

Thu. Sep 16, 2021

Zoom Session 1

Oral presentation

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

Chairperson: Takaaki Kawazoe (Hiroshima University), Takeshi Sakai (Ehime University)

9:30 AM - 12:15 PM Zoom Session 1

[R3-01] Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite

*KAZUTAKA YAMAGUCHI¹, Takaaki Kawazoe¹, Toru Inoue¹ (1. Hiroshima Univ. Advanced Science and engineering.)

9:30 AM - 9:45 AM

[R3-02] Rheological weakening induced by the olivine-ringwoodite transformation

*Rikuto Honda¹, Tomoaki Kubo¹, Yuichiro Mori², Yuta Goto¹, Takuya Iwasato³, Yuji Higo⁴, Masaaki Miyahara⁵ (1. Kyushu Univ., 2. U. Tokyo, 3. Shin-Nippon Nondestructive Inspection Co., Ltd., 4. JASRI, 5. Hiroshima Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[R3-03] Effect of Al on high pressure hydrous minerals stable under mantle transition zone and lower mantle conditions

*Akio Ohta¹, Toru Inoue¹, Masamichi Noda⁴, Sho Kakizawa¹, Takaaki Kawazoe¹, Tomoko Sato¹, Toru Shinmei², Tetsuo Irifune², Naoya Sakamoto³, Hisayoshi Yurimoto³ (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Ehime Univ. GRC, 3. Hokkaido Univ. Sci., 4. Hiroshima Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R3-04] Redetermination of enthalpy of Mg₂SiO₄ wadsleyite

*Hiroshi Kojitani¹, Toru Inoue², Masamichi Noda², Masaki Akaogi³ (1. Gakushuin Univ., Sci., 2. Hiroshima Univ., Advanced Sci. and Eng., 3. Univ. Tokyo, Sci.)

10:15 AM - 10:30 AM

[R3-05] Lattice preferred orientation of akimotoite

Longli Guan¹, *Daisuke Yamazaki¹, Noriyoshi Tsujino¹ (1. IPM, Okayama Univ.)

10:30 AM - 10:45 AM

[R3-06] Effect of water on the post-spinel transition in (Mg,Fe)₂SiO₄ system

Yuri SHINODA, *Toru Inoue¹, Sho KAKIZAWA¹, Masamichi NODA³, Takaaki KAWAZOE¹, Tomoko SATO¹, Toru SHINMEI², Tetsuo IRIFUNE² (1.

Hiroshima Univ. Adv.Sci.Eng., 2. Ehime Univ. GRC, 3. Hiroshima Univ. Sci.)

11:00 AM - 11:15 AM

[R3-07] The effect of water on the high-pressure phase transition of pyroxene– garnet system

*Yasushi Ueno¹, Toru Inoue¹, Masamichi Noda², Sho Kakizawa¹, Takaaki Kawazoe¹, Tomoko Sato¹, Toru Shinmei³, Tetsuo Irifune³, Koji Ohara⁴ (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Hiroshima Univ. Sci., 3. Ehime Univ. GRC, 4. JASRI)

11:15 AM - 11:30 AM

[R3-08] Pressure-induced phase transformation of CoSO₄·6H₂O (Moorhouseite) and determination of crystal structure of a new high-pressure phase

*Zhenghao Zhao¹, Kazuma Komatsu¹, Keishiro Yamashita¹, Hiroyuki Kagi¹, Satoshi Nakano² (1. Uni. Tokyo Sci., 2. NIMS)

11:30 AM - 11:45 AM

[R3-09] Compressibility and blue-shifting OH groups of Mg(OH)F under high pressure

*Xuejing He¹, Hiroyuki Kagi¹, Kazuki Komatsu¹, Satoshi Nakano² (1. UTokyo, 2. NIMS)

11:45 AM - 12:00 PM

[R3-10] Structure of sodium silicate aqueous solution under high pressure

*Tomoko Sato¹, Fumiya Noritake², Akane Yamamoto¹, Satoru Urakawa⁴, Daisuke Wakabayashi³, Nobumasa Funamori³ (1. Hiroshima Univ., 2. Yamanashi Univ., 3. KEK, 4. Okayama Univ.)

12:00 PM - 12:15 PM

Zoom Session 2

Oral presentation

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Chairperson: Tatsuhiko Kawamoto (Shizuoka University), Atsushi Kamei (Shimane University), Masao Ban (Yamagata University)

9:30 AM - 12:00 PM Zoom Session 2

[R6-01] Origin of Na/K diversity of basaltic magmas from Rishiri Volcano

*Hajime Taniuchi^{1,2}, Takeshi Kuritani², Mitsuhiro

Nakagawa² (1. Shizuoka Univ., 2. Hokkaido Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM

[R6-02] Isotope and REE compositions of Miocene basalt in the central Kii Peninsula, Japan

*Takaharu Sato¹, Masataka Aizawa² (1. Osaka Museum Nat. Hist., 2. Ryukyus Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[R6-03] Petrography of Shikanoshima basic rocks at Itoshima Peninsula.

Mio Ifuku¹, *Tomoharu Miyamoto¹, Kazuhiko Shimada¹ (1. Kyushu Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R6-04] Petrogenesis of the Khangai granitoids, central Mongolia: Implications for the crustal generation

*Dolzodmaa Boldbaatar¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Atsushi Kamei², Tatsuro Adachi¹ (1. Kyushu Univ., 2. Shimane Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM

[R6-05] Gabbro– Diorite– Tonalite complex: Formation of juvenile crust in active continental margin, Cretaceous north Kyushu batholiths, southwest Japan

*Masaaki Owada¹, Shungo Toyama⁴, Atsushi Kamei², Yasuhito Osanai³, Nobuhiko Nakano³, Tatsuro Adachi³ (1. Yamaguchi Uni. Sci., 2. Shimane Uni. Sci., 3. Kyushu Uni. Int. Sci., 4. AI United Eng. Inc.)

10:45 AM - 11:00 AM

[R6-06] Architecture of the lower crust beneath the fast-spreading axis of the Oman Ophiolite deduced from the ICDP Oman Drilling

*Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Takahiro Fudai³, Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹ (1. Kanazawa Univ., 2. GSJ, AIST, 3. Pacific Cement)

11:00 AM - 11:15 AM

[R6-07] Intrasegment variation of oceanic crustal structure of the Oman Ophiolite

*Soma Okada¹, Susumu Umino², Yuki Kusano³, Sumio Miyashita⁴, Yoshiko Adachi⁵ (1. Kanazawa Uni. Sci., 2. Kanazawa Uni., 3. AIST, 4. Hokkaido Sogo Chishitsu, 5. CRIEPI)

11:15 AM - 11:30 AM

[R6-08] Petrology of pumice stone in the 39 ka caldera-forming eruption of Mendelev volcano (Kunashir Island)

*Alexey Kotov¹, Sergey Smirnov², Noriyoshi

Tsuchiya¹, Masaaki Uno¹ (1. Tohoku Uni, 2. Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk)

11:30 AM - 11:45 AM

[R6-09] Petrological and geochemical studies of igneous rocks in the Nidar ophiolite complex, northwest India

*Akinori Sato¹, Takeshi Imayama¹, Dutta Dripta², Yasuaki Kaneda³, Shota Watanabe³, Takeshi Hasegawa³, Masayo Minami⁴, Yuki Wakasugi⁴, Shigeyuki Wakaki⁵ (1. Okayama Univ Sci., 2. IIT Bombay., 3. Ibaraki univ., 4. Nagoya univ., 5. Kochi JAMSTEC)

11:45 AM - 12:00 PM

Zoom Session 3

Oral presentation

S2: Water Rock Interaction (Special Session)

Chairperson: Noriyoshi Tsuchiya (Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

9:30 AM - 12:45 PM Zoom Session 3

[greeting] セッションコンビンナー挨拶

9:30 AM - 9:35 AM

[S2-02] Weathering and alteration experiments of volcanic ash and pumice in an oxidative environment

*Nagisa Okabe², Hiroshi Isobe¹ (1. Kumamoto Univ., 2. Kumamoto Univ., Grad. Sch. Sci. Tech)

9:50 AM - 10:05 AM

[S2-03] Sr isotopic variation of the CM1A core samples of Oman ophiolite

*Masako Yoshikawa¹, Tomoyuki Shibata¹, Asyraf Mohamed Aminuddin², Ryoko Senda³, Tomoaki Morishita² (1. Hiroshima Univ., 2. Kanazawa Univ., 3. Kyushu Univ.)

10:05 AM - 10:20 AM

[S2-04] Antigorite vein formation and fluid flow in the crust-mantle transition zone in the Oman ophiolite

*Kazuki Yoshida¹, Atsushi Okamoto¹, Ryosuke Oyanagi², Masao Kimura³ (1. Tohoku Univ., 2. Kokushikan Univ., 3. KEK)

10:20 AM - 10:35 AM

[S2-05] Submarine and subaerial metamorphism recorded in fluid inclusions of carbonates in Wadi Dima serpentinite, Sultanate of Oman

*Tomohiro Inukai¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Marguerite Godard² (1. Shizuoka Univ. Sci, 2. Montpellier Univ. CNRS)

10:35 AM - 10:50 AM

[S2-06] Estimation of vein-permeability structure based on automated characterization of veins in the 3-D X-ray CT core images: Application to the GT sites of the Oman Drilling Project

*Yuya Akamatsu¹, Ikuo Katayama¹, Keishi Okazaki², Katsuyoshi Michibayashi³, The Oman Drilling Project Phase 1 Science Party (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC, 3. Nagoya Univ.)

10:50 AM - 11:05 AM

[S2-07] Dynamics Rupturing of Hydrothermal Vein Revealed in Ichinokawa Breccia, Central Shikoku

*Geri Agroli¹, Masaoki Uno¹, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ.)

11:05 AM - 11:20 AM

[S2-08] Dissolution behaviors of silicate minerals in the presence of chelating agents under alkaline conditions

*Jiajie Wang¹, Noriaki Watanabe¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ.)

11:35 AM - 11:50 AM

[S2-09] Evaluation of dynamics of crustal fracturing and fluid flow revealed by static and petro-equilibrium analyses

*Diana Mindaleva¹, Masaoki Uno¹, Takayoshi Nagaya², Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku University, 2. The University of Tokyo)

11:50 AM - 12:05 PM

[S2-10] Poroelasticity-driven cementation of dehydrating rocks: Implications for dawn-dragged fluids in subduction zones

*Wakana Fujita¹, Michihiko Nakamura¹, Kentaro Uesugi² (1. Tohoku Univ. Sci., 2. JASRI)

12:05 PM - 12:20 PM

[S2-11] Synthesis of fluid inclusion under moderate hydrothermal conditions and determination of protein

*XIAOTIAN CHEN¹, J. Wang¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ. GSES)

12:20 PM - 12:35 PM

[greeting] セッションコンビーナー挨拶

12:35 PM - 12:45 PM

Zoom Session 2

Oral presentation

R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

Chairperson: Kazuki Komatsu, Ayako Shinozaki, Mariko Nagashima

2:00 PM - 5:15 PM Zoom Session 2

[R2-01] Synthesis and single crystal structure analysis of pyrite-type PdSb₂.

*Akira Yoshiasa¹, Makoto Tokuda², Ginga Kitahara¹, Kohei Unoki¹, Akihiko Nakatsuka³, Kazumasa Sugiyama² (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Mat., 3. Yamaguchi Univ. Sci.)

2:00 PM - 2:15 PM

[R2-02] Chemical formula, crystal structure and dielectric properties of swedenborgite

*Hidetomo Hongu¹, Akira Yoshiasa¹, Mayu Yoshihara¹, Ginga Kitahara¹, Kohei Unoki¹, Makoto Tokuda², Kazumasa Sugiyama², Koichi Momma³, Ritsuro Miyawaki³ (1. Kumamoto Univ., 2. Tohoku Univ., 3. National Museum of Nature and Science)

2:15 PM - 2:30 PM

[R2-03] Crystal structure of low-symmetry cassiterite from Ohtani mine, Kyoto, Japan

*Kazuki Kanazawa¹, Takahiro Kuribayashi¹, Toshiro Nagase² (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Mus.)

2:30 PM - 2:45 PM

[R2-04] Structural change of Al-bearing CaTiO₃ perovskite

*TAKAYA NAGAI¹, Naoki Takakura¹, Yosuke Matsumoto¹, Xianyu Xue² (1. Hokkaido Univ. Sci., 2. Okayama Univ. IPM)

2:45 PM - 3:00 PM

[R2-05] Crystal chemistry of Au_{1-x}Ag_xTe₂ minerals: structure analyses krennerite (x=0.13) and sylvanite (x=0.32)

*Ginga Kitahara¹, Akira Yoshiasa¹, Hidetomo Hongu¹, Makoto Tokuda², Kazumasa Sugiyama², Koichi Momma³, Ritsuro Miyawaki³ (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. IMR, 3. National Museum)

3:05 PM - 3:20 PM

[R2-06] Cation distribution in Fe,Co,Ni-bearing Pentlandite

*Takumi Ichimura¹, Makoto Tokuda², Kazumasa

Sugiyama², Akira Yoshiasa³, Takashi Mikouchi⁴ (1. Tohoku Univ. Eng., 2. IMR, Tohoku Univ., 3. Kumamoto Univ. Sci., 4. Mus. Tokyo Univ.)

3:20 PM - 3:35 PM

[R2-07] Structural Analysis of ilvaite: distribution of Fe²⁺, Fe³⁺ and Mn²⁺.

*Yutaro Inoue¹, Toru Kawamata², Takashi Mikouchi³, Kazumasa Sugiyama² (1. Eng. Tohoku Univ., 2. IMR Tohoku Univ., 3. The University Museum, The Univ. of Tokyo)

3:35 PM - 3:50 PM

[R2-08] High-temperature single-crystal X-ray diffraction study of Cs-exchanged chabazite: a crystallographic study on dehydration behavior

*Naomi Kawata^{1,2}, Keiko Fujiwara¹, Makio Ohkawa³, Akihiko Nakatsuka¹ (1. Yamaguchi Univ. Sci. Tech. Innov., 2. Hiroshima Univ. N-BARD, 3. Hiroshima Univ. Sci. Eng.)

3:50 PM - 4:05 PM

[R2-09] Crystallization of Cristobalite and Tridymite in a CaO-MgO-Li₂O-V₂O₅ Flux System: Isothermal Heating Experiments of Amorphous Silica

*Toshiya Abe¹ (1. Yamaguchi Univ. Sci.)

4:10 PM - 4:25 PM

[R2-10] Pressure-response of Ba-bearing calcite

*Hiroyuki Kagi¹, Ayaka Saito¹ (1. UTokyo, Sci.)

4:25 PM - 4:40 PM

[R2-11] Incorporation of L-aspartic acid into calcite lattice through amorphous calcium carbonate

*Shiho Marugata¹, Hiroyuki Kagi¹, Kazuki Komatsu¹ (1. Uni. Tokyo. Sci.)

4:40 PM - 4:55 PM

[R2-12] Mineralogical property of a silica potassium fertilizer, "Keisankari" and its dissolution process in soil

*Hiroaki Ohfuji¹, Hiroki Takeuchi², Yo Toma³, Tomoji Hanyu² (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Kaihatsuhiryō Co Ltd., 3. Hokkaido Univ. Agr.)

4:55 PM - 5:10 PM

[discussion] 総合討論

5:10 PM - 5:15 PM

Zoom Session 1

Oral presentation

R3: High-pressure science and deep Earth's

material

Chairperson: Takaaki Kawazoe (Hiroshima University)

2:00 PM - 3:00 PM Zoom Session 1

[R3-11] Back-transformation kinetics in high-pressure minerals

*Tomoaki Kubo¹, Ko Kamura¹, Masahiro Imamura¹, Yoshinori Tange², Yuji Higo², Masaaki Miyahara³ (1. Kyushu Univ., 2. JASRI, 3. Hiroshima Univ.)

2:00 PM - 2:15 PM

[R3-12] Possible compositional area of Al bearing anhydrous bridgmanite at the uppermost lower mantle condition

*Masamichi NODA¹, Toru INOUE², Sho KAKIZAWA², Takaaki KAWAZOE², Toru SHINMEI³, Tetsuo IRIFUNE³, Koji OHARA⁴ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 3. Ehime Univ. GRC, 4. JASRI)

2:15 PM - 2:30 PM

[R3-13] Density deficit of Earth's inner core revealed by a multi-megabar rhenium pressure scale

*Eiji Ohtani¹, Daijo Ikuta¹, Hiroshi Fukui^{2,3}, Tatsuya Sakamaki¹, Daisuke Ishikawa^{4,3}, Alfred Q Baron^{3,4} (1. Tohoku Uni. Sci., 2. Uni Hyogo, Sci., 3. RIKEN, 4. JASRI)

2:30 PM - 2:45 PM

[R3-14] The electrical conductivity of (FeO)_m(Fe₂O₃)_n iron oxides at high pressure

*Shuhou Maitani¹, Ryosuke Sinmyo¹, Takayuki Ishii², Saori Kawaguchi³ (1. Meiji Uni. Sci., 2. BGI/HPSTAR, 3. JASRI)

2:45 PM - 3:00 PM

Zoom Session 3

Oral presentation

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson: Keisuke Fukushi (Kanazawa University), Tadashi Yokoyama (Hiroshima University), Jun Kawano (Hokkaido University), Hiroshi Sakuma (NIMS), Satoshi Utsunomiya (Kyushu University)

2:00 PM - 5:15 PM Zoom Session 3

[R4-01] Analysis of molybdenum adsorption formation on oxide by surface complexation model

*Akihiro Okuyama¹, Keisuke Fukushi¹, Teruhiko Kashiwabara² (1. Kanazawa Uni. Sci., 2. JAMSTEC)

2:00 PM - 2:15 PM

[R4-02] Particulate plutonium released from the Fukushima Daiichi meltdowns

*Satoshi Utsunomiya¹ (1. Kyushu Univ. Sci.)

2:15 PM - 2:30 PM

- [R4-03] Study of absorption characterization of radiocesium for environmental mineral - Possibility of absorption in amphibole and feldspars

*Hiroki Hagiwara¹, Hiromi Konishi² (1. JAEA, 2. Niigata Univ.)

2:30 PM - 2:45 PM

- [R4-04] Speciation and solubility of arsenic, lead, and cadmium in contaminated soils from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

*Baasansuren Gankhurel¹, Keisuke Fukushima¹, Akitoshi Akehi¹, Yoshio Takahashi², Natsumi Takeda¹, Xiaolan Zhao³, Kazuo Kawasaki⁴ (1. Kanazawa Univ., 2. Uni. of Tokyo, 3. Chang'an Univ., 4. Uni. of Toyama)

2:45 PM - 3:00 PM

- [R4-05] Desorption behavior of heavy metals from contaminated soils: A surface complexation modeling

*Natsumi Takeda¹, Akihiro Okuyama¹, Baasansuren Gankhurel¹, Keisuke Fukushima¹ (1. Kanazawa Univ. Sci.)

3:00 PM - 3:15 PM

- [R4-06] Interlayer structure changes of experimentally weathered phlogopite

*Sayako Inoue¹, Kenji Tamura², Kei Midorikawa^{2,3}, Toshihiro Kogure⁴ (1. Ehime Uni. GRC, 2. NIMS, 3. Hosei Univ., 4. Uni. Tokyo)

3:15 PM - 3:30 PM

- [R4-07] Saponite-ammonium interaction: Reconstruction of ammonium concentration of early ocean on Ceres

*Hiroto Tokumon¹, Keisuke Fukushima², Yasuhito Sekine³, Kosuke Inoue¹ (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ, 3. Tokyo Institute of Technology)

3:45 PM - 4:00 PM

- [R4-08] Variation of lattice constants with Na substitution in biogenic aragonites

*Taiga Okumura¹, Masahiro Yoshimura¹, Toshihiro Kogure¹ (1. Univ. Tokyo Sci.)

4:00 PM - 4:15 PM

- [R4-09] Formation conditions of calcium carbonate hemihydrate

*Mai Suyama¹, Keisuke Fukushima¹, Takuma Kitazima¹

(1. Kanazawa Univ. Sci.)

4:15 PM - 4:30 PM

- [R4-10] The reason why the air in pores specifically reduces the dissolution of carbonate minerals

*Tadashi Yokoyama¹, Naoki Nishiyama² (1. Hiroshima Uni., 2. Tsukuba Uni.)

4:30 PM - 4:45 PM

- [R4-11] Solubility of Amorphous Magnesium Carbonate at Low Temperature

*Kitajima KITAJIMA Takuma¹, Fukushi Keisuke², Yasuhito Sekine³, Masahiro Yoda⁴, Baasansuren Gankhurel¹, Davaadorj Davaasuren⁵, Yoshio Takahashi⁶ (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. K-INET, 3. Tokyo Univ. Sci., 4. ELSI, 5. National University of Mongolia, 6. Tokyo Univ.)

4:45 PM - 5:00 PM

- [R4-12] **Mixing of carbon element in iridescent labradorite feldspar**

*Yasunori Miura¹ (1. Yamaguchi University/Faculty of Science (Post))

5:00 PM - 5:15 PM

Zoom Session 1

Oral presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Shunsuke Endo, Yui Kouketsu

3:30 PM - 5:00 PM Zoom Session 1

- [R8-01] Verification of problems in Raman geobarometry

*Yui Kouketsu¹, Yuki Tomioka¹, Tadao Nishiyama², Masaki Enami³ (1. Nagoya Univ. Environ., 2. Kumamoto Univ., 3. Nagoya Univ.)

3:30 PM - 3:45 PM

- [R8-02] **Rheological study of ultrahigh pressure metamorphic rocks: an example from Jadeite-quartzite, Dabie-Shan, China**

*Katsuyoshi Michibayashi¹, Kouhei Asano¹, Tomohiro Takebayashi¹ (1. Nagoya Uni. Env.)

3:45 PM - 4:00 PM

- [R8-03] Constraint on deformation temperatures of the Karasaka mylonite, western Shikoku

*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)

4:00 PM - 4:15 PM

- [R8-04] Coalescing detrital zircon geochronology and

litho-structural mapping in identification of
MBT in Himachal Himalayas

*Dyuti Prakash Sarkar¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹,
Gautam Ghosh² (1. Hiroshima Uni., 2. Presidency
Uni.)

4:15 PM - 4:30 PM

[R8-05] **The Physico-chemical evolution of
carbonaceous material during low-grade
metamorphism of Archean stromatolites by
Raman spectroscopy and carbon isotopes**

*Kiran Sasidharan¹, Madhusoodhan Satish-Kumar¹,
Yoshihiro Nakamura², Tomozaku Hokada³, Hiroaki
Ohfuji⁴ (1. Niigata Uni., 2. Geological Survey of
Japan, AIST, 3. National Institute of Polar Research,
4. Tohoku Uni.)

4:30 PM - 4:45 PM

[R8-06] Frictional melting process during formation of
pseudotachylyte, Sarwar-Junia fault zone,
India

*Junya Okazaki¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹ (1.
Hiroshima Uni. Sci.)

