウム系列に属し，低い FeO*/MgO(0.96-1.4)を示す．Type B は中-高カリウム系列に属し，Type A に比べて高い FeO*/MgO(1.0-5.1)を示す. Type C は神和住層のカンラン石安山岩と単斜輝石直方輝石安山岩である．Type D はドレライトで，Fo=80 前後のカンラン石斑晶を含む．低-中カリウム系列で SiO_2-FeO*/MgO 図においてソレアイトのトレンドを示す．始原的マントル規格化パターン図では、すべて右肩下がりの島弧または陸弧に特徴的な組成パターンを示す. Type A は Type B･C に比べて，Rb，Ba，K などの LILE や Nb、Zr などの HFSE に乏しい傾向がある．コンドライト規格化 REE パターン図では Type A が HREE において最も枯渇的な特徴を示し，急傾斜なパターンを示す．

以上の結果に加えマスバランス計算を用いて Type A と Type B の形成過程を検討した．その結果、これらは Type D の玄武岩質マグマからの結晶分化作用によって形成され得ないことが分かった．また，Type A と Type B はほぼ同一の斑晶鉱物を持ちながら，異なる K_2O，微量元素濃度を持つため，これらの化学組成の変化に対して分別相の差異は大きな役割を果たさないと考えられる．よって，Type A と Type B の形成過程には，マントルソースの部分融解度の差あるいはスラブ起源物質の寄与度の差を想定する必要があると考えられる．

＜引用文献＞

[1] 吉川ほか, 2002, 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 76p.; [2] Kano et al., 2002, Island Arc, 11, 170-184.; [3] 柴田ほか，1981，岩石鉱物鉱床学会誌，76，248-252.; [4] 梅香ほか，2003，日本地質学会第 110 年学術大会要旨．

keywords: calc-alkaline andesite

Corresponding author: shihanoa@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

新潟県加茂地域に分布する中新世珪長質火山岩類の Sr-Nd 同位体比組成

髙橋直希[1]・髙橋俊郎[1]（1. 新潟大学）

Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

Naoki TAKAHASHI*[1] and Toshiro TAKAHASHI[1] (1. Niigata Univ.)

中期中新世東北日本弧には、日本海の拡大に関連した火成活動に由来する火山岩類が広く分布する. この火成活動は 16～13 Ma にピークを迎え, 背弧側では大量の珪長質火山岩に苦鉄質火山岩が伴う特徴を持つ[1]. 本研究では，新潟県加茂地域から福島県只見地域に分布する中新世珪長質火山岩に対して岩石学的研究を行い，その火成活動の解明を目的とする.

本地域は，下部ジュラ紀付加体を基盤とし，中新世の堆積岩類と火山岩類が不整合で被覆する. この中新統は下位より戸ノ入層, 大谷層, 七谷層, 南五百川層に区分され，各層に火山岩が分布する. 戸ノ入層にはデイサイト溶岩，大谷層には流紋岩貫入岩，七谷層には流紋岩貫入岩と苦鉄質貫入岩, 南五百川層は火山砕屑岩および苦鉄質～珪長質火山岩（猿毛岳火山岩部層），流紋岩貫入岩（重倉山火山岩部層）が分布する．大谷層の流紋岩貫入岩から 16.6Ma, 七谷層の流紋岩と苦鉄質貫入岩から 14Ma, 猿毛岳火山岩から 11.4-9.5Ma, 重倉山火山岩は 8Ma と報告されている[2].

本研究では，加茂地域の流紋岩類の Sr-Nd 同位体比組成を明らかにした．それぞれの組成範囲は以下の様になった．大谷層流紋岩：SrI=0.7053-0.7074，NdI=0.5125-0.5127；七谷層流紋岩：SrI=0.7061-0.7072, NdI=0.5125；猿毛岳火山岩流紋岩：SrI=0.7038，NdI=0.5128；重倉山火山岩：SrI=0.7040-0.7043, NdI=0.5127-0.5128. 対局的に大谷層と七谷層の流紋岩は肥沃的な同位体比組成を示し，猿毛岳火山岩流紋岩と重倉山火山岩は枯渇的な組成を示す．よって，前者を E-group 流紋岩，後者を D-group 流紋岩と区分する.

各流紋岩の同位体比組成と共存もしくは同時期に活動した他地域の苦鉄質火山岩を比較すると，E-group 流紋岩と苦鉄質火山岩との差は大きいのに対して, D-group 流紋岩と苦鉄質火山岩の差は相対的に小さい（いずれの場合も流紋岩の方が肥沃的）． 新潟県北部に分布する中新世流紋岩は，その肥沃的な同位体比組成から下部地殻物質の部分溶融で形成されたと議論されている[1]. E-group 流紋岩の同位体比組成は，新潟県北部のものと同じ組成範囲を持つことから，これらも下部地殻物質の部分溶融で形成された可能性がある．一方，D-group 流紋岩はその同位体比組成および微量元素組成の特徴から，共存する苦鉄質マグマが地殻物質を同化しつつ分化し形成された可能性が考えられる．猿毛岳火山岩類に含まれる花崗岩様捕獲結晶は上記の考えを支持する.