4:45 PM - 5:00 PM

Fri. Sep 17, 2021

Zoom Session 2

Oral presentation

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

Chairperson: Masanori Kurosawa, Koichi Momma, Yasuyuki
Banno

2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 2

[R1-01] Characteristics and problems of absorption
correction in quantitative chemical analysis by
ATEM

*Kiyoshi Fujino¹, Naotaka Tomioka², Hiroaki Ohfuji³
(1. Non, 2. JAMSTEC, 3. Tohoku Univ.)

2:00 PM - 2:15 PM

[R1-02] Compositional dependence of EFG tensor of
Fe²⁺ in M1 site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama¹, *Keiji Shinoda¹, Yasuhiro Kobayashi²
(1. Osaka City Univ. Sci., 2. KURNS)

2:15 PM - 2:30 PM

[R1-03] Preliminary report on ICP-MS quantitative
analysis of U, Th, and Pb in mantle-derived
olivine and serpentine

*Takenori Kato¹, Yukiko Kozaka³, Yoshihiro Asahara²,
Yui Kouketsu², Katsuyoshi Michibayashi² (1. ISEE,
Nagoya Univ., 2. Nagoya Univ., 3. ISEE, Nagoya Univ,
Kochi Univ.)

2:30 PM - 2:45 PM

[R1-04] Differences of trace element in Japanese
Akoya Cultured Pearl

*Kentaro Emori¹, Hiroshi Kitawaki¹, Masahiro Sato²,
Junko Yazaki² (1. Central Gem Laboratory, 2. Pearl
Science Laboratory)

2:45 PM - 3:00 PM

[R1-05] Sulphur atom positions of katoite from Tadano,
Fukushima Prefecture, Japan

*Yasuyuki Banno¹, Koichi Momma², Ritsuro Miyawaki²,
Michiaki Bunno³ (1. AIST, 2. NMNS, 3. Univ. of
Tokyo)

3:00 PM - 3:15 PM

[R1-06] Occurrence and genesis of Ca-rich nepheline
and associated minerals in the Kajishiyama
basanite, Tsuyama, Okayama Prefecture, SW
Japan

*Keiya Yoneoka¹, Maki Hamada¹, Syoji Arai¹ (1.
Kanazawa Uni. Nat.)

3:15 PM - 3:30 PM

[R1-07] Local structure of Ni and Ni minerals in
listvenite in the Nishisonogi unit Nagasaki
metamorphic rocks

*Kohei Unoki¹, Tadao Nishiyama¹, Ginga Kitahara¹,
Akira Yoshiasa¹, Makoto Tokuda², Kunio Yubuta³,
Kazumasa Sugiyama² (1. Kumamoto Uni. Sci., 2.
Tohoku Uni., 3. Kyushu Uni.)

3:30 PM - 3:45 PM

[R1-08] Cylindrical amesite from Yakiyama, Iizuka,
Fukuoka Prefecture, Japan

Yuki Isshiki², Yuya Takeda², *Seiichiro Uehara¹,
Satomi Enju³ (1. Kyushu Univ. Museum, 2. Kyushu
Univ. Fac. Sci., 3. Ehime Univ.)

4:00 PM - 4:15 PM

[R1-09] Follow-up report on Chibaite from north Fossa
Magna area, central Japan

*Koichi Momma¹, Hiroshi Miyajima², Norimasa
Shimobayashi³, Takashi Ishibashi⁴, Nobuyuki
Takayama⁵, Toshiro Nagase⁶, Ritsuro Miyawaki¹,
Satoshi Matsubara¹, Akira Ijiri⁷, Yoshihiro Furukawa⁸
(1. NMNS, 2. Itoigawa City Council Member, 3. Kyoto
Univ., 4. Masutomi Mus. Geo. Sci., 5. Friends of Fossa

Magna Museum, 6. Tohoku Univ., Mus., 7. Kobe Univ.,
8. Tohoku Univ.)
4:15 PM - 4:30 PM

- [R1-10] Mn-dominant variety of tetrahedrite from
Teine mine, Hokkaido
*Koichi Momma¹, Masaaki Shimizu², Yoko Kusaba¹,
Yoshiya Ohki³ (1. NMNS, 2. Hokuriku Polytechnic
College, 3. Nippon Chigaku Kenkyu-kai)
4:30 PM - 4:45 PM

Zoom Session 1

Oral presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics
Chairperson: Yoshihiro Nakamura, Shunsuke Endo
2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 1

- [R8-07] UHT metamorphic rocks from northern Mogok,
Myanmar
Khaing Nyein Htay², *Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko
Nakano¹, Bolgbaatar Dolzodmaa⁴, Ippei Kitano³, Zaw
Htet⁴, Tatsuro Adachi¹, Masaaki Owada⁵ (1. Kyushu
Univ. SCS, 2. GIM, Myanmar, 3. Tochigi Pref. Mus., 4.
Kyushu Univ. ISGS, 5. Yamaguchi Univ.)
2:00 PM - 2:15 PM
- [R8-08] Mixing and fluid-related processes in the slab-
mantle interface during incipient subduction:
records from the Dalrymple Amphibolite,
Philippines
*Gabriel Theophilus Vinalay Valera¹, Tetsuo
Kawakami¹, Betchaida Duetes Payot² (1. Kyoto
Univ., 2. Univ. of the Philippines)
2:15 PM - 2:30 PM
- [R8-09] **Pressure-Temperature path of a pelitic gneiss
from Menipa, Sør Rondane Mountains, East
Antarctica**
*Tetsuo Kawakami¹, Masayasu Suzuki¹ (1. Kyoto Uni.
Sci.)
2:30 PM - 2:45 PM
- [R8-10] Uranium–Lead ages of grossular, titanite and
apatite in a pelitic schist (Menipa, Sør Rondane
Mountains, East Antarctica)
*Sota Niki¹, Tetsuo Kawakami², Tatsuro Adachi³,
Masaaki Uno⁴, Fumiko Higashino², Takafumi Hirata¹
(1. Univ. Tokyo Sci., 2. Kyoto Univ. Sci., 3. Kyushu
Univ., 4. Tohoku Univ.)
2:45 PM - 3:00 PM

- [R8-11] Counterclockwise and clockwise *P-T* histories
recorded in a single sample? (Brattnipene, Sør
Rondane Mountains, East Antarctica)
*Hayato Ikeda¹, Tetsuo Kawakami¹, Fumiko
Higashino¹ (1. Kyoto Uni. Sci.)
3:00 PM - 3:15 PM

- [R8-12] **Non-barometric behaviour of Na pyroxenes in
blueschist-facies metamorphic rocks**
*Wataru J Yabuta¹, Takao Hirajima² (1. Non, 2.
Kyoto Univ.)
3:30 PM - 3:45 PM

- [R8-13] **Crystal size distribution and compositional
zoning of garnet formed by two-stage growth
in the Kotsu eclogite and basic schist,
Sanbagawa belt**
*Otgonbayar Dandar¹, Atsushi Okamoto¹, Masaaki
Uno¹ (1. Tohoku University. Graduate School of
Environmental Studies)
3:45 PM - 4:00 PM

- [R8-14] Formation of garnet aggregate of the Khungui
eclogite in the Zavkhan Terrane, Western
Mongolia
*Manzshir Bayarbold¹, Atsushi Okomata¹, Otgonbayar
Dandar¹, Masaaki Uno¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1.
Tohoku University)
4:00 PM - 4:15 PM

- [R8-15] Occurrence of CH₄–N₂-bearing aqueous fluid
inclusions in jadeite-bearing chlorite–grossular
rock from the New Idria serpentinite body,
California
*Rio Rio¹, Tatsuki Tsujimori¹ (1. Tohoku
University)
4:15 PM - 4:30 PM

- [R8-16] Garnet zoning in the Yukinoura serpentinite mé-
lange, the Nishisonogi metamorphic rock.
*Tadao Nishiyama¹, Koohei Unoki¹, Akira Yoshiasa¹
(1. Kumamoto Univ.)
4:30 PM - 4:45 PM

Zoom Session 3

Oral presentation

**S1, S4: Earth materials science related to igneous
processes and plate convergence region (Joint
Special Session)**
Chairperson: DYUTI PRAKASH SARKAR (Hiroshima Uni.), Morihisa
Hamada (Japan Agency for Marine-Earth Science and

Technology)

2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 3

- [S1,S4-01] Relationship of slow earthquakes to intraslab and inland earthquakes in the Nankai subduction zone
*Saeko Kita¹, Heidi Houston², Suguru Yabe³, Sachiko Tanaka⁴, Youichi Asano⁴, Takuo Shibutani⁵, Naoki Suda⁶ (1. BRI, 2. Univ. of Southern California, 3. AIST, 4. NIED, 5. DPRI, Kyoto Univ., 6. Hiroshima Univ.)
2:00 PM - 2:30 PM
- [S1,S4-02] Depth profile of frictional properties inferred from cuttings obtained at the Nankai trough C0002 drilling site
*RIHO FUJIOKA¹, Katayama Ikuo¹, Kitamura Manami², Okuda Hanaya³, Hirose Takehiro⁴ (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. AIST, 3. Univ. of Tokyo, AORI, 4. JAMSTEC Kochi Institute)
2:30 PM - 2:45 PM
- [S1,S4-03] Temperature dependence of direct effect on the friction of single-crystal muscovite from room to elevated temperature
*Hiroshi Sakuma¹, Diane Moore², David Lockner² (1. NIMS, 2. USGS)
2:45 PM - 3:00 PM
- [S1,S4-04] Relationship between hydrothermal fluid-induced illite and void, and faulting process
*Jun-ichi Ando¹, Kouta Kojima¹, Kaushik DAS¹, Naotaka Tomioka², Seiichiro Uehara³ (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC · Kochi Core Center, 3. Kyushu Univ.)
3:00 PM - 3:15 PM
- [S1,S4-05] Influence of pore geometry and alteration minerals on seismic wave velocities of Epidosite collected from the Oman Drilling Projects
*Kumpei Nagase¹, Ikuo Katayama¹, Kohei Hatakeyama², Yuya Akamatsu¹, Keishi Okazaki³ (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. Meisei Univ., 3. JAMSTEC)
3:30 PM - 3:45 PM
- [S1,S4-06] Fluid inclusions in calcite of serpentinite mud seamounts in the Mariana forearc
*Chihaya Yamamoto¹, Kento Kugimiya¹, Shinya Ishido¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Yuji Ichiyama² (1. Shizuoka Univ. Sci., 2. Chiba Univ. Sci.)

3:45 PM - 4:00 PM

- [S1,S4-07] Diffusive fractionation of carbon isotopes in rhyolitic melt

*Akira Kawahara¹, shumpei Yoshimura¹ (1. Hokkaido Univ. sci.)

4:00 PM - 4:15 PM

- [S1,S4-08] Investigation of the magma evolution process inferred from major and trace element compositions of amphibole

*Ikuo Okada¹, Tomoyuki Shibata¹, Masako Yoshikawa¹, Hidemi Ishibashi², Takeshi Sugimoto³, Yasutaka Hayasaka¹ (1. Hiroshima Univ., 2. Shizuoka Univ., 3. Geothermal Engineering Co., Ltd.)

4:15 PM - 4:30 PM

- [S1,S4-09] Crystal habit change of groundmass pyroxenes depending on magma ascent paths revealed by single-step decompression experiments

*Shota Okumura¹, Satoshi Okumura², Akira Miyake¹ (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Sci.)

4:30 PM - 4:45 PM

Sat. Sep 18, 2021

Zoom Session 2

Oral presentation

R5: Extraterrestrial materials

Chairperson: Tomoki Nakamura, Yusuke Seto, Shogo Tachibana

9:00 AM - 12:15 PM Zoom Session 2

- [R5-01] **Comparative consideration of Earth's mineral from three major events: Solid formation of other celestial bodies**

*Yasunori Miura¹ (1. Yamaguchi University/Graduate Science (Post))

9:00 AM - 9:15 AM

- [R5-02] Crystallographic orientation analysis of olivine in dunitic achondrites: Magmatic crystallization and deformation in protoplanets

*Takashi Mikouchi¹, Atsushi Takenouchi², Akira Yamaguchi³, Masahiro Yasutake⁴, Anthony J. Irving⁵ (1. Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ., 3. NIPR, 4. JASRI, 5. Univ. of Washington)

9:15 AM - 9:30 AM

- [R5-03] Igneous body of quenched angrites in comparison with komatiites

*Hideyuki Hayashi¹, Takashi Mikouchi² (1. EPS, U.
Tokyo, 2. UM, U. Tokyo)
9:30 AM - 9:45 AM

[R5-04] Constraints on the cooling rate recorded by
silica minerals using Mesosiderites

*Haruka Ono¹, Atsushi Takenouchi², Takashi
Mikouchi³, Akira Yamaguchi⁴, Naoji Sugiura¹ (1.
Chiba Inst. Tech., PERC, 2. Kyoto Univ., Museum, 3.
Univ. of Tokyo, Museum, 4. NIPR)
9:45 AM - 10:00 AM

[R5-05] Multi-probe microscopy analysis of NWA 10153
and NWA 6148

*Kakeru Kukihara¹, Masaaki Miyahara¹, Akira
Yamaguchi², Yoshio Takahashi³, Yasuo Takeichi⁴,
Naotaka Tomioka⁵, Eiji Ohtani⁶ (1. Hiroshima Uni.
Sci., 2. NIPR, 3. Tokyo Uni. Sci., 4. KEK, 5. JAMSTEC,
6. Tohoku Uni. Sci.)
10:00 AM - 10:15 AM

[R5-06] Evaluation of Fe valence state change in
plagioclase by shock events as inferred from
micro-XANES analysis

*Wataru Satake¹, Takashi Mikouchi², Kousuke
Kurosawa¹, Haruka Ono¹, Takafumi Niihara²,
Takafumi Matsui¹ (1. CIT, 2. Univ. Tokyo)
10:15 AM - 10:30 AM

[R5-07] Shock recovery experiments of jarosite

Kohei Kawano², *Masaaki Miyahara¹, Takamichi
Kobayashi³, Toshimori Sekine⁴, Hiroki Suga⁵, Yoshio
Takahashi⁶ (1. Hiroshima Uni., 2. Sci. Hiroshima Uni.,
3. NIMS, 4. Osaka Univ., 5. JASRI, 6. Univ. of Tokyo)
10:45 AM - 11:00 AM

[R5-08] Shock features in Antarctic H6 chondrites

*Atsushi Takenouchi¹, Akira Yamaguchi^{2,3} (1. The
Kyoto Univ. Museum, 2. NIPR, 3. SOKENDAI)
11:00 AM - 11:15 AM

[R5-09] **Construction of a multi-element XANES library
of layered silicates used for water
metamorphism analysis in meteorite mother
celestial bodies**

*Kosuke Inoue¹, Keisuke Fukushi¹, Hiroki Suga³,
Yoshio Takahashi², Takahiro Kawai², Yasuo Takeichi⁴
(1. Kanazawa Uni.Sci, 2. Tokyo Uni.Sci, 3. SPring-8,
4. KEK)
11:15 AM - 11:30 AM

[R5-10] The application of the XAFS method and
oxidative hydrothermal alteration experiments

from reproduced I-type cosmic spherules

*Huimin Shao², Hiroshi Isobe¹, Ginga Kitahara², Akira
Yoshiasa¹ (1. Kumamoto Univ., 2. Kumamoto Univ.,
Grad. Sch. Sci. Tech)
11:30 AM - 11:45 AM

[R5-11] Hydration process of amorphous silicate
nanoparticles analyzed by quasielastic neutron
scattering at high temperature

*Takuo Okuchi¹, Naotaka Tomioka², Yusuke Seto³,
Yuhei Umeda¹, Takeshi Yamada⁴, Hiromu
Tamatsukuri⁵, Kaoru Shibata⁵ (1. Kyoto Univ., 2.
JAMSTEC, 3. Kobe Univ., 4. CROSS, 5. JAEA)
11:45 AM - 12:00 PM

[R5-12] Oxygen isotope exchange experiments between
Ca-, Al-rich inclusion (CAI) melt and carbon
monoxide gas

*Daiki Yamamoto¹, Noriyuki Kawasaki², Shogo
Tachibana³, Michiru Kamibayashi³, Hisayoshi
Yurimoto² (1. JAXA, 2. Hokkaido Univ., 3. Univ. of
Tokyo)
12:00 PM - 12:15 PM

Zoom Session 3

Oral presentation

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology
(Joint Session with Society of Resource Geology)

Chairperson: Takuya Echigo(秋田大学), Norikatsu
Akizawa(Atmosphere and Ocean Research Institute, The Univ.
Tokyo)

9:30 AM - 12:15 PM Zoom Session 3

[R7-01] Fertile Iherzolite in the Upper Zone of Horoman
peridotite complex

Yumeno Kogure², *Eiichi Takazawa¹, Hitomi Kimura¹
(1. Niigata Uni. Sci., 2. Niigata Uni. Grad.)
9:30 AM - 9:45 AM

[R7-02] About notation of mineral names seen in junior
high school science textbooks

*Shintaro Hayashi¹, Shin-ichi Kawate², Michio Kiji³,
Satoshi Miyajima⁴ (1. Akita. Univ. Edu., 2. Musashi
High School, 3. Ritsumeikan Senior High School, 4.
Kumagaya High School)
9:45 AM - 10:00 AM

[R7-03] High purity elemental separation technique for
LREEs from silicate matrix

*Bidisha Dey¹, Tomoyuki Shibata¹, Masako Yoshikawa¹
(1. Hiroshima Uni. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R7-04] Geology and iron mineralization in the Akatani skarn deposit, Shibata city, Niigata Prefecture.

*Kotaro Seno¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹, Shogo Aoki¹ (1. Akita Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM

[R7-05] Ancient melting event recorded in fore-arc peridotite

*Norikatsu Akizawa¹, Akira Ishikawa², Ryo Fujita², Teruaki Ishii³ (1. AORI, Univ. Tokyo, 2. Tokyo Tech., 3. Shizuoka Univ.)

10:30 AM - 10:45 AM

[R7-06] Petrology of the serpentized peridotite from Hayama Blet in Miura peninsula

*Natsue Abe^{1,2} (1. JAMSTEC, 2. Kanazawa Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM

[R7-07] Geology and Epithermal gold-silver mineralization of Bousawa deposit in Akita, Japan

*Kazuki Hirata¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹, Shougo Aoki¹ (1. Akita Univ.)

11:00 AM - 11:15 AM

[R7-08] Geology and Au mineralization of the Hata deposit, Akita, Japan

*Yuki Konuma¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹ (1. Akita Uni. In.)

11:15 AM - 11:30 AM

[R7-09] Fine structures of omphacite in CaO-Na₂O-CO₂ rich fluid

*Shugo Ohi¹, Shusuke Kinoshita², Yohei Igami², Akira Miyake², Takao Hirajima² (1. Shiga Uni. Education, 2. Kyoto Uni. Science)

11:30 AM - 11:45 AM

[R7-10] U-Pb age of the Oritate travertine from Unazuki area, Toyama, Japan.

*Mayuko Fukuyama¹, Masatsugu Ogasawara² (1. Akita Univ., 2. GSJ, AIST)

11:45 AM - 12:00 PM

[discussion] 総合討論

12:00 PM - 12:15 PM

Zoom Session 1

Oral presentation

S3: Tectonics of East Asia (Special Session)

Chairperson: Kosuke Kimura (KOSEN, Kure College), Kaushik Das (Hiroshima Univ. Sci.)

10:00 AM - 12:00 PM Zoom Session 1

[S3-01] Zircon U-Pb dating of granitoids in western Nagasaki, southwest Japan

*Yukiyasu Tsutsumi¹, Kenichiro Tani¹ (1. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

10:00 AM - 10:15 AM

[S3-02] Multi-stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia

*Takeshi Imayama¹, Ryoichi Kawabata¹, Takenori Kato², Chang Whan Oh³, Kenji Horie⁴, Mami Takehara⁴ (1. Okayama Univ. of Sci., 2. Nagoya Univ., 3. Jeonbuk National Univ., 4. NIPR)

10:15 AM - 10:45 AM

[S3-03] **Tonoshiki breccia recording the signature of the closure of Maizuru back-arc basin during Permian-Triassic boundary**

*Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}, Kenta KAWAGUCHI³, Jun-ichi ANDO^{1,2} (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. HIPER, 3. Jeonbuk Nat. Univ., Korea)

10:45 AM - 11:00 AM

[S3-04] Mixing process of oceanic crust of BAB spectrum and continental crust in the Maizuru belt, SW Japan

*Yasutaka Hayasaka¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

11:00 AM - 11:15 AM

[S3-05] Age variation of granitoids of Tsuwano Complex, SW Japan

*Kosuke Kimura¹, Yasutaka Hayasaka², Tomoyuki Shibata², Kaushik Das², Kenta Kawaguchi³ (1. KOSEN, Kure College, 2. Hiroshima Univ. Sci., 3. Jeonbuk Nat. Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM

[S3-06] The tectonic evolution of the Northeast Asia including Korea and Japan from Permian to Cretaceous

*Chang Whan Oh¹ (1. Jeonbuk National Univ., Republic of Korea)

11:30 AM - 12:00 PM

Thu. Sep 16, 2021

ePoster Session

Poster presentation

R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[R2P-01] Inhibitory effect of vaterite transition to calcite in the freezing environment.