本地域に活動した流紋岩マグマは，17-14Ma 頃には下部地殻の部分溶融メルトを起源とし，11-8Ma 頃では玄武岩マグマからの AFC で形成された可能性が示された．このことは 14Ma 以降に地殻内の温度低下（地温勾配に変化）も生じた可能性を示唆している.

【引用】
[1]Shuto et al.，2006，Lithos，86，1-33p,
[2]工藤ほか, 2011, 加茂地域の地質, 1:50000 地質図幅, 産業技術総合研究所，162p,

Keywords: Volcanic Rock，Felsic volcanic rock，NE Japan arc，Miocene
E-mail address：f20e502k@mail.cc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

千葉県銚子地域に産する高 Mg 安山岩および高 Mg 直方輝石を含む安山岩とデイサイトの岩石学的・地球化学的特徴

高橋俊郎[1]，柴野暉崇[1]，大木淳一[2]，岩本直哉[3]
(1.新潟大学，2.千葉県立中央博物館，3.銚子ジオパーク推進協議会)

Petrological and geochemical features of High-Mg andesite, High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

Toshiro Takahashi*, Akitaka Shibano, Jun-ichi Ohki, Naoya Iwamoto
(1.Niigata Univ.; 2.Natural History Museum and Institute, Chiba; 3.Choshi Geopark)

千葉県銚子地域には，前期中新世に前弧域で活動したカンラン石玄武岩質安山岩（高マグネシア安山岩組成を有す）および高 Mg 直方輝石を斑晶鉱物とする直方輝石安山岩と直方輝石デイサイトが分布し，中新統千人塚層を構成する．これら安山岩類（特に高マグネシア安山岩）については，いくつかの地球化学的研究が行われており，スラブメルトとカンラン岩の反応[1]や OIB 起源物質の様な肥沃的マントル物質の関与[2]が議論されている．一方，高 Mg 直方輝石を含む直方輝石デイサイトについての岩石学的研究はほとんどされていなかった．[3]はこれら千人塚層を構成する火山岩類について岩石学的検討を行い，カンラン石玄武岩質安山岩，直方輝石安山岩，直方輝石デイサイトのそれぞれは一連の斑晶鉱物の分別では導かれないことを明らかにした．本発表ではこれら火山岩類について希土類元素を含む微量元素分析と Sr-Nd 同位体比分析を行い，それぞれの起源マグマについて考察を行う．

中新統千人塚層を構成するカンラン石玄武岩質安山岩および高 Mg 直方輝石を斑晶鉱物とする安山岩とデイサイトは、主に溶岩と火砕岩として産し，海岸線沿いに岩礁として点在する．

カンラン石玄武岩質安山岩は，主にカンラン石を斑晶鉱物とし，少量の単斜輝石と直方輝石を斑晶鉱物として含む．このカンラン石斑晶のコアは Fo%=84-88 を示し，高い Ni 含有量（最大 0.55wt%）で特徴づけられる．直方輝石安山岩および直方輝石デイサイトの斑晶鉱物は，斜方輝石のみからなり，デイサイトには稀に斜長石斑晶が見られる．それぞれの直方輝石斑晶のコアは Mg#=82-88（安山岩）および Mg#=84-89（デイサイト）を示す．

N-MORB 規格化図では，千人塚層火山岩類それぞれは共通して強い右肩下がりのパターンを示し，瀬戸内火山岩類の高マグネシア安山岩や北上山地に産する始新世高マグネシア安山岩[4]と共通する特徴を示す．ただし，カンラン石玄武岩質安山岩のみ，一般的な島弧火成岩，特に火山フロント側火山岩に見られる強い Nb と Ta の負の異常が認められず，前期中新世東北日本孤背弧側火山岩[5]よりも弱い負の異常を示す．

ここで[1]，[4]のモデル計算を用いてスラブメルト（海洋地殻起源メルト+堆積物起源メルト）とマントルカンラン岩の反応によって千人塚層の玄武岩質安山岩からデイサイトが形成されるか検討を行った．その結果，海洋地殻起源メルトと堆積物起源メルトの混合比およびマントルカンラン岩との反応量の違いで直方輝石安山岩，直方輝石デイサイトそれぞれの全岩化学組成をおよそ説明することが出来る．しかし，カンラン石玄武岩質安山岩の高い Nb と Ta 含有量は上記モデル計算で再現できなかった（計算結果はスラブメルト組成を反映して低い）．また，カンラン石玄武岩質安山岩のカンラン石斑晶は比較的高い Fo%を示すことから，メタソマタイズを受けたマントル物質の部分溶融でも形成される可能性があるが，いずれにせよ HFS 元素に肥沃的なマントル物質の関与や前弧域マントルウェッジ内でのなんらかの Nb-Ta の濃縮プロセスを考える必要がある．

引用文献
[1] Hanyu et al., 2006, Geochem. Geophys. Geosyst., 7, Q08002.; [2] Hoang et al., 2009, Lithos, 112, 545-555.; [3]柴野ほか, 2021, 日本地質学会第 128 年学術大会要旨; [4]Tsuchiya et al., 2005, Lithos, 79, 179-206.; [5]Sato et al.,2013, J. Petrol., 54, 3, 481-524.