*Noboru Furukawa¹, Hinako Okita¹ (1. Chiba Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R2P-02] Dynamics of Guest Molecules of Melanophlogite and Chibaite

*Kouta Hiranuma¹, Koichi Momma³, Maho Kageyama², Yui Shiraishi², Hidekazu Okamura¹, Naoki Noguchi¹ (1. Tokushima Univ. Tech., 2. Tokushima Univ. Sci And Tech., 3. Nat'l. Mus. Nat. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

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

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[R3P-01] Measurements of local stress using TEM in-situ observation

*Akira MIYAKE¹, Yohei Igami¹, Toru Matsumoto¹, Satoko Motai³, Ryuichi Nomura² (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ., 3. Yamagata Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-02] **Re-evaluation of phase transitions in bismuth**

*Shigeaki Ono¹ (1. JAMSTEC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-03] Pressure-induced phase transitions of tridymite by Raman spectroscopy

*Masami Kanzaki¹ (1. Okayama U. IPM)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-04] Carbon isotope fractionation during the formation of Diamond from Stearic acid under HP-HT condition

*Hideaki Kawamura¹, Hiroaki Ohfuji¹, Madhusoodhan Satish-Kumar², Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-05] Phase boundary between diasporite and δ -AlOOH

*Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-06] In-situ IR measurements of bridgmanite single crystal at high pressure using DAC

*Noriyoshi Tsujino¹ (1. Okayama Univ., IPM)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-07] Water contents of magma as functions of pressure and temperature at the uppermost lower mantle

*OKUMURA KOTA¹, Toru INOUE¹, Sho KAKIZAWA¹, Masamichi NODA¹, Takaaki KAWAZOE¹, Tomoko SATO¹, Toru SHINMEI², Tetsuo IRIFUNE² (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Ehime Univ. GRC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-08] Partial molar volume of Fe₂O₃ in magma at high pressure

Rintaro Ban¹, *Akio Suzuki¹, Tatsuya Sakamaki¹ (1. Tohoku Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-09] Refractive index measurement of SiO₂ glass at high pressure

*Takeshi Sakai¹, Hideto Mimori¹ (1. Ehime Univ., GRC)

9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

R4: Mineral sciences of the Earth surface

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[R4P-01] Distribution of calcite-aragonite on skeletons of scleractinian coral

*Satoko Motai¹, Saki Harii², Naotaka Tomioka³, Motoo Ito³ (1. Yamagata Univ., 2. Univ. Ryukyus, 3. JAMSTEC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R4P-02] Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

*Gen Takahashi¹, Taiga Okumura¹, Michio Suzuki², Toshihiro Kogure¹ (1. Univ. Tokyo, Sci., 2. Univ. Tokyo, Agri.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R4P-03] **Measurement of the cation exchange selectivity of saponite**

*Yohei Noji¹, Keisuke Fukushima², Hiroto Tokumon² (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Kanazawa Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

-
- [R6P-01] Temperatuer and pressure conditions of
intrusive and emplacement processes of the
Sakainokami plutonic body, Northeast Japan
*Satoshi Suzuki¹, Nobuo Asai¹, Kazuo Nakashima¹,
Takashi Yuguchi¹ (1. Yamagata Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-02] Petrography of the granitic and metamorphic
rocks in Minami-Zao and Kuriko areas, central
part of Abukuma Belt, Northeast Japan
*Jun-ichi Maruyama¹, Shin-ichi Kagashima² (1.
Yamagata Uni. Sci., 2. Yamagata Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-03] Zircon U-Pb ages of the plutonic rocks in the
eastern part of the Abukuma Mountains
*Masumi Mikoshiba¹, Yutaka Takahashi¹, Kazuya
Kubo¹, Tohru Danhara², Hideki Iwano², Takafumi
Hirata³ (1. AIST, 2. Kyoto Fission-Track Co. Ltd., 3.
Univ. Tokyo Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-04] Genesis and development processes of
fractures in granite: petrographic indicators
of hydrothermal alteration
*Takashi Yuguchi¹, Eiji Sasao², Yuya Izumino¹ (1.
Yamagata Uni. Sci., 2. JAEA)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-05] Cathodoluminescence oscillatory zoning of
anhedral K-feldspar from equigranular Toki
granite
*Mai Nonaka¹, Takashi Yuguchi¹, Satoshi Suzuki¹,
Takumi Iuura¹, Kazuo Nakashima¹, Tadao Nishiyama²
(1. Yamagata Uni. Sci., 2. Kumamoto Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-06] Petrography and whole-rock geochemical
compositions of mafic rocks occurring in the
Kajishima, Shisaka Islands, Ehime Prefecture
*Kazuya Shimooka¹, Satoshi Saito¹ (1. Ehime Uni.,
Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R6P-07] Relationship between cathodoluminescence
images and titanium and aluminum
concentrations in quartz from the Okueyama
granite
*MINORI WATANABE¹, TAKENORI KATO², YASUHIRO

OGITA³, TAKASHI YUGUCHI¹ (1. Yamagata Univ., 2.
Nagoya Univ., 3. JAEA)
9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

S2: Water Rock Interaction (Special Session)

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

-
- [S2P-01] Fluid mediated dissolution and reprecipitation
process recorded in the garnet of the HP
marble collected from the Sanbagawa eclogite
mass.
*Kenta Yoshida¹, Hikaru Sawada¹, Sota Niki²,
Ryosuke Oyanagi³ (1. JAMSTEC, 2. Uni. Tokyo, 3.
Kokushikan Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-02] Developments of simultaneous measurements
for elastic-wave velocity, electrical
resistivity, and porosity of rocks
*Ikuo Katayama¹, Kazumasa Tanimoto¹ (1.
Hiroshima Univ., Earth and Planetary Systems Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-03] LILE mobility at each metamorphic stage
recorded in the Sanbagawa metamorphic belt:
Application of Protolith Reconstruction Model
*Satoshi Matsuno¹, Masaoki Uno¹, Atsushi
Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ.
Env.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-04] Temperature and pressure dependencies in
elastic wave propagation through granite in
hydrothermal environments
*Katsuya Mizuno¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi
Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-05] Coupled model of TL decay kinetics and heat
conduction model of thermoluminescence of
feldspar
*Takahiro Sato¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi Tsuchiya¹
(1. Tohoku Uni. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM

Fri. Sep 17, 2021

ePoster Session

Poster presentation

R1: Characterization and description of minerals

(Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

- [R1P-01] EPMA + LA-ICPMS analysis using 1 : 2 glass bead
*Eiji Nakata¹, Mei Yukawa¹ (1. CRIEPI)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-02] Transmission Kikuchi diffraction analysis using a SEM apparatus and its application to fine grains within ultramylonitic peridotite
*Yohei Igami¹, Katsuyoshi Michibayashi² (1. Kyoto Univ., 2. Nagoya Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-03] Chemical features of high-salinity fluid inclusions in quartz crystals from Oohinata acidic rocks, Nagano prefecture.
*Masanori Kurosawa¹, Takuya Tsuda² (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Grd. Sch., Univ. Tsukuba)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-04] Ore and skarn minerals of the Umegakubo deposit of the Naganobori cooper mine, Yamaguchi Prefecture, Japan
*Yuka Kubotsu¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-05] Ore minerals of the Ichinosaka silver mine, Yamaguchi Prefecture, Japan
*Miyako Okatani¹, Mariko Nagashima² (1. Ubekousankonsarutanto, 2. Yamaguchidaigakuin · souseikagaku)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-06] Arsenic-bearing minerals (arsenic, zý kaite) from Tozawa, Gunma Prefecture
*Takashi Yamada¹, Yasuhiro Kosuge², Takashi Fujiwara³, Takashi Ishibashi³ (1. Friends of Mineral, Tokyo/Masutomi Museum of Geo-science, 2. Friends of Mineral, Tokyo, 3. Masutomi Museum of Geo-science)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-07] Whewellite from Ishidera, Wazuka, Kyoto Prefecture, Japan
*Yohei Shirose¹, Kenji Tsuruta², Norimasa Shimobayashi³ (1. Grad. Sch., Ehime Univ., 2. Kyoto City Univ. Arts., 3. Grad. Sch., Kyoto Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM

- [R1P-08] The higher hydrated analogue of zaccagnaites from the Ikuno mine, Hyogo Prefecture, Japan
*Masayuki Ohnishi¹, Norimasa Shimobayashi², Daisuke Nishio-Hamane³, Shoichi Kobayashi⁴, Takeshi Hisano⁵ (1. Non, 2. Sci., Kyoto Univ., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Okayama Univ. of Sci., 5. Kwansei Gakuin Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-09] Matsubaraite, renegeite, tö rnebohmit-(Ce) and rare minerals in Osayama jadeitite
*Daisuke Nishio-Hamane¹, Mitsuo Tanabe (1. ISSP, Univ. of Tokyo)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-10] Mineralogy of garnet from Mt. Kutsuna, Matsuyama, Ehime Prefecture
*Shota Oshima¹, Yohei Shirose² (1. Ehime Kensetsu Consultants Co.,Ltd, 2. Grad. Sch., Ehime Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-11] Occurrence of zeolites in Tsuo andesite from Nagato City, Yamaguchi Prefecture, Japan
*Mariko Nagashima¹, Miyu Nishioka² (1. Yamaguchi Uni. Sci. Tech. Innov., 2. Yamaguchi Uni. Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-12] Alteration of boninite and the phillipsite formed in its amygdale
*Yuki Inoue¹, Kazuhiko Shimada¹, Mana Yasui², Atsushi Yamazaki², Hiroshi Hagiya⁴, Jun-ichiro Ishibashi³, Tasuku Akagi¹ (1. Kyushu Univ. Sci., 2. Waseda Univ., 3. Koube Univ., 4. Tokyo City Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R1P-13] Formation process of secondary minerals in hydrothermally altered basalt from Kouragahana, Shimane Peninsula, Japan
*Shuichi Ito¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

R5: Extraterrestrial materials

9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

- [R5P-01] Thermal and shock history of diogenites on the basis of the occurrence of silica minerals
*Rei Kanemaru¹, Akira Yamaguchi^{1,2}, Naoya Imae^{1,2}, Atsushi Takenouchi³ (1. SOKENDAI, 2. NIPR, 3. Kyoto univ.)
9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology
(Joint Session with Society of Resource Geology)
9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

- [R7P-01] The formation of ultra-refractory peridotite from the Kamuikotan belt, Hokkaido
*Ikuya Nishio¹, Tomoaki Morishita¹, Keita Itano¹, Akihiro Tamura¹, Yuji Ichiyama², Shun Takamizawa², Shoji Arai¹ (1. Kanazawa Uni., 2. Chiba Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R7P-02] Occurrence and formation mechanism of libethenite from Arakawa mine, Akita prefecture, Japan
*Teruhiro Suzuki¹, Yuho Fujimaki¹, Takuya Echigo¹, Yasushi Watanabe¹ (1. Akita Uni. IRS.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R7P-03] Crystal size distribution analysis of mottled anorthosite in the Bushveld complex, South Africa
*YOSHIDA SHUHEI¹, ECHIGO TAKUYA¹, WATANABE YASUSHI¹ (1. Akita University. Graduate School of International Resource Sciences)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R7P-04] Compositional variation of talc in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan
Daisuke Miyamoto¹, *Toshio Nozaka¹ (1. Okayama Univ. Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R7P-05] **Chemical composition of tourmaline from Li-pegmatite of Myokenzan, Ibaraki prefecture, Japan.**
*Hotaka Ishizawa¹, Takuya Echigo¹, Yasushi Watanabe¹ (1. Akita Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics
9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

- [R8P-01] Different growth timings of host garnet and inclusion osumilite in a garnet-sillimanite gneiss from Rundvågshetta, the Lützow-Holm Complex, East Antarctica
*Kota Suzuki¹, Tetsuo Kawakami¹ (1. Kyoto Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-02] Chemical compositions of garnet from felsic

granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Mio Naito¹, Kensuke Yamane¹, Daisuke Nakamura¹, Takao Hirajima², Martin Svojtka³ (1. Okayama Univ., 2. Kyoto Univ., 3. Academy of Science of the Czech Republic)

9:30 AM - 6:30 PM

[R8P-03] Research of Sanbagawa crystalline schists in Shibukawa region, central Japan

*Yuki Tomioka¹, Kouketsu Yui¹, Michibayashi Katsuyoshi¹ (1. Nagoya Uni. Env.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R8P-04] Origin and metamorphism of serpentinite in the Suo metamorphic rocks in the Nichinan area, SW Japan

*Shunsuke Endo¹, Makoto Okamoto¹, Taiki Nishikawa¹ (1. Shimane Uni.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R8P-05] Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane

*Kaushik Das¹, Sankar Bose², Gautam Ghosh², Proloy Ganguly³ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Presidency Uni. India, 3. Kazi Nazrul Uni. India)

9:30 AM - 6:30 PM

[R8P-06] Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogoke Metamorphic Belt, Myanmar

*Zaw Htet Htet¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹, Khaing Nyein Htay² (1. Kyushu Univ, 2. Gemological Institute of Myanmar)

9:30 AM - 6:30 PM

[R8P-07] Nature and timing of anatectic event of the Hida Belt (Japan): Constraints from titanite geochemistry and U-Pb age of clinopyroxene-bearing leucogranite

*Hironobu Harada¹, Tatsuki Tsujimori², Yoshiaki Kon³, Shogo Aoki⁴, Kazumasa Aoki⁵ (1. Grad. Sch. of Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. AIST, 4. Akita Univ., 5. Okayama Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

S3: Tectonics of East Asia (Special Session)
9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[S3P-01] Detrital zircon U– Pb dating of Paleozoic high-pressure metamorphic rocks in northeastern Japan
*Ayaka Okamoto¹, Yuji Ichiyama¹, Hisatoshi Ito² (1. Chiba Univ. , 2. CRIEPI)
9:30 AM - 6:30 PM

Poster presentation

S1, S4: Earth materials science related to igneous processes and plate convergence region (Joint Special Session)
9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[S4P-01] Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro
*Takeyoshi Matsunaga¹, Junichi Ando¹, Das Kaushik¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM

[S4P-02] Kinematics of Main Central Thrust estimated from microstructure of mylonite, Himayala
*Hirotoshi Kotama¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹, Dyuti Prakash Sarkar¹ (1. Hiroshima University)
9:30 AM - 6:30 PM

Zoom Session 1

JAMS General Meeting, Award ceremony

JAMS General Meeting, Award ceremony
9:00 AM - 10:10 AM Zoom Session 1

[committees] 委員会
9:00 AM - 10:10 AM

Zoom Session 2

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees
10:15 AM - 10:45 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演
10:15 AM - 10:45 AM

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees
10:45 AM - 11:15 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演
10:50 AM - 11:20 AM

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees
11:20 AM - 11:40 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演
11:20 AM - 11:40 AM

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees
11:40 AM - 12:00 PM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演
11:40 AM - 12:00 PM

Zoom Session 1

各種委員会

Various Committees
5:00 PM - 6:30 PM Zoom Session 1

[committees] 委員会
5:00 PM - 6:30 PM

Zoom Session 3

民間企業と学生会員の交流会

民間企業と学生会員の交流会
5:30 PM - 7:00 PM Zoom Session 3

Wed. Sep 15, 2021

oVice会場

アイスブレイカー

アイスブレイカー
6:30 PM - 8:00 PM oVice会場

Zoom Session 2

各種委員会

将来企画委員会
6:00 PM - 6:30 PM Zoom Session 2

Thu. Sep 16, 2021

oVice会場

談話室

2021年9月16日(木) 09:00 ~ 18:30 oVice会場 談話室
9:00 AM - 6:30 PM oVice会場

オンライン懇親会

オンライン懇親会

6:30 PM - 8:30 PM oVice会場

Fri. Sep 17, 2021

oVice会場

談話室

2021年9月17日(金) 09:00 ~ 20:00 oVice会場 談話室

9:00 AM - 8:00 PM oVice会場

Sat. Sep 18, 2021

oVice会場

談話室

2021年9月18日(土) 09:00 ~ 17:00 oVice会場 談話室

9:00 AM - 5:00 PM oVice会場

Sun. Sep 19, 2021

Zoom配信

一般普及講演会「はやぶさ2」

日本鉱物科学会・日本惑星科学会 合同開催一般普及講演会

「はやぶさ2：小惑星リュウグウ探査6年間の旅、そして地上サンプル分析と新たな旅へ」

1:00 PM - 3:00 PM Zoom配信

Thu. Sep 16, 2021

Zoom Session 1

各種委員会

JMPS編集委員会

5:30 PM - 6:30 PM Zoom Session 1

Zoom Session 2

各種委員会

GKK編集委員会

12:30 PM - 1:00 PM Zoom Session 2

Fri. Sep 17, 2021

Zoom Session 1

各種委員会

IMA小委員会

12:30 PM - 1:30 PM Zoom Session 1

Sat. Sep 18, 2021

Zoom Session 2

各種委員会

財政問題 WG

1:15 PM - 2:00 PM Zoom Session 2

Zoom Session 1

Closing Ceremony

Closing Ceremony

12:30 PM - 1:00 PM Zoom Session 1

[ceremony] クロージングセレモニー

12:30 PM - 1:00 PM

Oral presentation

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

Chairperson: Takaaki Kawazoe (Hiroshima University), Takeshi Sakai (Ehime University)

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 12:15 PM Zoom Session 1

[Chairperson]

Takeshi Sakai: R3-01 - R3-07

Takaaki Kawazoe: R3-08 - R3-10

[R3-01] Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite

*KAZUTAKA YAMAGUCHI¹, Takaaki Kawazoe¹, Toru Inoue¹ (1. Hiroshima Univ. Advanced Science and engineering.)

9:30 AM - 9:45 AM

[R3-02] Rheological weakening induced by the olivine-ringwoodite transformation

*Rikuto Honda¹, Tomoaki Kubo¹, Yuichiro Mori², Yuta Goto¹, Takuya Iwasato³, Yuji Higo⁴, Masaaki Miyahara⁵ (1. Kyushu Univ., 2. U. Tokyo, 3. Shin-Nippon Nondestructive Inspection Co., Ltd., 4. JASRI, 5. Hiroshima Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[R3-03] Effect of Al on high pressure hydrous minerals stable under mantle transition zone and lower mantle conditions

*Akio Ohta¹, Toru Inoue¹, Masamichi Noda⁴, Sho Kakizawa¹, Takaaki Kawazoe¹, Tomoko Sato¹, Toru Shinmei², Tetsuo Irifune², Naoya Sakamoto³, Hisayoshi Yurimoto³ (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Ehime Univ. GRC, 3. Hokkaido Univ. Sci., 4. Hiroshima Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R3-04] Redetermination of enthalpy of Mg₂SiO₄ wadsleyite

*Hiroshi Kojitani¹, Toru Inoue², Masamichi Noda², Masaki Akaogi³ (1. Gakushuin Univ., Sci., 2. Hiroshima Univ., Advanced Sci. and Eng., 3. Univ. Tokyo, Sci.)

10:15 AM - 10:30 AM

[R3-05] Lattice preferred orientation of akimotoite

Longli Guan¹, *Daisuke Yamazaki¹, Noriyoshi Tsujino¹ (1. IPM, Okayama Univ.)

10:30 AM - 10:45 AM

[R3-06] Effect of water on the post-spinel transition in (Mg,Fe)₂SiO₄ system

Yuri SHINODA, *Toru Inoue¹, Sho KAKIZAWA¹, Masamichi NODA³, Takaaki KAWAZOE¹, Tomoko SATO¹, Toru SHINMEI², Tetsuo IRIFUNE² (1. Hiroshima Univ. Adv.Sci.Eng., 2. Ehime Univ. GRC, 3. Hiroshima Univ. Sci.)

11:00 AM - 11:15 AM

[R3-07] The effect of water on the high-pressure phase transition of pyroxene-garnet system

*Yasushi Ueno¹, Toru Inoue¹, Masamichi Noda², Sho Kakizawa¹, Takaaki Kawazoe¹, Tomoko Sato¹, Toru Shinmei³, Tetsuo Irifune³, Koji Ohara⁴ (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Hiroshima Univ. Sci., 3. Ehime Univ. GRC, 4. JASRI)

11:15 AM - 11:30 AM

[R3-08] Pressure-induced phase transformation of CoSO₄·6H₂O (Moorhouseite) and determination of crystal structure of a new high-pressure phase

*Zhenghao Zhao¹, Kazuma Komatsu¹, Keishiro Yamashita¹, Hiroyuki Kagi¹, Satoshi Nakano² (1.

Uni. Tokyo Sci., 2. NIMS)

11:30 AM - 11:45 AM

[R3-09] Compressibility and blue-shifting OH groups of Mg(OH)F under high pressure

*Xuejing He¹, Hiroyuki Kagi¹, Kazuki Komatsu¹, Satoshi Nakano² (1. UTokyo, 2. NIMS)

11:45 AM - 12:00 PM

[R3-10] Structure of sodium silicate aqueous solution under high pressure

*Tomoko Sato¹, Fumiya Noritake², Akane Yamamoto¹, Satoru Urakawa⁴, Daisuke Wakabayashi³, Nobumasa Funamori³ (1. Hiroshima Univ., 2. Yamanashi Univ., 3. KEK, 4. Okayama Univ.)

12:00 PM - 12:15 PM

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）

Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite

Kazutaka YAMAGUCHI*, Takaaki KAWAZOE, Toru INOUE

(Advanced Science and Engineering, Hiroshima 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 $\text{MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 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。

高温高压実験は、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°Cと 1500°C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。

3. 結果および考察

1500°C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。

$(\text{Mg}_{0.9}, \text{Fe}_{0.1})_2\text{SiO}_4$ 組成のウォズリアイトは低酸素分圧下において 2300°Cで熔融する (Ohtani et al., 1998)。よって本実験の結果に基づくウォズリアイトの熔融温度は高酸素分圧の影響により約 800°C下がると言える。

Keywords: Wadsleyite, Ferric iron, High oxygen fugacity, Melting temperature

*Corresponding author: m213373@hiroshima-u.ac.jp

オリビン-リングウッドイト相転移が誘起する軟化現象

本田陸人^{*1}, 久保友明¹, 森悠一郎², 後藤佑太¹, 岩里拓弥³, 肥後祐司⁴, 宮原正明⁵
(¹ 九大理, ² 東大理, ³ 新日本非破壊検査, ⁴ JASRI, ⁵ 広大理)

Rheological weakening induced by the olivine-ringwoodite transformation

R. Honda^{*1}, T. Kubo¹, Y. Mori², Y. Goto¹, T. Iwasato³, Y. Higo⁴, M. Miyahara⁵

(¹ Kyushu Univ., ² U Tokyo, ³ SHK, ⁴ JASRI, ⁵ Hiroshima Univ.)

1. はじめに

沈み込む冷たいスラブでは主要鉱物であるオリビンの非平衡相転移による細粒化によって、深部プレートの軟化や深発地震の原因となるせん断不安定化が起こると考えられている。これまで低圧下(1-2GPa)で相転移するアナログ物質での実験が多く行われてきた。本研究では、D111 型高压変形装置に新たに8素子アコースティックエミッション(AE)測定システムを開発・実装し、マントル遷移層領域(~13-23 GPa)で相転移誘起の岩石の軟化やせん断不安定化現象を直接、実験的に検討する。

2. 実験方法

放射光施設 PF-ARNE7 に設置の D111 型高压変形装置を用いて、~10-20GPa, 500-1100℃, 歪み速度 $0.4-7.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ の条件で、San Carlos オリビン(Ol)多結晶の一軸圧縮応力場における変形-相転移挙動の X 線その場観察実験を行った。60keV の単色 X 線を用いて、約 1-5 分毎に 2 次元 X 線回折パターンとラジオグラフィを時分割測定し、相転移速度と応力-歪曲線を測定した。また、九州大学の D111 型装置に 8 素子 AE 測定システムを組み込み、NE7 と同じ温度圧力条件で試料急冷法による実験を行った。回収試料の微細組織は FE-SEM, EBSD 等を用いて観察した。

3. 結果・考察

相転移は過剰圧が大きいほどより低温で進行し、20GPa では~720℃, 16GPa では~750℃でリングウッドイト(Rw)へ、14GPa では~990℃でワズライト(Wds)への相転移が起こった。

Fig.1 に圧力 20GPa で 1000℃までの昇温変形中に得られた相転移速度と応力-歪み曲線を示す。新相 Rw の応力はオリビンの 10-20 %程度と非常に小さく、昇温に依らず変化しなかった。同じ圧力で 800℃等温変形した場合、Rw 応力は最初小さいが時間とともに硬化した。これら Rw の変形挙動は相転移による細粒化とその後の粒成長を考慮した拡散クリープで説明できそうである。一方で母相 Ol の応力はパイエルズ機

構で説明可能であるが、相転移の後半ではより軟化している。これらの観察から、低温大過剰圧下で硬い母相 Ol から細粒で軟らかい新相 Rw が出現し、相転移後半ではその新相が連結して試料全体の軟化に至っている可能性が示唆される。

回収試料では、母相 Ol 粒内に多様な Rw ラメラが発達していた。その伸張方向や直線性にはばらつきがあり、応力場や母相の結晶方位に依存していないように見える。ラメラはサブミクロンの超微細粒子からなり、細粒化による軟化現象を支持する。一方、800℃等温変形の試料では相転移率が低くラメラがより細く発達している。ここでは、ラメラに沿ってすべり変位をもつ場合もあり、せん断不安定化も示唆された。しかし、同条件の急冷実験では、AE が検出されていない。すべり量が数 μm 程度と小さいため AE を検出できていないか、または安定すべりなのかもしれない。今後は軟化とせん断不安定化条件の制約を行ない、両現象の詳細を検討していく。

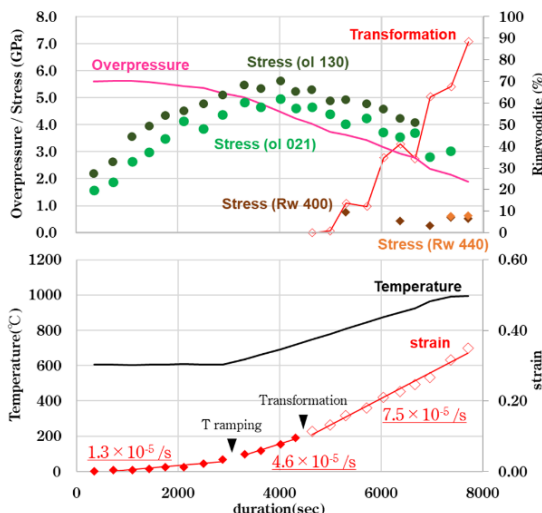


Fig1. 一軸圧縮変形場におけるオリビン-リングウッドイト相転移の放射光その場観察結果 (Run oldt12, 圧力 20GPa 付近)。平衡相境界からの過剰圧, 温度, 歪量, 相転移量および各相の応力の時間変化

Keywords: slab weakening, deep earthquake, transformation, in-situ X-ray observation, acoustic emission

*Corresponding author: honda.rikuto.860@s.kyushu-u.ac.jp

マントル遷移層～下部マントル条件下で安定な 高圧含水鉱物における Al の影響

太田明緒*、井上徹、野田昌道、柿澤翔、川添貴章、佐藤友子（広島大）
新名亨、入船徹男（愛媛大）、坂本直哉、塚本尚義（北海道大）

Effect of Al on high pressure hydrous minerals stable under mantle transition zone and lower mantle conditions

Akio Ohta*, Toru Inoue, Masamichi Noda, Sho Kakizawa, Takaaki Kawazoe, Tomoko Sato (Hiroshima Univ.), Toru Shinmei, Tetsuo Irifune (Ehime Univ.), Naoya Sakamoto, Hisayoshi Yurimoto (Hokkaido Univ.)

水は地球表層に大量に存在する主要な揮発成分の一つであり、スラブの沈み込みによって常に地球内部へ供給され、鉱物の物性や溶融温度に大きな影響を与えている。マントルの主要構成鉱物はolivineであり、その高圧相である wadsleyite (Wd) 及び ringwoodite (Rw) には2-3wt%もの水が含まれ得ることが実験的に明らかにされ、マントル遷移層は水の貯蔵庫となり得ることが指摘されている (Inoue et al., 1995)。近年ダイヤモンド包有物中に含水Rwが発見され (Pearson et al., 2014)、マントル遷移層は少なくとも局所的には含水化していることが示され、地球内部の水の議論は活発化してきている。一方、沈み込むプレート物質中でMg、Fe、Si に次いで多く存在する元素・Alの価数は奇数 (Al^{3+}) であるため、 H^+ とのカップリング置換により鉱物中の含水量を増加させる可能性がある。ただし、Al置換の影響は結晶構造の違いにより異なることが予想される。そこで、各種高圧含水鉱物におけるAl置換様式の違いについて明らかにするため、実験的研究を行った。

高温高圧実験には愛媛大学GRC及び広島大学超高压研究室設置のマルチアンビル型高圧発生装置を使用した。出発物質には $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系の酸化物・水酸化物の混合体を用い、Al量を変えた四種類のものを用意した。実験条件はマントル遷移層条件を再現するため、15-20 GPa、1400 °Cに設定し

た。回収試料は鏡面研磨後、反射電子像による組織観察及びEPMAによる化学組成の測定を行った。試料の含水量は、北海道大学本研究室設置のSIMSを用いて測定した。

今回の生成された鉱物、Wd、phase E、superhydrous phase B、phase Dの SiO_2 量は約20-50 wt%とかなり幅があり、含水量の見積もりによりマトリックス効果と呼ばれる SiO_2 量の違いによる影響が出ると想定される。よって、Kakizawa et al. (2018) 及びその際に測定された標準物質を用いてこの SiO_2 量の違いによるマトリックス効果を定式化し、その補正值を用いて含水量の見積もりを行った。

今回の結果は、Siサイトが6配位の鉱物では $\text{Si}^{4+} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{H}^+$ の置換が起こりやすい一方、Siサイトが4配位の鉱物ではこの含水置換は起こりにくいことを明瞭に示している。この結果は限界イオン半径比からの考察と調和的である。このように、 Al^{3+} と H^+ のカップリング置換は6配位のSiサイトを持つ場合に起きやすいことが明らかとなった。下部マントル鉱物はSiサイトが6配位であることから、 $\text{Si}^{4+} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{H}^+$ の置換により多少の含水化を起こしている可能性がある。

References

- [1] Inoue et al. (1995) Geophys. Res. Lett., 22, 117-120.
- [2] Pearson et al. (2014) Nature, 507, 221-224.
- [3] Kakizawa et al. (2018) Am. Min., 103, 1221-122.

Keywords: hydrous phase, mantle transition zone, coupling substitution, water content, lower mantle

*Corresponding author: m206383@hiroshima-u.ac.jp

Mg₂SiO₄ ワズレアイトのエンタルピーの再決定

梶谷浩* (学習院大・理)、井上徹、野田昌道 (広島大・院先進理工)、
赤荻正樹 (東大・院理)

Redetermination of enthalpy of Mg₂SiO₄ wadsleyite

Hiroshi Kojitani* (Sci., Gakushuin Univ.), Toru Inoue, Masamichi Noda (Advanced Sci. and Eng.,
Hiroshima Univ.), Masaki Akaogi (Sci., Univ. Tokyo)

鉱物の高温高压下での安定性を熱力学的に検討する場合、ギブスエネルギーの大部分を占めるのがエンタルピーであり、熱力学計算による相転移圧はこのエンタルピー値に大きく影響を受ける。マントル遷移層の主要構成鉱物の一つと考えられているワズレアイト (Wd) の Mg 端成分 Mg₂SiO₄ Wd のエンタルピー値は、Akaogi et al. (2007) による落下溶解エンタルピー測定によって既に決定されている。しかし、かなり大きな測定誤差のため、計算される相転移境界線には大きな不確かさが伴っていた。そこで、本研究では単結晶の Mg₂SiO₄ フォルステライト (Fo) から高压合成された純粋な Mg₂SiO₄ Wd について再度落下溶解エンタルピー測定を行うことにより、精度のよいエンタルピーの決定を試みた。

熱量測定用の Mg₂SiO₄ Wd は、愛媛大学 GRC 設置の川井型マルチアンビル高压発生装置を用いて、出発物質の単結晶 Mg₂SiO₄ Fo を 16 GPa, 1773 K で 1 時間半保持後、急冷回収することにより高压合成した。X 線回折測定とラマン分光測定により、高压回収試料は Wd 単相であることを確認した。熱量

測定にはカルバー型高温熱量計を使用し、試料の溶解を促進させるため Ar ガスによるバブリング法を併用した。約 3~4 mg の粉末状の試料をペレットに押し固め、熱量計内のホウ酸鉛 (2PbO・B₂O₃) 溶媒に落下・溶解させたときのエンタルピーを測定した。

7 回分の測定データの平均値から、Mg₂SiO₄ Wd の落下溶解エンタルピーは 141.38±1.13 kJ/mol と決定された。本研究の測定値は、Akaogi et al. (2007) の 142.19±2.65 kJ/mol と比べると誤差の範囲内で一致しているが、落下溶解エンタルピー値自体は約 0.8 kJ/mol 小さい。また測定誤差は半分以下に抑えられた。この結果は、Mg₂SiO₄ Wd が従来考えられていたよりも格子エネルギー的にわずかながら不安定であることを示し、熱力学的に計算される Mg₂SiO₄ Wd の温度-圧力安定領域は、従来のものに比べ狭くなることが予想される。

引用文献

Akaogi et al. (2007) Phys. Chem. Miner., 34, 169–183.

Keywords: wadsleyite, enthalpy, drop-solution calorimetry, thermodynamics, high-pressure synthesis.

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

アキモタイトの格子選択配向

管隆莉、山崎大輔、辻野典秀（岡大惑星研）

Lattice preferred orientation of akimotoite

Longli GUAN, Daisuke YAMAZAKI*, Noriyoshi TSUJINO (IPM, Okayama Univ.)

地球のマントル遷移帯には地震波速度の異方性が観測されている。一般的に地震波速度の異方性は、構成鉱物が弾性的異方性を呈する場合にはその格子選択配向で説明可能である。また、格子選択配向はマントル流動などの固体流動によって形成される。すなわち、実験的な変形流動場における格子選択配向の様式を明らかにすることにより、地震波速度異方性の観測をマントル流動と結びつけることが可能となる。

マントル遷移帯下部は主にリングウッダイトとメジャライトで構成されており、両者とも弾性的異方性が弱い。他方、沈み込んで行くスラブのような低温領域では、アキモタイトが出現する。アキモタイトはイルメナイト構造をしており、弾性的異方性が強い。

そこで、本研究では、新たに開発導入された D111 型マルチアンビル型高压変形装置を用いて、~22 GPa・1000-1300℃でアキモタイト多

結晶体の変形実験を行った。回収試料に対して、FE-SEMに装着されたEBSD装置、あるいは2次元X線回折法により、結

晶方位の測定を行った。

図1にはその代表的な測定結果を示している。顕著なスベリ方向は確認されなかったが、スベリ面は顕著に確認され、(0001)面となる。これらの結果は、結晶構造から推定される結果といい一致を示しており、応力緩和試験での先行研究（Shiraishi et al., 2008）における高温(>1200℃)でのパターンと調和的である。一方で、先行研究で観察された低温(1000℃)での選択配向パターンの変化は見られなかった。アキモタイトの弾性定数から算出された変形した試料の弾性波速度は、水平方向の流動が卓越する場合には、方位角方向に对称的なモデルにおいては、水平方向に偏向した地震波速度が鉛直方向のそれよりも大きい($V_{SH} > V_{SV}$)というよくある異方性を示す。これは、マントル遷移帯下部で観測されている $V_{SV} > V_{SH}$ という異方性を水平方向の流動変形で説明することは困難であることを意味している。

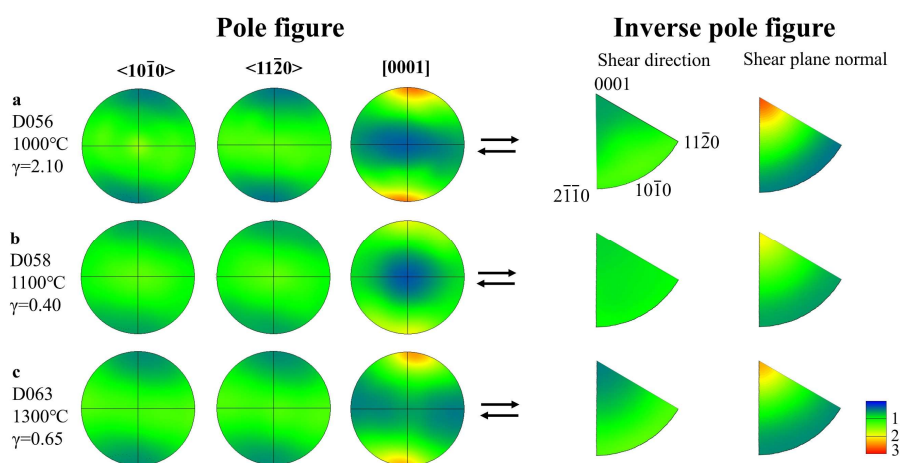


図1. 剪断変形された試料の極点図（左図）と逆極点図。剪断方向は矢印で示されている。

Keyword: akimotoite, lattice preferred orientation, deformation, high-pressure

Corresponding author: dy@misasa.okayama-u.ac.jp

(Mg,Fe)₂SiO₄系ポストスピネル相転移における水の影響

篠田由梨, 井上徹*, 柿澤翔, 野田昌道, 川添貴章, 佐藤友子

(広島大・院先進理工), 新名亨, 入舩徹男 (愛媛大・GRC)

Effect of water on the post-spinel transition in (Mg,Fe)₂SiO₄ system

Yuri SHINODA, Toru INOUE*, Sho KAKIZAWA, Masamichi NODA, Takaaki KAWAZOE, Tomoko SATO (Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ.), Toru SHINMEI, Tetsuo IRIFUNE (GRC, Ehime Univ.)

[はじめに]

地球深部 660km には顕著な地震波速度不連続面があり, ringwoodite (Rw) から bridgmanite (Brg) と ferropericlasite (fPc) への分解相転移である「ポストスピネル相転移」が原因と考えられている。一方, Rw には 2-3wt%もの H₂O が結晶構造中に含まれ得ることが実験的に明らかにされていたが, 実際にダイヤモンド包有物中に含水 Rw が発見され, マントル遷移層中の水の存在が現実となった。

ポストスピネル相転移境界における水の影響については Mg₂SiO₄-H₂O 系で先行研究が行われ (Higo et al., 2001), 相転移圧力が高压側に移動することが報告された。一方, この相転移境界においては Fe の影響があまり大きくないことが指摘されていたが (Ito and Takahashi, 1989), 最近今までの相転移共存ループとは異なる相図が提示された (Ishii et al., 2019)。このように Fe の影響を再検討する必要がでてきた。

したがって本研究ではポストスピネル相境界における水の影響について「Fe」を含んだ系で, すなわち Mg₂SiO₄-Fe₂SiO₄ 二成分系で明らかにすることを目的に高压実験を行った。加えて比較として無水相図の再検討も同時に行った。

[実験方法]

高温高压実験は愛媛大学GRC及び広島大学超高压研究室設置のマルチアンビル型高压発生装置 (ORANGE-3000及びMAPLE-600) を用いて行った。実験条件は23.5-24.3GPa, 1650°C, 保持時間は3時間であった。

無水系の出発物質にはMg:Feのモル比を変えた4種類の試料 (Fe 0, 5, 10, 20 mol%) を

金の箔で区切って1つのAuPdカプセルに封入した。また含水系ではMg:Fe比が9:1 (Fe 10 mol%) のマントルオリビン組成のものに, 水はMg(OH)₂を導入し, 含水量は1 wt%で固定してAuPdカプセルに封入した。

高压実験では無水系含水系カプセルを同一セルに封入し, 同一温度圧力条件で比較できるようにした。試料は回収後鏡面研磨し, XRD, SEM, EPMAを用いて解析を行った。

[結果及び考察]

<無水と含水での比較>

23.8 GPaでは, Fe10(Mg:Fe=9:1)の試料において無水含水ともBrgとRwの共存がみられた。しかし24GPaでは, Fe10の試料において無水ではBrgのみ, 含水ではRwとBrgの共存がみられた。よって水の影響により相転移圧力が約0.2 GPa高くなることが明らかとなった。この結果はMg₂SiO₄端成分での先行研究の結果 (Higo et al., 2001) と調和的である。またBrgに比較してRw中に水を多く含むことも調和的である。

<無水でのFe量による比較>

無水の試料においては, Fe量が増えるにしたがい, 単調に相転移圧力が低くなった。この結果は従来のIto and Takahashi (1989) と一致し, Ishii et al.(2019)とは異なる。更なる検討が必要と思われる。

References

- [1] Higo et al. (2001) Geophys. Res. Lett., 28, 3505-3508.
- [2] Ito and Takahashi (1989) J. Geophys. Res., 94, 10637-10646.
- [3] Ishii et al. (2019) Nat. Geosci., 12, 869-872.

Key words: post-spinel transition, high pressure experiment, effect of water, effect of Fe content

Corresponding author: toinoue@hiroshima-u.ac.jp

輝石－ザクロ石系の高圧相転移における水の影響

上野恭史*、井上徹、野田昌道、柿澤翔、川添貴章、佐藤友子（広島大・先進理工）、新名亨、入船徹男（愛媛大・GRC）、尾原幸治（JASRI）

The effect of water on the high-pressure phase transition of pyroxene–garnet system

Yasushi UENO*, Toru INOUE, Masamichi NODA, Sho KAKIZAWA, Takaaki KAWAZOE,

Tomoko SATO (Hiroshima Univ.), Toru SHINMEI, Tetsuo IRIFUNE (Ehime Univ.), Koji OHARA (JASRI)

2014 年にダイヤモンド包有物中に天然含水 ringwoodite が発見され、少なくとも局所的にはマントル遷移層に 1.5 wt%の水が含まれていることが明らかになった(Pearson et al., 2014)。現在までにマントル組成の約 6 割を占めるカンラン石系は無水及び含水条件で多くの研究が行われてきたが、残りの 4 割を占める輝石－ザクロ石系での含水条件下での研究結果は乏しい。そのため、本研究では輝石－ザクロ石 2 成分系相図における水の影響を明らかにするために実験的研究を行った。今回は特にマントル遷移層下部から下部マントル上部にかけて起こる garnet (Gar)-bridgmanite (Brg) 相転移に焦点を当て、水の影響の検討を行った。

高温高圧実験は川井型高圧発生装置である広島大学 MAPLE600 及び愛媛大学(GRC) ORANGE3000 を使用した。実験条件は、マントル遷移層下部から下部マントル上部に相当する圧力 21~26 GPa で行い、温度は 1600°Cで固定した。出発組成は $\text{MgSiO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系で無水と含水の試料を用意した。特に Al_2O_3 量については、それぞれパイロライト組成で晶出する下部マントル Brg 及びマントル遷移層 Gar の Al 量に相当するものを用いた。出発物質には無水ではガラスの塊を、含水では酸化物・水酸化物粉末混合体を用い

た。出発物質に用いたガラスの塊は、SPRING-8 BL04B2 設置のレーザー加熱浮遊炉装置にて合成した。回収試料は SEM、EPMA、XRD での分析を行った。

＜水の影響＞ 23 GPa の無水試料では akimotoite (Ak) + Brg + Gar の三相共存であったが、含水試料では Brg + Gar の二相共存であった。このことから水の影響により、Ak-Brg の相転移境界が低圧側へシフトすることが明らかになった。

＜Gar の組成＞ ガラスロッドを用いた無水試料では粒径が 1 μm 以下であったため、化学組成は Irifune et al.(1996)で報告された化学組成－格子定数関係を参考に格子定数から見積もった。一方で酸化物混合粉末を用いた含水試料では 10 μm 程度まで粒成長したため EPMA で直接化学組成を測定した。その結果、先行研究 (例えば Kubo & Akaogi, 2000) の Gar の Al_2O_3 の固容量よりもかなり多くなった。本結果については更なる検討を進めている。

References

- [1] Pearson et al. (2014) Nature, 507, 221-224.
- [2] Irifune et al. (1996) Phys. Earth Planet. Inter., 96, 147-157.
- [3] Kubo & Akaogi (2000) Phys. Earth Planet. Inter., 121, 85-102

Key words: pyroxene-garnet system, bulk glass, wet condition, garnet-bridgmanite, akimotoite-bridgmanite
E-mail address: m213942@hiroshima-u.ac.jp

硫酸コバルト六水和物(Moorhouseite)の圧力誘起相転移と未知高压相の構造決定

趙政皓、小松一生、山下恵史朗、鍵裕之*(東大院理)、中野智志(物材機構)

Pressure-induced phase transformation of $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Moorhouseite) and determination of crystal structure of a new high-pressure phase

Zhenghao Zhao, Kazuki Komatsu, Keishiro Yamashita, Hiroyuki Kagi* (UTokyo), Satoshi Nakano (NIMS)

氷衛星内部には硫酸塩水和物の存在が推測されており、硫酸塩水和物の高压下での挙動に関心が集まっている。近年、 $\text{MgSO}_4 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ と $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の脱水を伴う圧力誘起相転移が報告され、高压環境では水和数が低いほど硫酸塩水和物が安定化すると考えられている。しかし、他の硫酸塩水和物の高压下での挙動はほとんど未解明である。本研究では、スピン転移や Jahn-Teller 効果が結晶構造に影響を与える可能性がある、 $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Moorhouseite) の高压下での挙動に着目した。

$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の微小結晶を粉砕することで得た $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 粉末試料を、圧力媒体のヘリウムと共にダイヤモンドアンビル(DAC)に封入して加圧した。室温、高压下での粉末 X 線回折実験は KEK-PF の BL-18C で行った。 $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 単結晶試料は 55 °C の CoSO_4 過飽和水溶液から結晶化させて得た単結晶試料を、圧力媒体である 90 %エタノール水溶液とともに DAC に封入して加圧した。XtaLAB Synergy (Rigaku)を用いて、室温条件で単結晶 X 線回折実験を行った。

粉末 X 線回折パターンから、 $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ は 0.4 ~ 2.3 GPa の圧力範囲で相転移を起こすことがわかった。また、得られた高压相を 16.4 GPa まで加圧しても回折パターンの明瞭な変化はなく、高压相はこの圧力まで安定であった。常圧まで減圧すると常圧相に戻り、圧力誘起相転移は可逆的であった。高湿度環

境で得られた $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Bieberite)粉末試料についても同様の実験を行い、0.6 ~ 1.9 GPa で同一の粉末パターンを示す高压相に相転移することがわかった。

1.3 GPa で測定した単結晶 X 線回折データから直接法により、この高压相の結晶構造を決定した。その結果、本研究で得られた高压相は未報告の $\text{CoSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ であることがわかった。得られた構造モデルから粉末パターンをシミュレートしたところ、上記の粉末パターンを再現でき、粉末・単結晶のいずれも同じ高压相に相転移したことを確認した。図 1 に示すように、高压相の構造は $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]$ と $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{SO}_4)_2]$ の二種類の配位多面体で構成されており、既に報告された $\text{MSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Cu}$) の結晶構造とは大きく異なる。

今後は、氷衛星内部で存在する可能性がある $(\text{Mg}, \text{Co})\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ や $(\text{Fe}, \text{Co})\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ などの固溶体の高压下での挙動を明らかにする必要がある。

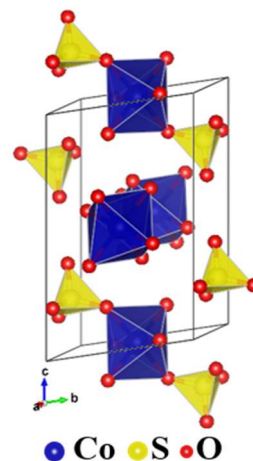


図1 高压下で出現した $\text{CoSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶構造。水素原子は表示しない。

Keywords: sulfate hydrates, high pressure, phase transition

*Corresponding author E-mail address: kagi@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

Compressibility and blue-shifting OH groups of Mg(OH)F under high pressure

Xuejing He* (UTokyo), **Hiroyuki Kagi** (UTokyo), **Kazuki Komatsu** (UTokyo), **Satoshi Nakano** (NIMS)

Fluorine is recycled into the Earth's mantle together with water mainly through subduction processes, and most subducted hydrous minerals are not only important water carriers but also fluorine carriers. Substitution of OH⁻ by F⁻ has been found to have significant effects on the pressure response of O-H...O hydrogen bonds in hydrous minerals. Magnesium hydroxyfluoride, Mg(OH)F (*Pnma*, *Z* = 4), serves as a good analogue for studying elastic properties and O-H...F hydrogen-bonding behaviors in hydrous minerals with the diaspore-type structure under high pressure.