Keywords: high-Mg andesite, high-Mg orthopyroxene, slab melt, melt-mantle reaction
E-Mail: toshirot@geo.sc.niigata-u.ac.jp

蔵王火山 1895 年噴出物に含まれるミョウバン石族鉱物の産状

井村　匠・伴　雅雄（山形大・理）・大場　司（秋田大院・国資）

Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

Takumi Imura *, Masao Ban (Yamagata Univ.) and Tsukasa Ohba (Akita Univ.)

ミョウバン石族鉱物は，地表あるいは地下浅部に形成される酸性変質帯に産出し，産出環境に応じて多様な固溶体組成を示す。活火山では，火山熱水系に由来する噴火による粘土質火砕堆積物中にて，熱水変質岩片の構成物として産する。この場合，ミョウバン石族鉱物の産状ならびにその他鉱物との共生関係は，噴火に関与した熱水の流体化学特性や火山熱水系の構成物を反映する。本研究グループでは，火山熱水系が関与した噴火事例として，蔵王火山 1895 年噴出物を対象とし鉱物学的分析を実施している。ここでは本噴出物中のミョウバン石族鉱物の産状について報告する。

対象とした蔵王火山 1895 年噴出物は噴火イベント推移により Layer 1〜Layer 6 の 6 層に分けられる。このうち Layer 5 および Layer 6 は，火山弾の放出を伴った本噴火のクライマックス期に対応する。いずれの 6 層も青灰〜淡灰色粘土質火山灰を主体とする火砕堆積物であり，火山礫から火山弾サイズの白色珪化岩片および安山岩質〜デイサイト質スコリアを含む。Layer 1〜Layer 6 のそれぞれ火山灰基質部(< 250 μm)に対して，粉末 XRD 分析ならびに SEM-EDS 分析を実施した.

XRD 分析により同定された主要な鉱物は, ミョウバン石族鉱物(alunite-natroalunite-huangite), 石膏, カオリナイト, スメクタイト, クリストバライト, トリディマイトである。ミョウバン石族鉱物およびクリストバライトは全試料に共通して含まれる。Layer 2，Layer 5，Layer 6 の試料は明瞭な石膏の X 線ピークを示す。Layer 5 および Layer 6 の試料には huangite および natroalunite(-2c)に特有な 11-Åの X 線ピークが認められ，カオリナイトおよびパイロフィライトのピークも出現した。

SEM-EDS を用いた個別火山灰粒子の観察により，ミョウバン石族鉱物を含む火山灰粒子は以下の 3 タイプに分類される：(1) 葉片状ミョウバン石族鉱物結晶(huangite-natroalunite)からなる凝集物;(2) クリストバライト-トリディマイト-カオリナイト-パイロフィライトからなる粘土化変質岩片 (alunite-natroalunite-huangite)；(3) クリストバライト-トリディマイトからなる珪化岩片(alunite-natroalunite 優勢)。Layer 1〜Layer 3 の試料を構成する火山灰粒子のほとんどはタイプ(3)の珪化岩片である。安山岩〜デイサイト質スコリア片ないし安山岩質緻密火山岩片も含まれるが，その多くは部分的に珪化変質している。Layer 4 の試料では(3)に加えてタイプ(2)の岩片の割合が増加する。Layer 5 および Layer 6 の試料では，他 2 タイプに加え，タイプ(1)の火山灰粒子が優勢となり，huangite 組成のミョウバン石族鉱物が産出する。

鉱物産状ならびに鉱物組み合わせから, 1895 年噴出物中のミョウバン石族鉱物含有火山灰粒子は，およそ 200-300℃の硫酸酸性流体によって形成した山体内部の変質帯に由来する。噴火に関与した熱水流体も同様の特徴を有すると考えられる。Layer 5 以降のユニットで huangite 組成のミョウバン石族鉱物が優勢となる点は，起源流体となる熱水の pH 上昇，昇温ないし化学組成変化が生じたことを示唆する。これは噴火推移に応じた浅部熱水系へのマグマ性ガスの注入量の増加に起因するかもしれない。

Keywords: Zao Volcano, Subvolcanic hydrothermal system, Lithic ash, Alunite-supergroup minerals, Hydrothermal alteration

*Corresponding author: imura_t@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Poster Online Core Time

Sun. Sep 18, 2022 2:30 PM - 4:30 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 5:30 AM - 7:30 AM UTC | B256/B258 オンラインコアタイム

ポスターセッション共通オンラインコアタイム

2:30 PM - 4:30 PM JST | 5:30 AM - 7:30 AM UTC

[core time] ポスターセッション共通オンラインコアタイム

Poster Online Core Time

ポスターセッション共通オンラインコアタイム

Sun. Sep 18, 2022 2:30 PM - 4:30 PM B256/B258 (オンラインコアタイム)

2:30 PM - 4:30 PM

[core time]ポスターセッション共通オンラインコアタイム

©Japan Association of Mineralogical Sciences