In this study, *in-situ* high-pressure synchrotron X-ray diffraction (XRD) and Fourier transform infrared absorption spectroscopy (FTIR) measurements have been conducted up to ~20 GPa at room temperature using diamond anvil cells (DAC), to investigate compressibility and spectroscopic properties of Mg(OH)F. XRD experiments were conducted in BL18C, PF, KEK, with helium as transmitting medium. KBr was used as pressure transmitting medium in FTIR spectroscopic measurements.

XRD results showed no phase transition up to 20.8 GPa, the pressure-volume (*P-V*) correlation was fitted by the second-order Birch-Murnaghan equation of state, yielding $K_0 = 80(2)$ GPa, $K'_0 = 4.0$ (fixed), $V_0 = 145.2(3)$ Å³. In accordance with other isostructural compounds crystallizing in the diaspore-type structure, higher contraction occurs along the *c* axis of Mg(OH)F. In the infrared absorption spectra, six bands were observed at 730 (ν_1), 851 (ν_2), 944 (ν_3), 3537 (ν_4), 3641 (ν_5), and 3680 cm⁻¹ (ν_6), with ν_1 , ν_2 , and ν_3 related to libration modes and ν_4 , ν_5 , and ν_6 assignable to O-H stretching modes. Positive pressure dependences were observed for ν_4 (1.56 cm⁻¹/GPa), ν_5 (0.67 cm⁻¹/GPa), and ν_6 (2.85 cm⁻¹/GPa) up to 19.8 GPa, which indicates that the O-H...F hydrogen-bond does not strengthen under compression (Fig. 1). According to previously published structure data obtained from XRD and neutron diffraction experiments, this phenomenon might be resulted from the fact that the O-H...F hydrogen bond in Mg(OH)F is bent, weak, and far from symmetrization under ambient condition compared with α -AlOOH, α -FeOOH, and α -MnOOH.

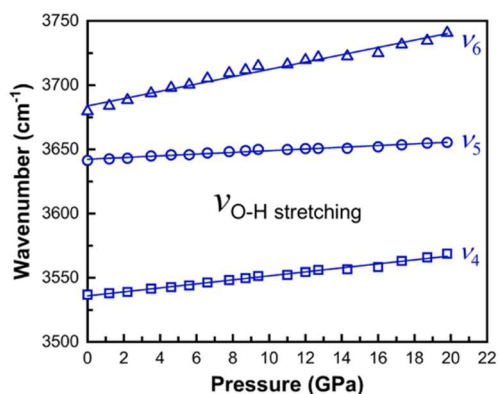


Figure 1 Pressure dependence of O-H stretching mode frequencies of Mg(OH)F up to 19.8 GPa

Keywords: magnesium hydroxyfluoride, high pressure, diamond anvil cell, X-ray diffraction, infrared spectroscopy

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

ナトリウムケイ酸塩水流体の高圧下における構造

佐藤友子*、山本あかね（広島大・院先進理工）、
則竹文哉（山梨大・院総合研究部）、浦川啓（岡山大・院自然科学）、
若林大佑、船守展正（物構研・KEK）

Structure of sodium silicate aqueous solution under high pressure

Tomoko Sato*, Akane Yamamoto (Hiroshima Univ.), Fumiya Noritake (Yamanashi Univ.), Satoru Urakawa (Okayama Univ.), Daisuke Wakabayashi, and Nobumasa Funamori (KEK)

【はじめに】

水ケイ酸塩流体は、ある温度圧力条件以上になると、含水マグマと流体の区別がなくなり、超臨界流体から成る一相となって存在することが知られている（第二臨界点）[1]。本研究では、ナトリウムケイ酸塩－水流体（水ガラス）についての常圧と高圧下におけるX線小角散乱・回折測定および分子動力学シミュレーションを実施して、水ケイ酸塩流体の第二臨界点前後における構造の変化を明らかにすることを試みた。

【実験・計算】

X線小角散乱・回折測定では和光純薬のケイ酸ナトリウム水溶液（水ガラス）試薬を試料として用いた。組成はおよそ $\text{Na}_2\text{O}-2.2\text{SiO}_2-9.5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O}$ モル比 ~ 0.23 であった。高エネルギー加速器研究機構・Photon FactoryのBL-18Cにおいて、ダイヤモンドアンビルセルと小角散乱実験セッティング[2]を用いて室温・20GPaまでの測定を実施した。加えて、常圧下における高Q領域（ $Q < 17\text{\AA}^{-1}$ ）までの回折測定もAR-NE1Aにおいて行った。

分子動力学シミュレーションは、Mahadevanらにより提案されたポテンシャルモデル[3]を用いて行った。系の原子数は約20000個とした。Na/Si比は実験と同程度にとり、高濃度（ $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O}$ モル比 ~ 0.30 ）の水ガラスについては低圧（ $< 0.3\text{GPa}$ ）および高圧（9.1GPa）条件で、低濃度（ $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O}$ モル比 $\sim 0.10, 0.06$ ）では低圧条件のみで計算を実

施した。

【結果と考察】

X線小角散乱・回折パターンには、第一回折ピーク（FSDP）が $Q=2.2\text{\AA}^{-1}$ 付近に観察されたのに加え、 $Q=0.6\text{\AA}^{-1}$ 付近に特徴的なピークが見られた。FSDPは圧力とともに単調に高Q側にシフトしたが、低Qピークは、4～8GPa付近で低角側にシフトする異常を示した。ピーク強度は圧力とともに減少したが、同じく4～8GPaで減少率に異常が見られ、この圧力領域において何らかの構造変化があることが強く示唆される。

分子動力学シミュレーションでは、低圧ではどの濃度でも水和したケイ酸塩アニオンに囲まれたNaクラスターと水に分離した構造が得られた。高濃度の散乱パターンは実験のパターンと比較的よく一致し、 $Q=0.6\text{\AA}^{-1}$ 付近のピークも再現された。低QピークはNaクラスター内のNa-Na相関に起因することが示唆される。一方、高圧ではNaクラスターは水に溶解し、低Qピークは消滅した。これも実験結果と調和的であり、計算結果は第二臨界点前後における構造変化をよく再現していると期待される。

References

- [1] Mibe et al. (2003) J Geophys. 112, 970.
- [2] Sato et al. (2018) Phys. Rev. B 98, 144111.
- [3] Mahadevan et al. (2019) J. Phys. Chem. B., 123, 4452.

Keywords: sodium silicate water glass, x-ray scattering, molecular dynamic simulation, second end critical point

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

Oral presentation

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Chairperson: Tatsuhiko Kawamoto (Shizuoka University), Atsushi Kamei (Shimane University), Masao Ban (Yamagata University)

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 12:00 PM Zoom Session 2

[Chairperson]

Atsushi Kamei: R6-01 - R6-04

Masao Ban, Tatsuhiko Kawamoto: R6-06 - R6-08

Tatsuhiko Kawamoto: R6-09 - R6-10

[R6-01] Origin of Na/K diversity of basaltic magmas from Rishiri Volcano

*Hajime Taniuchi^{1,2}, Takeshi Kuritani², Mitsuhiro Nakagawa² (1. Shizuoka Univ., 2. Hokkaido Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM

[R6-02] Isotope and REE compositions of Miocene basalt in the central Kii Peninsula, Japan

*Takaharu Sato¹, Masataka Aizawa² (1. Osaka Museum Nat. Hist., 2. Ryukyus Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[R6-03] Petrography of Shikanoshima basic rocks at Itoshima Peninsula.

Mio Ifuku¹, *Tomoharu Miyamoto¹, Kazuhiko Shimada¹ (1. Kyushu Univ. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R6-04] Petrogenesis of the Khangai granitoids, central Mongolia: Implications for the crustal generation

*Dolzodmaa Boldbaatar¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Atsushi Kamei², Tatsuro Adachi¹ (1. Kyushu Univ, 2. Shimane Univ)

10:15 AM - 10:30 AM

[R6-05] Gabbro– Diorite– Tonalite complex: Formation of juvenile crust in active continental margin, Cretaceous north Kyushu batholiths, southwest Japan

*Masaaki Owada¹, Shungo Toyama⁴, Atsushi Kamei², Yasuhito Osanai³, Nobuhiko Nakano³, Tatsuro Adachi³ (1. Yamaguchi Uni. Sci., 2. Shimane Uni. Sci., 3. Kyushu Uni. Int. Sci., 4. AI United Eng. Inc.)

10:45 AM - 11:00 AM

[R6-06] Architecture of the lower crust beneath the fast-spreading axis of the Oman Ophiolite deduced from the ICDP Oman Drilling

*Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Takahiro Fudai³, Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹ (1. Kanazawa Univ., 2. GSJ, AIST, 3. Pacific Cement)

11:00 AM - 11:15 AM

[R6-07] Intrasegment variation of oceanic crustal structure of the Oman Ophiolite

*Soma Okada¹, Susumu Umino², Yuki Kusano³, Sumio Miyashita⁴, Yoshiko Adachi⁵ (1. Kanazawa Uni. Sci., 2. Kanazawa Uni., 3. AIST, 4. Hokkaido Sogo Chishitsu, 5. CRIEPI)

11:15 AM - 11:30 AM

[R6-08] Petrology of pumice stone in the 39 ka caldera-forming eruption of Mendelev volcano (Kunashir Island)

*Alexey Kotov¹, Sergey Smirnov², Noriyoshi Tsuchiya¹, Masaoki Uno¹ (1. Tohoku Uni, 2. Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk)

11:30 AM - 11:45 AM

[R6-09] Petrological and geochemical studies of igneous rocks in the Nidar ophiolite complex, northwest India

*Akinori Sato¹, Takeshi Imayama¹, Dutta Dripta², Yasuaki Kaneda³, Shota Watanabe³, Takeshi Hasegawa³, Masayo Minami⁴, Yuki Wakasugi⁴, Shigeyuki Wakaki⁵ (1. Okayama Univ Sci., 2. IIT Bombay., 3. Ibaraki univ., 4. Nagoya univ., 5. Kochi JAMSTEC)

11:45 AM - 12:00 PM

利尻火山における玄武岩質マグマの Na/K 多様性とその成因

谷内 元(静岡大)*・栗谷 豪(北海道大)・中川 光弘(北海道大)

Origin of Na/K diversity of basaltic magmas from Rishiri Volcano

Hajime Taniuchi* (Shizuoka Univ.), Takeshi Kuritani, Mitsuhiro Nakagawa (Hokkaido Univ.)

1. はじめに

沈み込み帯の初生玄武岩質マグマは、単一火山においても化学的多様性を示す (e.g., Le Voyer, 2010)。我々は、この化学的多様性 (特に Na/K) の要因を、利尻火山の高 Na/K タイプ玄武岩と低 Na/K タイプ玄武岩の比較研究から検討してきた (谷内ほか, 2020, 火山学会) が、今回新たにマグマ生成条件の推定からその要因を制約したので報告する。

2. 研究対象

利尻火山は千島弧南部の背弧火山である (石塚, 1999)。高 Na/K タイプ玄武岩の代表には活動初期の豊漁沢溶岩流 ($\text{SiO}_2 = 51.9\text{--}53.4 \text{ wt.}\%$) を、低 Na/K タイプ玄武岩の代表には活動末期の野塚溶岩流 ($\text{SiO}_2 = 49.2\text{--}51.8 \text{ wt.}\%$) を選択した。両溶岩流の岩石学的特徴は、両者の最も未分化なマグマが、初生マグマからのかんらん石の分別のみでもたらされたことを示し、両者の化学的多様性は初生マグマの違いに起因すると考えられる。

3. 豊漁沢および野塚溶岩のマグマ生成条件

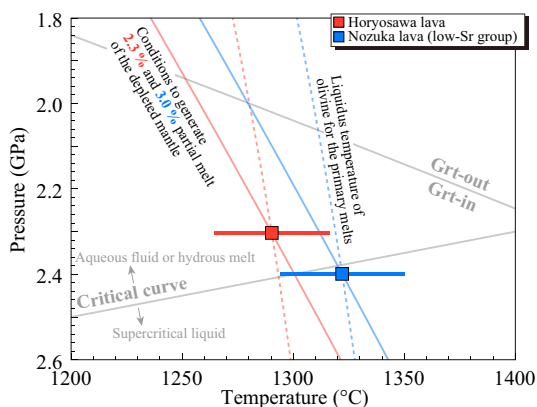
まず、斜長石とメルト間の平衡関係からマグマ含水量を推定し、豊漁沢は 3.0 wt.% 野塚は 2.3 wt.% の結果を得た (Putirka, 2008)。次に、ソースマントルを DMM 組成と仮定し、かんらん石最大分別モデルを用いて推定した初生マグマ組成と、マントル/メルト間の分配係数 (Kelemen et al., 2004) から部分熔融度を推定した。その結果、豊漁沢で 2.3 % 野塚で 3.0 % の結果を得た。さらに起源マントルの含水量として豊漁沢は 0.102 wt.% 野塚は 0.095 wt.% の結果を得た (Kelley et al., 2006)。

以上から、豊漁沢溶岩流の初生マグマの生成時には、含水量 0.102 wt.% の枯渇マントルが 2.3% 部分熔融する条件 (Katz et al., 2003) および初生マグマがかんらん石と平衡共存

する条件 (pMELTS モデル; Ghiorso et al., 2002) の両者が満たされていたと考えられ、このマグマ生成条件として $T = 1290^\circ\text{C}$, $P = 2.30 \text{ GPa}$ が得られた。同様の手法で野塚溶岩流のマグマ生成条件についても推定した結果、 $T = 1320^\circ\text{C}$, $P = 2.40 \text{ GPa}$ の結果が得られた (図)。

4. 初生マグマの化学的多様性の要因

以上の結果から、1) 部分熔融度は豊漁沢 < 野塚であること、2) 豊漁沢の初生マグマは野塚のそれよりも浅部で生成したこと、が明らかとなった。さらに HMA- H_2O 系における臨界点の温度圧力条件 (Kawamoto et al., 2012) との比較結果は、野塚溶岩流の初生マグマは臨界点より深部で超臨界流体がフラックスとなり生成した一方、豊漁沢溶岩流の初生マグマは臨界点より浅部で超臨界流体から分離した水流体がフラックスとなって生成したことを示唆する (図)。以上に加えて、水流体とメルト間における Na/K の交換分配係数 ($D^{\text{melt}/\text{fluid}}_{\text{Na/K}}$) が 1 より小さい (Shinohara et al., 1989) ことも考慮すれば、利尻火山における初生マグマの化学的多様性 (特に Na/K) の要因として、超臨界流体が水流体とメルトへ分離する際の元素分配が考えられる。



Keywords: Slab-derived supercritical liquid, Primary magma, Rishiri Volcano, Water, Melt

*taniuchi.hajime@shizuoka.ac.jp

紀伊半島中央部に産する中新世玄武岩の 同位体と REE 組成

佐藤隆春* (大阪自然史博)・相澤正隆 (琉球大)

Isotope and REE compositions of Miocene basalt in the central Kii Peninsula, Japan

Takaharu SATO* (Osaka Museum Nat. Hist.) and Masataka AIZAWA (Ryukyus Univ.)

紀伊半島の南東から中央部では中新世中期にほぼ南北に配列するカルデラ群が形成された[1]。カルデラ群の北端に位置する紀伊半島中央部の奈良県吉野町南国栖に未分化玄武岩の産出が報告され[2]，大峯・大台コールドロン[3]を形成した流紋岩質マグマの熱源となった可能性がある。玄武岩は幅約 6 m の流紋岩との複合岩脈を構成しており，岩脈の両サイド 30～50 cm 幅に産する（以下，国栖玄武岩・流紋岩）。

本研究では国栖玄武岩と国栖流紋岩の Sr, Nd, Pb, Hf の各同位体組成と微量元素組成の特徴を報告する。

国栖玄武岩と国栖流紋岩の Sr, Nd 同位体比 (ϵ_{Nd} , ϵ_{Sr}) は異なり，両者の起源物質が違うことを示す (Figure)。

国栖玄武岩は肥沃なマントル起源と推定される。瀬戸内区の玄武岩[4]も国栖玄武岩と類似した同位体比を示す。一方，潮岬の玄武岩質岩の同位体比[5]は国栖玄武岩と異なり，また幅がある。

国栖玄武岩の REE 組成は EMORB と類似した組成パターンを示す。始原マントルで規格化した不適合元素パターン図では Nb や Ta の負異常は認められず，沈み込み流体の寄与を受けずにマ

ントルが部分融解して生成されたマグマであることを示す。

一方，国栖流紋岩は HREE に枯渇せず，Eu の負の異常が認められる。このことは，国栖流紋岩は地殻の比較的浅部が部分融解して形成された可能性を示唆する。この特徴は紀伊半島の流紋岩質火成岩に共通する[6]。

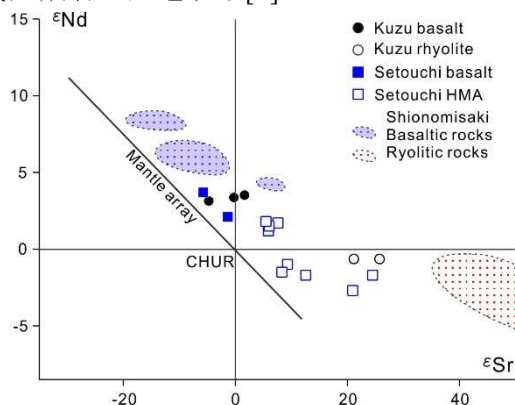


Fig. ϵ_{Sr} versus ϵ_{Nd} diagram

Setouchi basalt and HMA data are from [4],
Shionomisaki data is from [5].

文献 [1] Miura and Wada, 2007, JVGR, 167, 271; [2] 佐藤, 2020, 火山学会 2020 年予稿, 94; [3] 佐藤・大和大峯研究 G, 2006, 地球科学, 60, 403; [4] Shimoda et al. (1998), EPSL, 160, 237; [5] 三宅・本間 (1989) 地質学会 96 年要旨, 508; [6] 新正ほか, 2007, 地質雑, 89, 395.

Keywords: Primary basalt, Isotope, REE, Miocene, Kii Peninsula

*Corresponding author: qzt00360@nifty.com

北部九州・糸島半島に分布する志賀島塩基性岩類について

伊福 滯・宮本知治*・島田和彦(九州大学)

Petrography of Shikanoshima basic rocks at Itoshima Peninsula.

M. Ifuku, T. Miyamoto*, and K. Shimada (Kyushu University)

The Shikanoshima basic plutonic rocks are emplaced at the Shikanoshima Is. and Itoshima Peninsula of northern Fukuoka, north Kyushu, associated with Shikanoshima granodiorite (Karakida *et al.*, 1994). The plutonic rocks are characterized by coarse-grained euhedral hornblende. Their occurrence is important to understand their origin and relation between them and surrounded contemporaneous plutonic intrusions. The origin of the basic intrusion on Shikanoshima Is. has been discussed in detail as Yuhara and Uto (2007) and Tiepolo *et al.* (2012), however, there are few studies about the basic intrusion on the Itoshima Peninsula. In order to considering about the origin of the mafic intrusion, it is necessary to understand the situation and detailed relationship of each other in each distribution. Therefore, in this study, the mafic rocks in the Itoshima Peninsula was described for considering the origin of the basic plutonic intrusions.

The Shikanoshima basic rocks on the Itoshima Peninsula were grouped following with a maximum grain size of hornblende into to coarse (> 5 mm), medium (1 - 5 mm), and fine (< 1 mm) groups. At the southwest of Itoshima Peninsula, the mafic rocks with fine to medium lithology were observed in contact with the Shikanoshima granodiorite. The boundary between mafic and granodiorite changed gradually, and no clear discontinuous boundary could be found. On the northern side, coarse grained mafic rocks were also found with the medium to fine mafic rocks and granodiorite. These mafic plutonic rocks were commonly composed mainly of hornblende (Hbl), plagioclase (Pl), and quartz (Qtz), with minor amount of biotite (Bt) and microcline (Mc) subsequently. The Hbl in the fine-grained mafic rocks showed an equigranular structure together with Pl and Qtz of the same grain size. In the medium and coarse grain mafic rock, some euhedral Hbl were colored green uniformly and others had a brown color near the core and a light green color on the rim side. They were commonly surrounded by Pl, Qtz, and Mc, and sometimes contained Bt and Pl in them. In some samples, Clinopyroxene (Cpx) was found in matrix and inclusion in Hbl. The chemical compositions were analyzed for medium to coarse-grained mafic rocks for monitoring between color change and composition of coarse Hbl. For all Hbl, the brown part tended to have more Al and Ti and lower #Mg ($= \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}_{\text{tot}})$) than green ones. Also, temperature and pressure were estimated approximately to 1.8-2.0 kbar and approximately 650-710°C following to Hbl geothermo-barometry of Mutch *et al.* (2016) and Holland and Blundy (1994). Therefore, it is considered that Hbl was crystallized from host magma under these temperature and pressure conditions, then other felsic minerals were substantially crystallized in the emplacements from the Itoshima Peninsula. In addition, the difference in lithofacies characterized by constituent minerals, especially grain size of Hbl, were possibly influenced by the composition of the host during their crystallization.

References; Holland and Blundy (1994): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 116, 433-447. Karakida *et al.* (1994): *Geology of the Fukuoka district. 1:50000*, Geological Survey of Japan, 192p (in Japanese with English abstract). Mutch *et al.* (2016): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 171, 85. Tiepolo *et al.* (2012): *Jornal of Petrology*, 35, 6, 1255-1285. Yuhara and Uto. (2007): *Jour. Geol. Soc. Japan*, 113, 519-531.

Keywords: Shikanoshima Basic rocks, Hbl geothermobarometry, whole rock compositions.

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

Petrogenesis of the Khangai granitoids, central Mongolia: Implications for the crustal generation

Boldbaatar Dolzodmaa* (Kyushu Univ), Yasuhito Osanai (Kyushu Univ),

Nobuhiko Nakano (Kyushu Univ), Atsushi Kamei (Shimane Univ),

Tatsuro Adachi (Kyushu Univ)

Mongolia is the heartland of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB) and that CAOB is renowned for the massive generation of juvenile crust in the Phanerozoic. In central Mongolia, the Khangai basin filled by Devonian to Carboniferous sedimentary rocks (Kelty et al., 2008; Purevjav and Roser, 2012; Erdenechimeg et al., 2018) and intruded by voluminous granitoid plutons in the Late Permian–Early Triassic of 269–237 Ma (Jahn et al., 2008; Yarmolyuk et al., 2016; Dolzodmaa et al., 2020). We present new whole-rock Sr–Nd isotopic data and combining with previous our published geochemical, geochronological data set on the Khangai granitoids (Dolzodmaa et al., 2020) emplaced in central Mongolia. The Khangai granitoids have unique geochemical and isotopic features, to know the origin(s) of them is important for understanding crustal generation. The Khangai granitoids can be divided into two stages magmatism: (1) 269–248 Ma granitoids that consist of Bt–Hbl granodiorite with mafic microgranular enclave and Bt granite have high-K calc-alkaline, I-type granite affinity, on the other hand (2) associated 238–237 Ma granitoids consist of pegmatitic granite have a post-orogenic A-type affinity. Both Bt–Hbl granodiorite and Bt granite have SiO₂ content ranging from 54.44 to 75.93 wt% and both define a single trend on silica vs. major and trace elements diagrams that likely reflects fractional crystallization processes (Dolzodmaa et al., 2020). Using whole-rock chemical data, Bt–Hbl granodiorites and Bt granites plotted on the hornblende, biotite, and plagioclase vector diagram indicates that these two suites of granitoids can be linked by the fractionation of plagioclase and hornblende (Dolzodmaa et al., 2020).

Newly obtained whole-rock Sr–Nd isotopic data of (1) granitoids have a low variation of initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios between 0.7062 and 0.7283 and characterized by near-zero ε_{Nd}(T) values of –2.13 ~ +1.11 suggests that granitoids may have been derived from a source composed of juvenile material involving crystal fractionation and assimilation processes supported by above geochemical features whereas (2) granitoids have high initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios between 0.7128 and 0.7576 and show near-zero ε_{Nd}(T) values of –1.68 ~ –1.52 suggests that the (2) granitoids may be formed by assimilation fractional crystallization processes with the interaction between lower crust derived magma and meta-sedimentary rocks supported by their high silica concentration ranging from 71.46 to 78.32 wt% and have high TFe₂O₃/MgO, Ga/Al values, strong depletions in Ba, Sr, relatively flat REE patterns, significant negative Eu anomalies, and high-K calc-alkaline compositions (Dolzodmaa et al., 2020).

Keywords: central Mongolia, granitoid, whole-rock Sr–Nd isotopes, Assimilation fractional crystallization (AFC) process

*Corresponding author: odmaa390b@gmail.com

はんれい岩－閃緑岩－トータル岩複合岩体：アジア大陸東縁，前期白亜紀沈み込み帯の地殻形成，北部九州の例

大和田正明（山口大学），砺山駿吾（アイ総合技術），亀井淳志（島根大学）

小山内康人，中野伸彦，足立達朗（九州大学）

Gabbro–Diorite–Tonalite complex: Formation of juvenile crust in active continental margin, Cretaceous north Kyushu batholiths, southwest Japan

M. Owada* (Yamaguchi Univ.), S. Toyama (AI United Eng. Inc.), A. Kamei (Shimane Univ.)

Y. Osanai, N. Nakano, T. Adachi (Kyushu Univ.)

The magmatic processes in subduction zones are one of important issues to understand the evolution of continental crust through the earth's history. The gabbro–diorite–tonalite complex in the Sefuri Mountains, north Kyushu geochemically resembles high-Nb basalt, high-Mg andesite, and adakite, respectively, and shows juvenile character with positive epsilon Nd isotopic compositions. These rocks were produced by partial melting of metasomatized wedge-mantle and already underplated mafic lower crust during 115 to 105 Ma. Considering the early Cretaceous tectonic setting, the magmatism occurred as an unusual heat flow due to mantle upwelling affected by the slab rollback.

沈み込み帯における火成活動は大陸地殻の形成と分化を担い，大陸成長と安定化を促す．北部九州には，白亜紀に活動した花崗岩バソリスが分布し，散点的であるが苦鉄質岩を伴う．最近のジルコン U–Pb 年代測定によると，バソリスは 105 Ma から 95 Ma の約 1000 万年の間に起こった”magmatic flare-up”によって形成した．バソリス西部の浮嶽周辺には，花崗閃緑岩のブロックとしてグラニユライト相の変成岩類を伴うはんれい岩－閃緑岩－トータル岩複合岩体が産する．泥質変成岩の変成年代はモナズ石 Th–U–Pb 年代とジルコン U–Pb 年代によって 115–105 Ma が報告されている．産状と組織・鉱物組み合わせから複合岩体は変成作用のピーク時に貫入した．

複合岩体はそれぞれ貫入－貫入関係や包有－包有関係を示す．はんれい岩はホルンブレンドを含むのに対して，閃緑岩とトータル岩は主に輝石を含み，含水鉱物をほとんど伴わない．はんれい岩は中～高 K 系列に属すのに対して，閃緑岩は主に低 K 系列の特徴を示す．トータル岩ははんれい岩と閃緑岩の中間的な

特徴を持つ．そして，はんれい岩，閃緑岩およびトータル岩の化学組成は，それぞれ高 Nb 玄武岩，高 Mg 安山岩，アダカイトの特徴に類似する．105 Ma で年代補正した ϵ_{Nd} 同位体組成は 0 以上で，マントル由来の特徴を示す．最も MgO の高い閃緑岩の Sr–Nd 同位体組成は，はんれい岩のそれより肥沃的である．はんれい岩と閃緑岩の MgO, Cr, Ni 含有量はほぼ同じだが SiO₂ 含有量は異なり，ハーカー図で異なるトレンドを示す．また，トータル岩の同位体組成は bulk earth に近く，沈み込み帯アダカイトと類似する．マントル組成で規格化したスパイダー図で，はんれい岩と閃緑岩のパターンは類似する．

前期白亜紀のテクトニックセッティングを考慮すると，はんれい岩と閃緑岩は，沈み込み帯の汚染されたウェッジマントルに由来し，溶融の熱源はスラブロールバックによって上昇した高温のアセノスフェアと推察される．また，トータル岩マグマはすでに底付けされた苦鉄質下部地殻の部分溶融によって形成され，地殻成長を促したと考えられる．

Keywords: High-Nb basalt, High-Mg andesite, adakite, slab rollback

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

ICDP オマーン掘削計画による高速海嶺系の下部地殻構造

海野 進 (金沢大)・草野有紀・石塚 治 (産総研)・普代貴大 (太平洋セメント)・田村明弘・森下知晃 (金沢大)

Architecture of the lower crust beneath the fast-spreading axis of the Oman Ophiolite deduced from the ICDP Oman Drilling

Susumu Umino (Kanazawa Univ.), Yuki Kusano, Osamu Ishizuka (AIST), Takahiro Fudai (Pacific Cement, Co. Ltd.), Akihiro Tamura and Tomoaki Morishita (Kanazawa Univ.)

#

ICDPオマーン掘削計画では、Ibra北方のWadi Gideahでオマーン・オフィオライトの地殻下部を掘削し、GT1A孔とGT2A孔からそれぞれ400 mのコアを採取した。われわれは地殻の厚さと掘削コアの層準を明らかにするために、フィールド調査と衛星画像・標高モデルを用いてモホ面の3次元構造をマッピングした。その結果、下部地殻の厚さは3.5 km、GT1A孔とGT2A孔の層準はモホからそれぞれ0.4~0.8 kmと2.0~1.6 kmとなることがわかった。下部地殻ガブロには普遍的に面構造とハイパーソリダス変形構造が発達する。モード層状構造も見られるが、局所的である。モード層状構造の発達した層状ガブロはモホ面から高さ125 mまでの下部地殻最下部に限られる。

掘削コア試料は主としてカンラン石ガブロからなり、伸張したカンラン石集合体や四半構造をした単斜輝石、汚濁したコアを包有する大きな自形斜長石が、グラノブラスティック組織を示す細粒の斜長石に取り囲まれた組織を示す。これらの組織はメルトの存在下での変形を示唆しており、細粒の斜長石の再結晶とマグマ性の斜長石コアの周りに自形リムが成長することで、歪みを解消している。また、GT1A, GT2Aを通してポイキリティックやオフィティック組織を示す単斜輝石が存在する。ハイパーソリダス変形の痕跡は層準にかかわらず、偏在する。

ガブロの全岩化学組成は、主に斜長石、カンラン石、斜方輝石の集積と間隙メルトの混合によって支配される。GT1A下部とGT2A上部の岩石全体のMg#はそれぞれ72-83と68-79であり、最も低いMg#はシート状岩脈群と重なる。集積鉱物はシート状岩脈

群の全岩化学組成で代表されるメルトと平衡であったと考えられる()。そこで間隙メルトのLa, Pr, Ce組成濃度が平衡なシート状岩脈群のそれらと等しいと仮定し、ガブロとシート状岩脈群の全岩La, Pr, Ce濃度からマスバランス計算によって、ガブロ中の間隙メルト量を推定した。間隙メルト量はGT1A, GT2Aともに5-10 mass%, 最大でも15 mass%である。平均値はGT2Aで6 mass%, GT1Aで5 mass%と、層準が下位の方がやや少ない傾向がある。

GT1A, GT2Aともに掘削コアは、ハイパーソリダス変形によって鉱物が配列して面構造をなすフォリエーションが発達する。掘削孔と同層準の露頭観察でもモード層状構造の発達は乏しい。全てのコアに普遍的に見られる集積鉱物の単斜輝石と斜長石の累帯構造、高い過冷却度のもとでの晶出を示すオフィティックな単斜輝石、5 mass%を越える間隙メルトは、いわゆるフォリエーティッドガブロの特徴に一致する。

以上のことから、GT1A孔とGT2A孔はいずれもフォリエーティッドガブロを掘削したと結論される。このようにWadi Gideahセクションでは上部ガブロとされる厚いフォリエーティッドガブロが発達している。これは、海嶺軸セグメント中央にあったとされるWadi Gideahの下部地殻はマグマ供給率が高く、長期間に渡って高温状態であったために、マッシュ状のガブロ氷河が厚く発達し、メルトレンズの底で晶出した集積鉱物が、下部地殻深部にまで輸送されたと考えられる。

オマーンオフィオライトの古拡大軸セグメント構造

岡田颯馬・海野 進（金沢大）・草野有紀（産総研）・宮下純夫（北海道総

合地質研）・足立佳子（電中研）

Intrasegment variation of oceanic crustal structure of the Oman Ophiolite

Soma Okada, Susumu Umino (Kanazawa Univ.), Yuki Kusano (AIST), Sumio Miyashita (Hokkaido

Sogo Chishitsu), Yoshiko Adachi (CRIEPI)

はじめに 北部オマーンオフィオライトの Wadi Fizh〜Wadi Sadam間の古拡大軸セグメントにおける海洋地殻構造及び岩脈組成について報告する。従来、厚いモホ遷移帯、未分化な岩脈群及びガブロの鉱物組成から、同セグメント中央に位置する Wadi Thuqbah付近にセグメント中心があり、北端の Wadi Fizhへ向けて岩脈群の組成幅が広がり、噴出岩層とシート状岩脈群からなる上部地殻が繰り返す二階建て構造の存在が知られていた (Adachi and Miyashita, 2003; Umino et al., 2003; Miyashita et al., 2003)。今回、われわれはセグメント南端と考えられる Wadi Sadamにおいて Fizhと同様の上部地殻の二階建て構造を確認した。そこで、同セグメント南半部の地殻構造と岩脈群の全岩組成のセグメント内変化について調査した。

古海嶺軸走向の復元 古海嶺軸の走向の変化を明らかにするため、オフィオライトの褶曲と傾動を補正し、拡大軸下にあった時のシート状岩脈群の姿勢を復元した。まず、拡大軸期の V1 噴出岩の走向傾斜の分布に基づいて、南東にブランチした褶曲軸を推定した。褶曲軸に直交する回転軸まわりにブランチを水平に戻した後、左ずれ断層で南北に隔てられた西翼部のシート状岩脈群について、傾斜を鉛直に戻した。断層の西側のブロックはセグメント北半部と連続しているが、東側は相対的に北方にずれている。そこで、東側のブロックを断層に沿って南方にスライドさせ、断層の西側に対する原位置に戻した。その結果、セグメント南半部のシート状岩脈群はセグメント南端の北 10 km の Wadi Salahi 付近で約 20° 屈曲し、北側は ~160°、南側は ~0° 走向であった。

シート状岩脈群の全岩化学組成 セグメント南半部の岩脈組成は北半部と同様の組成範囲にある。南半部の岩脈のほとんどは Mg#35-60, TiO_2 0.5-3 wt%, P_2O_5 0.04-0.37 wt% である。セグメント半部中央付近の Wadi Bidi 付近に最も未分化な岩脈が多く、その南の Wadi Hilti 付近に最も分化したものが出現する。セグメント全体では、南半部の岩脈群の方が北半部よりもやや分化したものが多く。

議論 セグメント南半部のシート状岩脈群の走向は 10-15 km 長の 2 つの小セグメントに分けられ、両者の間には断層や相互に貫入する走向の異なる岩脈は存在しないことから、古海嶺軸の折れ曲がり (DEVAL) に相当すると考えられる。小セグメントの規模は、セグメント北半部と同程度である。DEVAL 付近は上部フォーリエーティッドガブロが薄く、下部地殻ガブロの層状構造の乱構造帯の分布域に対比される (戸松, 2004MS)。また DEVAL 付近のフォーリエーティッドガブロの単斜輝石の Mg# は 70-88 と組成幅が大きいことが報告されている (野川, 2011)。以上より、DEVAL 付近はマグマ溜まりのメルトレンズが薄い、途切れた部分に相当し、マグマが冷却しやすく、分化した集積鉱物や岩脈が形成されたと考えられる。

Petrology of pumice stone in the 39 ka caldera-forming eruption of Mendelev volcano (Kunashir Island)

Alexey Kotov^{1*}, Sergey Smirnov², Noriyoshi Tsuchiya¹, Masaoki Uno¹

(¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ²Institute of Geology and Mineralogy, Siberia Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk)

Caldera eruption of Mendelev volcano occurred about 39 thousand years ago on Kunashir Island. The volume of pyroclastic material is estimated at 60 km³, which makes this eruption one of the largest eruptions of the Upper Pleistocene in the Southern Kuril Islands.

The pumice stones of the caldera eruption are dacitic. The proportion of porphyry phenocrysts in pumice is not higher than 20 vol. %. Phenocrysts are represented by plagioclase, augite, hypersthene, quartz, magnetite, and ilmenite, immersed in glassy groundmass. Amphibole was found only in the form of crystalline inclusions in pyroxenes. Amphibole is Mg-Fe³⁺ hornblende (Al₂O₃ 7 - 11 wt. %). To estimate pressures, we used an amphibole geobarometer (Ridolfi et al., 2010). We argue that the amphibole is a relic of a mineral association which formed during the partial melting of crustal metabasites of Kunashir Island. Thus, the estimates of the PT parameters correspond to the process of generation of the melt that participated in the formation of the upper crustal magmatic chamber. The maximum estimates of the PT parameters were about 3 kbar and 920°C. Most of the compositions of amphibole correspond to 1-2 kbar and temperatures of 780 - 890°C. Melts were formed at high fO₂ corresponding to the NNO +0.1-1.9 buffer.

Pumice phenocrysts often contain primary glassy melt inclusions (MI). Sometimes these MI's contain empty shrinkage bubbles. The composition of MI corresponds to low-K₂O dacite-rhyodacite. MI's differ from the bulk rocks by a higher SiO₂ content and do not differ in alkali content. The most important part of this study is to determine the content of volatile components in the melts that participated in the caldera eruption. By combining the methods of Raman spectroscopy and the measurement of oxygen by the EMPA EDS, we found that MI's contain from 4.2 to 7.4 wt. % H₂O. At the same time, the water content in the glass of the groundmass does not exceed 4.5 wt% H₂O, which indicates significant losses of volatile melts during a caldera eruption. Comparison of the content of volatile components in glasses of the groundmass and in melt inclusions allows us to estimate the amount of volatile components emitted into the atmosphere during a caldera eruption.

Phenocrysts of plagioclase and clinopyroxene also contain primary and pseudo-secondary fluid inclusions (FI). The features of the composition and location of FI's show that during the evolution the melt degassed. And this degassing is not associated with the final large eruption, as indicated by the presence of pseudo-secondary FI. Also, combined melt inclusions were found. They are represented by melt, trapped non-daughter crystals and two-phase fluid segregations (liquid H₂O and gaseous CO₂). These inclusions indicate that the fluid pressure in the chamber could have exceeded the lithostatic one. An additional drop in lithostatic pressure (for example, due to the rise of magma) allowed additional portions of fluid to migrate from the glass of the melt inclusion into these segregations. The data obtained make it possible to accurately describe the evolution of magma from Mendelev volcano before the caldera eruption and to compare it with other Pleistocene-Holocene calderas of the Southern Kuriles.

References

1. Ridolfi F., Renzulli A., Puerini M. Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes, 2010, Contrib. Mineral Petrol 160:45–66

Keywords: Melt inclusions, Caldera eruptions, Dacite

*Corresponding author: kotov.alexey.s1@dc.tohoku.ac.jp

北西インド Nidar オフィオライト層火成岩類の 岩石学的・地球化学的研究

佐藤成修, 今山武志(岡山理大), Dutta Dripta (インド工科大学ボンベイ校),
金田泰明, 渡部将太, 長谷川 健(茨城大), 南 雅代, 若杉勇輝 (名古屋大),
若木重行 (JAMSTEC 高知コア研)

Petrological and geochemical studies of igneous rocks in the Nidar ophiolite complex, northwest India

Akinori Sato*, Takeshi Imayama (Okayama Univ. of Sci.), Dutta Dripta (IIT Bombay.),

Yasuaki Kaneda, Shota Watanabe, Takeshi Hasegawa (Ibaraki Univ.),

Masayo Minami, Yuki Wakasugi (Nagoya Univ.), Shigeyuki Wakaki (Kochi JAMSTEC)

北西インド Ladakh 地域の Nidar オフィオライトは、インドーアジア大陸衝突の地質学的境界であるインダスーツァンポ縫合帯内部の西側に分布し、大陸衝突前に形成された白亜紀前期の海洋地殻の断片である。本オフィオライトは、沈み込み初期の島弧の前弧域で形成されたとされる(Ahmad et al., 2008)。このようなテクトニクス場では、沈み込み開始時に上盤側のプレートで海底拡大が起こり、島弧的マグマだけでなく海嶺的マグマが生成される(van Hinsbergen et al., 2015)。しかし、これらの異なる組成を示す複数のマグマがどのように同一場で生じるのか、あるいは本当に同時期に生成したマグマなのかは、明らかではない。Nidar オフィオライト斑レイ岩は、単斜輝石と斜長石から主に構成され、少量の緑簾石と緑泥石を含む。粗粒玄武岩と玄武岩は、角閃石と斜長石から主に構成され、少量の単斜輝石、緑簾石、緑泥石、石英を含む。単斜輝石の $Mg\#$ [$Mg/(Mg+Fe^{2+})$ 比]は、斑れい岩(0.85-0.92)、粗粒玄武岩(0.79)、玄武岩(0.66-0.77)と層序的上位に向けて、 $Mg\#$ が低下する。粗粒玄武岩の角閃石は普通角閃石で、コア ($Mg\#$: 0.73-0.90) からリム ($Mg\#$: 0.54-0.71) にかけて Mg が減少し、一部アクチノライトによって置換される。斑レ

イ岩の斜長石は亜灰長石(An : 70-90 %)である。玄武岩の自形の斜長石は、灰長石 (An : 94-99 %)であるが、緑簾石と緑泥石と共存する斜長石は曹長石(An : 0.2-2.2 %)である。これらの結果は、単斜輝石と An 成分に富む斜長石は火成鉱物であるが、曹長石、アクチノライト、緑簾石、緑泥石は緑色片岩相～角閃岩相下部の変成作用によって生成したことを示唆する。粗粒玄武岩と玄武岩は、平坦な希土類元素パターンを示し、先行研究(Ahmad et al., 2008)で報告された島弧的マグマと類似している。一方で、斑レイ岩は希土類元素濃度が低く、軽希土類元素に著しく乏しく、枯渇したマントルから由来した海嶺的マグマの特徴を示す。Th/Yb-Nb/Yb 図では、Nidar オフィオライト火成岩類は、海嶺型から島弧ソレアイトの領域にプロットされる。Nd 同位体比は 0.513022–0.513191 の狭い範囲で、枯渇した海嶺起源マントルに比較的類似する。一方、Sr 同位体比は、0.702957–0.706713 の間で幅広い値を示し、熱水変質などの影響を被っている。Ladakh 地域の他オフィオライトの岩石学的・年代学的データも考慮すると、沈み込み開始時に海底拡大に伴う海嶺的マグマが生成し、沈み込み帯の発達に伴い島弧ソレアイト質から島弧カルクアルカリ質マグマへ変化した可能性がある。

Keywords: Nidar ophiolite, subduction initiation, petrology, geochemistry

*Akinori Sato: s21sm03oy@ous.jp

Oral presentation

S2: Water Rock Interaction (Special Session)

Chairperson: Noriyoshi Tsuchiya (Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 12:45 PM Zoom Session 3

[Chairperson]

Noriyoshi Tsuchiya: S2-01 - S2-14

[greeting] セッションコンビンナー挨拶

9:30 AM - 9:35 AM

[S2-02] Weathering and alteration experiments of volcanic ash and pumice in an oxidative environment

*Nagisa Okabe², Hiroshi Isobe¹ (1. Kumamoto Univ., 2. Kumamoto Univ., Grad. Sch. Sci. Tech)

9:50 AM - 10:05 AM

[S2-03] Sr isotopic variation of the CM1A core samples of Oman ophiolite

*Masako Yoshikawa¹, Tomoyuki Shibata¹, Asyraf Mohamed Aminuddin², Ryoko Senda³, Tomoaki Morishita² (1. Hiroshima Univ., 2. Kanazawa Univ., 3. Kyushu Univ.)

10:05 AM - 10:20 AM

[S2-04] Antigorite vein formation and fluid flow in the crust-mantle transition zone in the Oman ophiolite

*Kazuki Yoshida¹, Atsushi Okamoto¹, Ryosuke Oyanagi², Masao Kimura³ (1. Tohoku Univ., 2. Kokushikan Univ., 3. KEK)

10:20 AM - 10:35 AM

[S2-05] Submarine and subaerial metamorphism recorded in fluid inclusions of carbonates in Wadi Dima serpentinite, Sultanate of Oman

*Tomohiro Inukai¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Marguerite Godard² (1. Shizuoka Univ. Sci, 2. Montpellier Univ. CNRS)

10:35 AM - 10:50 AM

[S2-06] Estimation of vein-permeability structure based on automated characterization of veins in the 3-D X-ray CT core images: Application to the GT sites of the Oman Drilling Project

*Yuya Akamatsu¹, Ikuo Katayama¹, Keishi Okazaki², Katsuyoshi Michibayashi³, The Oman Drilling Project Phase 1 Science Party (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC, 3. Nagoya Univ.)

10:50 AM - 11:05 AM

[S2-07] Dynamics Rupturing of Hydrothermal Vein Revealed in Ichinokawa Breccia, Central Shikoku

*Geri Agroli¹, Masaoki Uno¹, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ.)

11:05 AM - 11:20 AM

[S2-08] Dissolution behaviors of silicate minerals in the presence of chelating agents under alkaline conditions

*Jiajie Wang¹, Noriaki Watanabe¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni.)

11:35 AM - 11:50 AM

[S2-09] Evaluation of dynamics of crustal fracturing and fluid flow revealed by static and petro-equilibrium analyses

*Diana Mindaleva¹, Masaoki Uno¹, Takayoshi Nagaya², Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku

University, 2. The University of Tokyo)

11:50 AM - 12:05 PM

- [S2-10] Poroelasticity-driven cementation of dehydrating rocks: Implications for dawn-dragged fluids in subduction zones

*Wakana Fujita¹, Michihiko Nakamura¹, Kentaro Uesugi² (1. Tohoku Uni. Sci., 2. JASRI)

12:05 PM - 12:20 PM

- [S2-11] Synthesis of fluid inclusion under moderate hydrothermal conditions and determination of protein

*XIAOTIAN CHEN¹, J. Wang¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni. GSES)

12:20 PM - 12:35 PM

- [greeting] セッションコンビンナー挨拶

12:35 PM - 12:45 PM

9:30 AM - 9:35 AM (Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 12:45 PM Zoom Session 3)

[greeting] セッションコンビンナー挨拶

酸化的環境における火山灰及び軽石の風化変質実験

岡部風紗 (熊大・院自然), 磯部博志 (熊大)

Weathering and alteration experiments of volcanic ash and pumice in an oxidative environment

Nagisa Okabe* (Kumamoto Univ.), Hiroshi Isobe (Kumamoto Univ.)

＜背景・目的＞地球科学や工学、農学など多くの分野と密接に関係する粘土鉱物は、あらゆる場面で私たちの生活に恵みをもたらす一方で、がけ崩れや地滑りといった自然災害を引き起こす要因の一つでもある。

2018年北海道胆振東部地震や2016年熊本地震の地滑り災害では、すべり面として火山灰や軽石層が報告されており、その多くは風化変質によってハロイサイトを多く含む粘土層と化していたことがわかっている(王ほか 2019; 佐藤ほか 2017)。

そこで本研究では、火山灰及び軽石の地表環境における粘土化の初期過程について議論するべく、未変質に近い試料を用いて酸化的環境での風化変質実験を行った。

＜手法＞試料は桜島火山灰及び阿蘇中央火口丘第一軽石を用いた。メノウ乳鉢で粉碎し、pH1, 3, 5に調整した硫酸溶液あるいはpH7のイオン交換水とともにテフロン容器に密封して100, 150, 200℃で10, 35, 120日間水熱反応を行った。100℃に関してはpH5, 7条件のみ実験を行っている。試料：溶液は1:10である。溶液には火山ガスの影響を考慮して硫酸溶液を用いた。テフロン容器内が地表環境に近い酸化条件となるよう、 MnO_2 を入れた

非密封 AgPd チューブによって酸素分圧を $\text{MnO}_2\text{-Mn}_2\text{O}_3$ buffer に保った。反応後は自然乾燥させた生成物について FTIR 分析、定方位法による XRD 分析、SEM 観察および EPMA 分析を行う。

＜結果＞FTIR 分析の結果、条件によって差はあるが高温・長期間の反応になるにしたがって 3600, 3400, 1040 cm^{-1} 付近のピーク面積が増大することがわかった。

また pH1 条件では火山灰及び軽石ともに10日時点で 3450 cm^{-1} , 1090 cm^{-1} に鋭いピークがみられた。さらに火山灰 200℃-120日条件のみで 3622 cm^{-1} にピークを確認した。XRD 分析でも 15Å を中心に幅広いピークがみられたこと、250℃で3時間加熱後そのピークはほぼ消滅したことから層間に H_2O を含むスメクタイト系の粘土鉱物が生成したと考えられる。SEM 観察では、軽石 pH5, 7-200℃-120日条件において Si, Al を主体とする繊維状の生成物を確認している。

本研究により、表層環境における低 pH 条件では軽石より火山灰のほうが風化変質の進行が速い可能性が示された。さらに詳細な解析により、酸化的環境における火山噴出物の風化変質挙動について議論する。

Keywords: clay mineral, volcanic ash, pumice, landslide

*Corresponding author: 204d1402@st.kumamoto-u.ac.jp

オマーンオフィオライト CM1A 陸上掘削試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比

芳川雅子, 柴田知之 (広島大), Asyraf Mohamed Aminuddin (金沢大学),
仙田量子(九州大学), 森下知晃 (金沢大)

Sr isotopic variation of the CM1A core samples of Oman ophiolite

Masako Yoshikawa*, Tomoyuki Shibata (Hiroshima Univ.),
Asyraf Mohamed Aminuddin (Kanazawa Univ.), Ryoko Senda (Kyushu Univ.),
Tomoaki Morishita (Kanazawa Univ.)

地球表面の約7割を占める海洋プレートの実体は、系統的に試料を直接採取することが困難で、未だ不明点が多い。このため、海洋プレート断片だと考えられるオフィオライト岩体の詳細な観察から、海洋プレートの断面やその物理学・化学的特徴が推定されている。世界で最大級(400 km以上)かつ保存の良い海洋プレート断面であるオマーンオフィオライト(例えば, Nicolas et al., 1988)では、国際陸上科学掘削計画のもと複数地点で掘削が行われた。南部 Wadi Tayin ブロック CM1A サイトで採取された掘削試料は全長 404.15m で、構成する岩石層の特徴から上位から下位へと以下の 4 層に区別されている。第 I 層: 層状斑れい岩卓越層, 第 II 層: 強蛇紋岩化ダナイト層, 第 III 層: 部分的蛇紋岩化ダナイト層, 第 IV 層: ハルツバーガイト卓越層。このうち第 II・III 層が地殻-マントル遷移層とされる (Tamura et al., 2018; Takazawa et al., 2019)。本研究では 19 試料について広島大学設置の表面電離型質量分析計で Sr 同位体 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) 比を、融合結合プラズマ質量分析計で希土類元素 (REE) を含む微量元素濃度を測定した。また、薄片観察による二次鉱物モード組成から変質度を求めた。

第 I 層の斑れい岩の Sr 同位体比・REE 組成は上位から下位への系統的な変化は観察されず、組成幅も小さい ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7031 \sim 0.7033$)。ダナイトの Sr 同位体比は第 I 層から第 III 層へと $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7072$ から 0.7039

へと低くなり、第 I 層のダナイトの軽希土類 (LREE) 濃度は、Eu 以外類似した REE 濃度をもつ、第 II・III 層ダナイトと比べ数倍高い。第 I 層のダナイトのみ、他の組織を切るマグネタイト脈が観察される。第 IV 層のハルツバーガイトは非常に広範な REE 組成を示すが、Sr 同位体比は組成幅が小さく、上位から下位への系統的变化は認められない ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7038 \sim 0.7040$)。

全岩 Sr 同位体比と変質度には第 I 層のダナイトを除き明瞭な正の相関 ($R^2=0.94$) が観察される。このことから、CM1A 掘削試料の Sr 同位体比は変質度に依存していると考えられる。この線形関係から、変質を被っていない試料の Sr 同位体比を外挿したところ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7030$ であった。この値は、オマーンオフィオライト南部イブラ山塊の新鮮な斑れい岩の値と一致する ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7028 \sim 0.7033$; Lanphere et al., 1986; Zhilman et al., 2018)。Kawahata et al. (2001) は 100% 変質した試料が示す Sr 同位体比が変質にかかわった熱水と平衡であると仮定し、変質度 80% 以上のオマーンオフィオライト試料について、熱水の Sr 同位体比を推測している。同様の方法を用い計算したところ、ダナイト・ハルツバーガイト中を循環した熱水の Sr 同位体比は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7039 \sim 0.70421$ であった。これらの値は Kawahata et al. (2001) が求めた角閃岩相の平均的な高温熱水流体の値 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70413$) と類似する。

Keywords: Oman drilling project, CM1A site, crust-mantle transition zone, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic variation

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

オマーンオフィオライト地殻—マントル遷移帯
におけるアンチゴライト脈形成と流体流動
吉田一貴（東北大）・岡本敦（東北大）・大柳良介（国士舘大）
木村正雄（高エネ研）

Antigorite vein formation and fluid flow
in the crust-mantle transition zone in the Oman ophiolite

Kazuki Yoshida* (Tohoku Univ.), Atsushi Okamoto (Tohoku Univ.),

Ryosuke Oyanagi (Kokushikan Univ.), Masao Kimura (KEK)

Antigorite is high temperature polymorph of serpentine minerals. In contrast to the common occurrence of antigorite within the ultramafic rocks within related to the subduction zone, it is still unclear its formation conditions within the oceanic lithospheres and ophiolites (Cluzel et al., 2020; Roum  jion et al., 2019). In this study, we report the multi-stage serpentinization and novel occurrences of antigorite veins with brucite salvage in completely serpentinized dunite from the crust - mantle transition zone of the Oman ophiolite, taken from Oman Drilling Project drill hole CM1A (Wadi Zeeb, Northern Sharqiyah). Based on the mass balance and thermodynamic consideration, we discuss the time integrated fluid flux during the antigorite vein formation during the obduction of the Oman ophiolite.

Along the hole CM1A, the dunite in the crust-mantle transition zone (160-313 m) is pervasively serpentinized with lizardite + brucite + magnetite (Yoshida et al., 2020). This earlier-stage texture of serpentinite are cut by the distinct antigorite vein networks, that is continuous networks over 100 m by X-ray CT on Chiky  . Interestingly, the antigorite veins have the salvage of brucite, where enriched in magnetite. The wormhole structure of magnetite shell and antigorite was observed in the reaction zone, which could be act as fluid pathways in the process of forming the reaction zone. The relic of the mesh-like texture of the earlier stage serpentinization were preserved, suggesting the volume-constant replacement during the reaction zone formation. The mass balance relationship indicates the loss of silica and gains of magnesium and water are required to form brucite salvage after lizardite. Given the formation of the antigorite vein with brucite salvage at 350   C and 200 MPa, thermodynamic calculations revealed that (1) pH at reaction front was 5.85 (high compared to neutral pH (= 5.10)), and (2) the time integrated fluid flux is estimated to be $2.3 \times 10^2 \text{ m}^3(\text{fluids}) / \text{m}^2(\text{rock})$. Our results suggests that substantial flow of the alkaline fluids occurred through fracture networks at the stage of the obduction of the Oman ophiolite

Keywords: Serpentinization, Oman Ophiolite, Antigorite, Fluid flux

*Corresponding author: kazuki.yoshida.t4@dc.tohoku.ac.jp

References : Roum  jion, et al. (2019). CMP. 174:60, <https://doi.org/10.1007/s00410-019-1595-1>

Cluzel et al. (2020), Int. J. Earth. Sci. 109:171-196, <https://doi.org/10.1007/s00531-019-01796-6>

Yoshida et al. (2020). J. Geophys. Res. : Solid Earth, 125, 11. <https://doi.org/10.1029/2020JB020268>

オマーンオフィオライト・ワジディマ蛇紋岩の 炭酸塩中の流体包有物：海洋底と大陸での変成作用

犬飼知宏^{1,*}, 川本竜彦¹, Godard Marguerite²

(¹ 静岡大学・理・地球科学, ² CNRS, モンペリエ大学, フランス)

Submarine and subaerial metamorphism recorded in fluid inclusions of carbonates in Wadi Dima serpentinite, Sultanate of Oman

Tomohiro Inukai^{1,*}, Tatsuhiko Kawamoto¹, Marguerite Godard² (¹ Dept Geoscience, Shizuoka Univ., ² Géosciences Montpellier, CNRS, Univ. Montpellier, France).

We report two groups of fluid inclusions in carbonates in veined serpentinites in Oman ophiolite complex previously studied by Noël et al. (2018, Lithos): saline fluids (2.7% NaCl) in type 1 carbonates that were formed through submarine hydrothermal alteration, and pure water (0.1% NaCl) in type 2 and 3 carbonates that were formed through continental alteration processes.

オマーンオフィオライトの蛇紋岩中に炭酸塩の脈が発達する岩体がある。これまでに炭酸塩の岩石記載、微量成分元素組成と安定同位体比によって、炭酸塩は 3 つのタイプに分類されている (Noël et al., 2018, Lithos)。彼らの分類に従うと、Type 1 炭酸塩は炭酸塩コアと微細脈からなり、海洋底の変成作用により形成されたものである。Type 2 と 3 炭酸塩は陸側での変成作用によって形成された脈である。この多世代の炭酸塩が入った岩石試料を 2020 年 1 月に行われたオマーンでの野外巡検で川本が採取し、犬飼が産状を記載した上で、炭酸塩中の流体包有物を観察した。

顕微ラマン分光法により、炭酸塩鉱物は主にカルサイトで、数ミクロン程度の気液二相の流体包有物がまれに含まれる。488nm の青色レーザの照射によるラマンスペクトルは炭酸塩からの蛍光が高く、質のよいスペクトルを取ることは難しいが、流体包有物は水と同定できる。

マイクロサーモメトリー法を用いて、流体包有物中の氷の最終融解温度と均質化温度を測定

した。現在までのところ均質化温度は幅広い温度を示し、200°Cを超えるものもある。Type 2 と 3 炭酸塩の脈中の流体包有物の塩濃度は 0.1 ± 0.2 重量%NaCl 当量 ($n=6$) であるため、真水と考えられる。一方、Type 1 炭酸塩である炭酸塩コアと微細脈中の流体包有物の塩濃度は 2.7 ± 2.3 重量%NaCl 当量 ($n=5$) であり、Type 2 と 3 の炭酸塩より高い値を示す。このことは Type 1 が海洋底での熱水循環による炭酸塩であり、Type 2 と 3 が陸上での変質作用との従来の考え (Noël et al., 2018, Lithos) と整合的である。



図：観察している岩石試料のチップ。目で見えるような太い脈は大陸での変成作用による Type 2 と 3 の炭酸塩脈である。

Keywords: carbonization, fluid inclusion, salinity, microthermometry, serpentinite,

*Corresponding author: inukai.tomohiro.18@shizuoka.ac.jp

掘削コア試料 X 線 CT 画像中の脈状鉱物の 自動検出による浸透率構造の推定： オマーン掘削計画 GT サイトへの適用

赤松祐哉*, 片山郁夫 (広島大), 岡崎啓史 (JAMSTEC), 道林克禎 (名古屋大),
The Oman Drilling Project Phase 1 Science Party

Estimation of vein-permeability structure based on automated characterization of veins in the 3-D X-ray CT core images: Application to the GT sites of the Oman Drilling Project

Yuya Akamatsu*, Ikuro Katayama (Hiroshima Univ.), Keishi Okazaki (JAMSTEC),
Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ.), The Oman Drilling Project Phase 1 Science Party

浸透率は海洋プレート内での水の流れを理解する上で重要な物性であり、岩石内の割れ目の存在に大きく影響を受ける。海底の掘削孔を用いたその場観測により求められる海洋地殻の浸透率は、ミニコア試料を用いた室内実験で測定される値よりも 2-3 桁大きいことが報告されている。これは、実際の海洋地殻内ではマイクロクラックよりも大きいスケールの割れ目が巨視的な流体の移動を支配していることを示唆する。水の流路として機能した割れ目は岩石中に脈状鉱物として保存されるため、脈状鉱物の分布や形状を流体の浸透モデルに適用することで、岩石の浸透率を推定することができる。そこで本研究では、オマーン掘削計画において海洋地殻セクション (GT サイト) で掘削された 3 つのホール (GT1, GT2, GT3) のコア試料 X 線 CT 画像から、コアに含まれる脈状鉱物とその特徴を自動で検出する手法を開発し、コア試料の浸透率構造の推定を行った。

円柱状のコア試料に含まれる平板状の脈状鉱物は、その側面の展開図において正弦波として現れるため、その正弦波を表すパラメ

ータを求めることで、コアに含まれる脈状鉱物を検出することができる。本研究では、CT 値の勾配から脈状鉱物を構成するピクセルを抽出し、ハフ変換を用いて脈状鉱物の形状や方向を決定した。決定された脈状鉱物の開口幅と空隙率から、等価管路モデルを用いてコア試料の浸透率を計算した。各ホールの全長は約 400 m であり、それぞれ約 500 枚の CT 画像を用いて解析を行った。

解析の結果、開口幅が約 1 mm の脈状鉱物または割れ目が各ホールで 1200-1500 本検出された。脈状鉱物は CT 値に基づいて High CT vein (HCT vein) と Low CT vein (LCT vein) の 2 種類に分類され、それらの vein density は各ホールでそれぞれ異なる深さ傾向を示した。LCT vein の浸透率は各ホール全体を通して 10^{-12} - 10^{-11} m² の値を示した一方で、HCT vein はそれよりも数桁低い値を示した。また、LCT vein と HCT vein の走向・傾斜は互いに高角度で交わる方向に集中しており、海洋地殻において HCT vein と LCT vein の浸透率が異なる異方性をもつ可能性を示唆している。

Key words: vein, permeability, oceanic crust, X-ray CT, The Oman Drilling Project

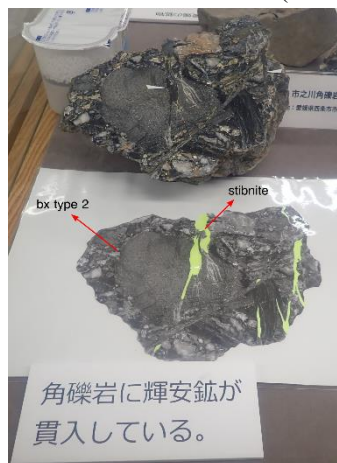
*Corresponding author: y-akamatsu@hiroshima-u.ac.jp

Dynamics Rupturing of Hydrothermal Vein Revealed in Ichinokawa Breccia, Central Shikoku

Geru Agroli*, Masaaki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
(Graduated School of Environmental Studies, Tohoku University)

Breccias are distinct and prominent features in the fluid-saturated environment. Recently detailed observation of breccia texture was used as a **new tool** for identifying **paleoseismic slip**, and **fluid velocity** in the rock record. **The Ichinokawa** preserve an excellent record of hydraulic induced brecciation, yet many aspects and the dynamics processes behind brecciation needs further investigation.

Ichinokawa is situated in **Central Shikoku**, which was famous as a stibnite deposit. The pelitic schist of the Sanbagawa metamorphic belt host the deposit and the structural setting is mainly controlled by the **Median Tectonic Line** (MTL) which is located very close to this area. Ichinokawa exhibits massive brecciation phenomena where breccia underpins the formation of stibnite. Field observation shows that **2 types of breccia** occurred in Ichinokawa on the basis of the **particle size distribution (PSD)**. Type 1 consists of monomict



breccia with boulder size (>500mm) and is distributed at the bottom of the outcrop. While Type 2 of the pebble size (2-100mm) polymict breccia concentrated within the pipe or dike ?? with a varying thickness/wide from 5cm to greater 1m. The breccia clast mainly composed of pelitic schist, and quartz. While matrix comprised of rock-flour of ferroan-dolomite, quartz, muscovite, and pyrite.

Fractal analysis indicates that there is a **positive correlation** between pipe size and clast diameter. This suggests subsequent fragmentation (communion) occur from bigger clast. Fractal dimension (D_s) also indicates the changing of **brecciation energy**. From high energy dilatational breccia (type 1) to lower energy of attrition breccia (type 2).

This is also reflected in the smaller breccia size and continued fragmentation resulting in a more **chaotic** clast texture. The last hydrothermal activity in this area is marked by precipitation of **stibnite** which cut the former two breccia types as veinlet. The stibnite corresponds to the more acid hydrothermal fluid by the presence of **vuggy texture** alongside the vein and host rock.

Keyword: Brecciation, Ichinokawa, Hydrothermal Breccia, Stibnite, Fractal Analysis

* Corresponding author: geri@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

キレート剤の存在におけるアルカリ条件下での ケイ酸塩鉱物の溶解挙動

王佳婕*・渡邊則昭・土屋範芳（東北大・環境）

Dissolution behaviors of silicate minerals in the presence of chelating agents under alkaline conditions

Jiajie Wang*, Noriaki Watanabe, Noriyoshi Tsuchiya (GSES, Tohoku Univ.)

The dissolution behaviours of silicate minerals have been considered by a lot of studies in part due to their potential to aid in carbon storage. Acid conditions are usually applied to promote silicate minerals dissolution; however, the dissolution is easily suppressed due to the formation of silica-rich surface layers as a result of the incongruent dissolution of cations and Si. Due to the strong ability to bind metals at acid to alkaline pHs, chelating agents are used in this study to investigate their potential in promoting silicates dissolution under alkaline conditions. The dissolution behaviours of olivine and basalt in the presence of chelating agents N,N-Dicarboxymethyl glutamic acid tetrasodium salt (GLDA) and hydroxyethylethylenediaminetriacetic acid (HEDTA), will be clarified through experiments.

Experimental results found a significant enhancement in olivine and basalt dissolutions in the presence of either GLDA or HEDTA. For instance, the including of 0.3 M GLDA and 0.3 M HEDTA promoted Mg extraction from olivine by 11.3 and 14.6 times in 120 min, respectively; at the same time, Si extractions were also enhanced by ~27 times (Fig. 1). These values can further increase with temperature and reaction time. Moreover, the (Mg+Fe)/Si atomic ratios in extraction solutions with chelating agents were lower, for instance, 1.74 in 0.3 M GLDA solution, while that in Milli-Q water extraction solution was 3.96 (Fig. 2). The low (Mg+Fe)/Si ratio may suggest the suppressed formation of silica-rich layers, which is consistent with SEM observation that Si was not enriched on the surface of the mineral after reacting with GLDA.

Basalt dissolution experiments suggest that GLDA and HEDTA have favoured different elements extractions. GLDA has a better performance in extracting Ca and Si than HEDTA, while HEDTA is more suitable for Mg, Al and Fe extraction. Therefore, a mixture of GLDA and HEDTA solution with certain ratios is suggested for basalt dissolution. No significant changes in mineral compositions during extraction process using chelating agents implies the simultaneous consumption of minerals in basalt, i.e., pyroxene, feldspar, olivine, etc.

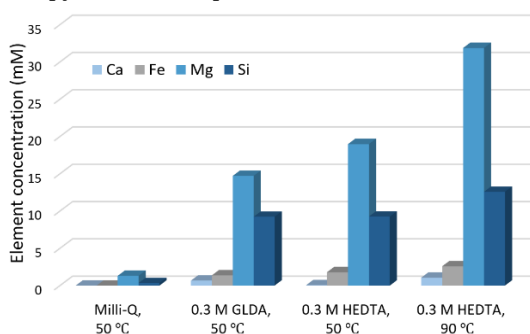


Fig. 1 Fluid chemical compositions after reacting with olivine for 120 min at various conditions (pH=9).

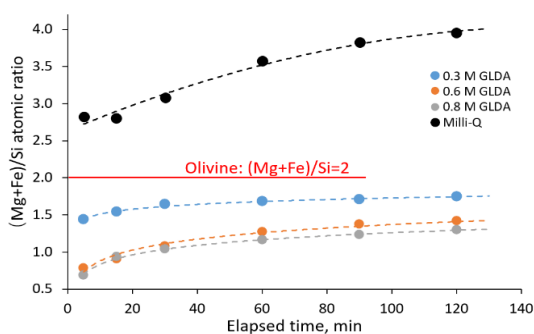


Fig. 2 (Mg+Fe)/Si ratio in solution after reacting with Milli-Q water or GLDA solutions (50 °C, 120 min, pH=9).

Keywords: silicate minerals, dissolution, chelating agent, alkaline condition

*Corresponding author: wang.jiajie.e4@tohoku.ac.jp

Evaluation of dynamics of crustal fracturing and fluid flow revealed by static and petro-equilibrium analyses.

Diana Mindaleva* (Tohoku University), Masaaki Uno (Tohoku University),
Takayoshi Nagaya (The University of Tokyo), Noriyoshi Tsuchiya (Tohoku University)

Fluid flow in the crust promote hydration reactions, and changes rheology of rocks. Fluid pressure rise cause rock fracturing and permeability enhancement allowing fluid infiltration. Such fluid activity is related to shear fracturing and can possibly induce earthquakes generation (e.g., Katsumata and Kamaya, 2003; Obara et al., 2004). However, quantitative constraints on fluid fluxes associated with shear fracturing are limited, particularly regarding its temporal and spatial heterogeneity. Therefore, it is important to estimate amount of fluid fluxes to understand roles of fluids in earthquakes triggering. We constrain fluid fluxes by thermodynamic modeling of fluid chemistry in the metamorphic fluid-rock reaction zones and discuss their relation to potential seismic events based on shear fracturing evidence.

We investigated reaction zones in hydrated metamorphic rocks samples from the Mefjell and Brattnipene Sør Rondane Mountains (SRM), East Antarctica. Several amphibolite- and granulite-facies (0.3–0.65 GPa, 400–740°C) millimeter-scale hydration zones provide information on duration and hydraulic parameters of fluid infiltration. Here we analyse samples underwent rapid hydration (~10 h) and permeability evolution from low-permeable ($\sim 10^{-22}$ – 10^{-20} m²) to highly-permeable rocks ($\sim 10^{-9}$ – 10^{-8} m²) related to crustal fracturing at depths around 10–20 km (Mindaleva et al., 2020). We used these estimations to calculate fluid fluxes in the reaction zones and through the fracture.

We present new methodology based on alteration processes in the reaction zone estimating the fluid volume required to induce fluid-driven seismic activity via coupled reactive-transport modelling and thermodynamic analyses. To evaluate the moment magnitude of potential seismic events we apply two approaches, based on estimated fluid volumes (10^2 to 10^4 m³) and on the shear fractures characteristics, such as slip geometry. We find that moment magnitudes, short fluid infiltration timescales (~10 h) are comparable to some tremor and/or slow-slip events within continental crust. Our observation corresponds to the depth of ~10–20 km, and are shallower than source region of tremor and slow-slip events (~plate interface depth). Thus, we conclude that large amount of fluid transported over short timescales through the single fracture may be widespread mechanism to generate crustal fracturing and induce seismic activity above source regions of tremor and slow slip events in the lower–middle crust. References: Katsumata, Akio, and Noriko Kamaya. Geophysical Research Letters 30.1 (2003): 20–1. Obara, Kazushige, et al. Geophysical Research Letters 31.23 (2004).

Mindaleva, Diana, et al. Lithos 372 (2020): 105521.

Keywords: fluid flux, hydration reaction, reaction zone, crustal fracturing

*Corresponding author: diana@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

ポロエラスティシティによる脱水分解した岩石の膠結作用：流体沈み込みへの応用

藤田和果奈* (東北大), 中村美千彦 (東北大), 上杉健太朗 (JASRI)

Poroelasticity-driven cementation of dehydrating rocks: Implications for dawn-dragged fluids in subduction zones

Wakana Fujita,* Michihiko Nakamura (Earth Sci., Tohoku U.), Kentaro Uesugi (SPRING-8, JASRI)

背景・目的：超臨界水やマグマといった結晶粒間に分布する流体相の岩石からの分離は普遍的な地球科学現象である。流体は連結したネットワークを形成する場合、浮力と岩石の圧密によって分離する一方で、多くの岩石では連結の流路が切れて浸透率が事実上0になる臨界空隙率が存在する。臨界空隙率以下、すなわち非排水系において緻密な岩石が形成されるメカニズムは分かっていない。本研究では、高温高压下・流体に富む条件下で非常に緻密な石英多結晶体を合成することに成功し、緻密化のメカニズムを考察した。またその数値モデルを立て、沈み込み帯において間隙流体が深部に持ち込まれる条件を推定した。

手法：ピストンシリンダー型高压発生装置を用い、1 GPa・900°Cで石英多結晶体を合成した。流体のCO₂/H₂O比は $X_{CO_2}=0-0.47$ 、流体体積分率は1.9-18vol.%とした。実験産物のSPRING-8でのX線CT撮影と電子顕微鏡観察結果から、幅広い条件で、カプセルスケールでの流体量の不均質が形成されたり、流体の大部分が外部に吐き出され緻密な石英多結晶体を生成したりした。緻密化方向は

カプセルの温度勾配とは無関係であったことから、この現象は非排水系岩石のporoelasticityに由来する流体圧差に駆動されたシリカの溶解析出作用であると推定し、発生する流体圧の不均質を見積もった。最後にセメンテーションの時間発展をモデル化し、実験結果と比較することで溶解したシリカの拡散流束を見積り、拡散係数を計算した。

結果：得られた拡散係数は、H₂O流体の中のシリカの拡散係数よりも1.3-1.8桁低く、緻密な石英粒界におけるSiの拡散係数よりは7桁ほど高い結果となった。これは流体量不均質に伴う間隙流体圧勾配によって効率的なシリカの移動が起ったことを示す。沈み込み帯においてporoelasticityにより静岩圧の約1%の流体圧差が生じると仮定すると、深さ100 kmまでに沈み込む間に、温度に応じて数cm-数mスケールで流体分離と緻密化が起きうることが分かった。これ以下の流体分布の不均質構造は緻密化によって均され、分離した流体は連結した流路を形成して効率的に抜ける可能性が示唆された。

Keyword: quartzite, cementation, poroelasticity, subduction zone

*Corresponding author: w.fujita@dc.tohoku.ac.jp

流体包有物の合成とタンパク質の検出に関する基礎的検討

陳嘯天・王佳婕・平野 伸夫・土屋範芳（東北大・院・環境）

Synthesis of fluid inclusion under moderate hydrothermal conditions and determination of protein

X. Chen, J. Wang, N. Hirano, N. Tsuchiya

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku Univ.)

岩石中には流体包有物と呼ばれる岩石の周囲の液体もしくは気体を取り込まれた相が存在する。その岩石中の包有物内に閉じ込められた古細菌あるいはタンパク質を確認する必要があります。本研究は人工流体包有物を作ることによって、タンパク質を封入する可能性と条件を検証した。生化学物質としてウシアルブミン溶液を使用し、低温水熱条件下においてアルブミンを含む流体包有物の作成を試みた。

実験はパイプ型オートクレーブ（L：180 mm， ϕ ：10 mm）を使用する。まず、試料として、石英片（3 mm×3 mm×7 mm）を400℃で2時間加熱した後、急冷してき裂を発生させた（図1）。次にオートクレーブ内にき裂を発生させた石英片と反応溶液として流体包有物の元となる250 mg/ml ウシアルブミン溶液、さらに反応を起こしやすくするために石英粉末を入れ、両端を溶接して密閉した。オートクレーブを充填率95（ $\pm$ 1）%の状況で125℃加熱した。反応時間は4及び8日間とし、反応後は石英片試料による顕微鏡観察を行った（図1）。

図2から、赤枠内に示すように試料には流体包有物が確認された。このことから、反応溶液がタンパク質溶液であっても低温水熱条件下において流体包有物が生成可能であるといえる。

実験結果は、8日間の低温水熱加熱後に流体包有物を形成できるが、4日間では形成できないことを示しており、この方法の実現可

能性を証明している。実験中観察された流体包有物のサイズは6.5～8.5 μ mである。さらに、この研究では、調製した流体包有物からウシ血清アルブミンを抽出し、その定量計測を予定している。

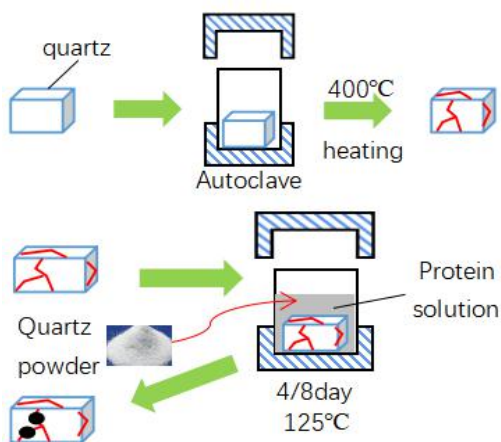


図1 流体包有物の合成方法



図2 流体包有物（8日）

12:35 PM - 12:45 PM (Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 12:45 PM Zoom Session 3)

[greeting] セッションコンビーナー挨拶

Oral presentation

R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

Chairperson: Kazuki Komatsu, Ayako Shinozaki, Mariko Nagashima

Thu. Sep 16, 2021 2:00 PM - 5:15 PM Zoom Session 2

Kazuki Komatsu: R2-01 - R2-04

Ayako Shinozaki: R2-05 - R2-08

Mariko Nagashima: R2-09 - R2-12

- [R2-01] Synthesis and single crystal structure analysis of pyrite-type PdSb₂.
*Akira Yoshiasa¹, Makoto Tokuda², Ginga Kitahara¹, Kohei Unoki¹, Akihiko Nakatsuka³, Kazumasa Sugiyama² (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Mat., 3. Yamaguchi Univ. Sci.)
2:00 PM - 2:15 PM
- [R2-02] Chemical formula, crystal structure and dielectric properties of swedenborgite
*Hidetomo Hongu¹, Akira Yoshiasa¹, Mayu Yoshihara¹, Ginga Kitahara¹, Kohei Unoki¹, Makoto Tokuda², Kazumasa Sugiyama², Koichi Momma³, Ritsuro Miyawaki³ (1. Kumamoto Univ., 2. Tohoku Univ., 3. National Museum of Nature and Science)
2:15 PM - 2:30 PM
- [R2-03] Crystal structure of low-symmetry cassiterite from Ohtani mine, Kyoto, Japan
*Kazuki Kanazawa¹, Takahiro Kuribayashi¹, Toshiro Nagase² (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Mus.)
2:30 PM - 2:45 PM
- [R2-04] Structural change of Al-bearing CaTiO₃ perovskite
*TAKAYA NAGAI¹, Naoki Takakura¹, Yosuke Matsumoto¹, Xianyu Xue² (1. Hokkaido Uni. Sci., 2. Okayama Uni. IPM)
2:45 PM - 3:00 PM
- [R2-05] Crystal chemistry of Au_{1-x}Ag_xTe₂ minerals: structure analyses krennerite (x=0.13) and sylvanite (x=0.32)
*Ginga Kitahara¹, Akira Yoshiasa¹, Hidetomo Hongu¹, Makoto Tokuda², Kazumasa Sugiyama², Koichi Momma³, Ritsuro Miyawaki³ (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. IMR, 3. National Museum)
3:05 PM - 3:20 PM
- [R2-06] Cation distribution in Fe,Co,Ni-bearing Pentlandite
*Takumi Ichimura¹, Makoto Tokuda², Kazumasa Sugiyama², Akira Yoshiasa³, Takashi Mikouchi⁴ (1. Tohoku Univ. Eng., 2. IMR, Tohoku Univ., 3. Kumamoto Univ. Sci., 4. Mus. Tokyo Univ.)
3:20 PM - 3:35 PM
- [R2-07] Structural Analysis of ilvaite: distribution of Fe²⁺, Fe³⁺ and Mn²⁺.
*Yutaro Inoue¹, Toru Kawamata², Takashi Mikouchi³, Kazumasa Sugiyama² (1. Eng. Tohoku Univ., 2. IMR Tohoku Univ., 3. The University Museum, The Univ. of Tokyo)
3:35 PM - 3:50 PM

- [R2-08] High-temperature single-crystal X-ray diffraction study of Cs-exchanged chabazite: a crystallographic study on dehydration behavior
*Naomi Kawata^{1,2}, Keiko Fujiwara¹, Makio Ohkawa³, Akihiko Nakatsuka¹ (1. Yamaguchi Univ. Sci. Tech. Innov., 2. Hiroshima Univ. N-BARD, 3. Hiroshima Univ. Sci. Eng.)
3:50 PM - 4:05 PM
- [R2-09] Crystallization of Cristobalite and Tridymite in a CaO-MgO-Li₂O-V₂O₅ Flux System: Isothermal Heating Experiments of Amorphous Silica
*Toshiya Abe¹ (1. Yamaguchi Univ. Sci.)
4:10 PM - 4:25 PM
- [R2-10] Pressure-response of Ba-bearing calcite
*Hiroyuki Kagi¹, Ayaka Saito¹ (1. UTokyo, Sci.)
4:25 PM - 4:40 PM
- [R2-11] Incorporation of L-aspartic acid into calcite lattice through amorphous calcium carbonate
*Shiho Marugata¹, Hiroyuki Kagi¹, Kazuki Komatsu¹ (1. Uni. Tokyo. Sci.)
4:40 PM - 4:55 PM
- [R2-12] Mineralogical property of a silica potassium fertilizer, "Keisankari" and its dissolution process in soil
*Hiroaki Ohfuji¹, Hiroki Takeuchi², Yo Toma³, Tomoji Hanyu² (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Kaihatsuhiryoku Co Ltd., 3. Hokkaido Univ. Agr.)
4:55 PM - 5:10 PM
- [discussion] 総合討論
5:10 PM - 5:15 PM

黄鉄鉱型 PdSb₂ の合成と単結晶構造解析

吉朝 朗* (熊大), 徳田 誠 (東北大), 北原銀河 (熊大), 鷗木康平 (熊大),
中塚晃彦 (山口大), 杉山和正 (東北大)

Synthesis and single crystal structure analysis of pyrite-type PdSb₂.

Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ), Makoto Tokuda (Tohoku Univ), Ginga Kitahara (Kumamoto Univ),
Kohei Onoki (Kumamoto Univ), Akihiko Nakatsuka (Yamaguchi Univ),
and Kazumasa Sugiyama (Tohoku Univ)

Single crystals of PdSb₂ with several tens of microns in size were synthesized in evacuated silica glass tubes. The crystal structures of PdSb₂ [space group $Pa\bar{3}$, $a = 6.4659(2)$ Å, $u = 0.37331(3)$ $z = 4$] were refined to $R_1 = 0.028$ for 234 unique reflections. The obtained Debye temperature θ_D values for Pd and Sb are 258 K and 214 K, respectively.

鉄・金・白金族遷移金属のニクトゲン(第15族元素)およびカルコゲン(第16族元素)化合物の多くが黄鉄鉱型をとる。pyrite (硬度6.5)や laurite (硬度7.5)は硫化物としては極めて高い硬度を持っている。黄鉄鉱型化合物は、対称性の高さに起因した系統的でユニークな結合距離変化やスピン状態が観測される[1]。単結晶構造解析では Debye-Waller 因子から各サイトの Debye 温度 θ_D を観測することができる[2]。Debye 温度は硬度や融点に関連した物質の固有値である。

今回 geversite 端成分の単結晶を封入管法により作製した。リガク社製 R-Axis RAPID による単結晶構造解析を行い、Debye-Waller 因子を測定した。Pd と Sb の θ_D 値は、それぞれ 258K と 214K であった。これらは、金属 Pd と半金属 Sb 元素固体の θ_D 値(271K と 220K)と大きくは変わらない。これまでに報告されている単結晶構造解析法により得られた Debye-Waller 因子から、静的成分を仮定した

Debye 近似から各黄鉄鉱型鉱物の Debye 温度 θ_D を見積もり、原子間距離を指標に比較した(図1)。ニクトゲンとカルコゲンを問わず黄鉄鉱型化合物には大きな規則性があることが判明した。

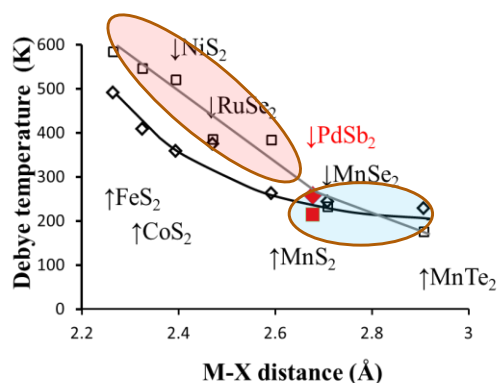


Fig. 1. Relationship between the bond distance and θ_D ($\square$: anion, $\diamond$: cation) found in pyrite-type compounds

[1] M. Tokuda et al. Zeit. Krist., **234** 371 (2019)

[2] A. Nakatsuka et al. Am. Mineral. **96**, 1593

Keywords: PdSb₂, pyrite-type compounds, single crystal diffraction, Debye temperature, hardness

*Corresponding author: yoshiasa@kumamoto-u.ac.jp

swedenborgite の化学式・結晶構造の再検討と誘電特性の考察

本宮秀朋*、吉朝 朗、吉原茉由、北原銀河、鶴木康平（熊本大自然）、
徳田 誠、杉山和正（東北大金研）、
門馬綱一、宮脇律郎（科博）

Chemical formula, crystal structure and dielectric properties of swedenborgite

H. Hongu*, A. Yoshiasa, M. Yoshihara, G. Kitahara, K. Unoki (Kumamoto Univ.),
M. Tokuda, K. Sugiyama (Tohoku Univ.),
K. Momma and R. Miyawaki (Nat'l. Mus. Nat. Sci.)

The crystal structure of swedenborgite [space group $P6_3mc$, $a = 5.4402(10)$, $c = 8.8690(9)$ Å, $Z = 2$] was refined to the $R1$ value of 0.012 for 1573 unique reflections. The chemical formula of swedenborgite can be expressed as $(Na_{1-x}Ca_x)Be_{4-0.5x}SbO_7$ ($x \leq 0.05$).

swedenborgite は Aminoff (1924)によって Långban, Sweden で最初に記載されたナトリウムベリリウムアンチモン酸塩鉱物である。結晶構造・赤外線吸収スペクトルに関して Pauling et al. (1935), Povarennykh et al. (1982)の研究があり、Huminicki and Hawthorne (2001)によって結晶構造精密化が行われた。swedenborgite の化学式は $(Na_{0.89}Ca_{0.04} \square_{0.07})Be_4SbO_7$ と表され、 $Ca + \square \rightarrow 2Na$ の置換反応によって少量の Ca が構造中に取り込まれるとされてきた。また、bromellite (BeO) 構造のフラグメントである $[Be_4O_{13}]$ クラスタと交互に配置された SbO_6 八面体から成る (Huminicki and Hawthorne, 2001)。今回、同じ産地の swedenborgite 試料について SEM/EDS 分析と XAFS 解析によって前述の置換の存在と Sb の価数の確認を行った。そして、bromellite が圧電・誘電特性を有することから、単結晶 X 線回折法を用いて swedenborgite の詳細構造の再検討と絶対構造の決定を行った。

化学分析の結果、同一結晶で Ca を含む領域と含まない領域が観察された。紫外線による蛍光は Ca を含む領域でより強く発する。Ca を含む領域の平均化学組成は $(Na_{0.95}Ca_{0.05})Be_{4-x}SbO_7$ 、含まない領域は

$NaBe_4SbO_7$ となり、Na 席の空孔ではなく Be 席の欠陥を示唆している。また、Sb の XAFS 測定から XANES スペクトルを検討すると、swedenborgite の Sb は 5 価である。単結晶構造解析の結果、swedenborgite の結晶構造は Na が 12 個の O に配位している十四面体と SbO_6 八面体、 BeO_4 四面体から成る。Na-O 十四面体で c 軸方向の Na-O 距離は上側より下側の 3 本の方が長い。 SbO_6 八面体でも c 軸方向の Sb-O 距離は下側の 3 本の方が長い。また、 BeO_4 四面体でも Be-O 距離は c 軸方向の下側が長く、Na, Sb, Be はそれぞれの多面体の中心より c 軸方向の上側に存在する。swedenborgite の各原子の Z 座標において理想位置と比較すると酸素原子に大きなずれが見られた。よって、swedenborgite は c 軸方向の上下に電荷の偏りを持ち、強誘電特性を説明できる。次に swedenborgite の BeO_4 四面体と bromellite (Hazen, 1986) において温度による Be-O 距離と結合角の変化を比較すると swedenborgite の BeO_4 四面体の歪みが非常に大きいことが判明した。広い温度領域において swedenborgite は bromellite より大きい誘電特性を持つことが期待できる。

Keywords: swedenborgite, bromellite, chemical formula, structure refinement, dielectric properties

*Corresponding author: stjrg9135@mb.pikara.ne.jp

京都府大谷鉱山産低対称錫石の結晶構造

金沢一輝, 栗林貴弘(東北大院理), 長瀬敏郎(東北大総学博)

Crystal structure of low-symmetry cassiterite from Ohtani mine, Kyoto, Japan

Kazuki Kanazawa*, Takahiro Kuribayashi, Toshiro Nagase (Tohoku Univ.)

はじめに 錫石(SnO_2)は正方晶系の対称性をもち、光学的一軸性の鉱物であることが一般的に知られているが、天然では光学的二軸性を示すものが見つかっている(Gotman, 1938; Hutton, 1950)。Gotman(1939)は光学的二軸性を示す原因について累帯構造の形成との関連を指摘しているが、Hutton(1950)は累帯構造のない錫石において光学的二軸性を観察したためこれを否定している。また、光学的二軸性を示す低対称な錫石においてその構造を調べた報告はない。本研究では京都府大谷鉱山産の錫石を c 軸に垂直に切断した薄片において、光学的二軸性が観察された{231}分域と{111}分域の結晶構造を単結晶 X 線回折法により調べ対称性低下の原因を明らかにすることを目的とする。

実験 c 軸に垂直に切断した薄片に対して偏光顕微鏡観察および電界放射型走査型電子顕微鏡(JEOL JSM-7001F)付属のエネルギー分散型 X 線分光器(Oxford, INCA)による化学組成分析、単結晶 X 線回折実験を行った。単結晶 X 線回折実験は、薄片中の各分域から取り出した結晶に対して四軸型自動 X 線回折計(Rigaku, AFC-7S)を用いて行った。結晶構造解析には SHELXL-2018/3 (Sheldrick, 2015)お

よび WinGX (Farrugia, 1999)を使用した。

結果と考察 c 軸に垂直に切断した薄片の偏光顕微鏡観察により、消光と光学的二軸性を示すコノスコープ像が見られ、対称性の低下が確認できた。化学組成分析では両分域とも Ti が微量元素として検出された。

X 線回折実験の結果、正方晶系の錫石が属する空間群 $P4_2/mnm$ の消滅則を破る反射が観測され、{231}分域では直方晶系以下、{111}分域では単斜晶系以下の低い対称性が示唆された。消滅則から示唆されたすべての空間群モデルについて結晶構造の精密化を行い、{231}分域では $P2/m$ モデルの R 値が最も低くなった。 $P2/m$ モデルは頂点位置と体心位置に存在する Sn のサイトが非等価であり、実際に Sn の占有率に差が現れた。このことは{231}分域の対称性の低下は陽イオンの秩序的な配列によって引き起こされることを示唆する。一方、{111}分域では $P2/m$ モデルと $P2$ モデルの R 値が同程度に低くなった。両モデルの差異は対称心の有無であり、体心位置の Sn サイトが厳密な体心位置からずれることに相当する。{111}分域の構造は完全に決定できておらず、2つの分域間で空間群が異なる可能性がある。

Keywords: cassiterite, single-crystal X-ray diffraction, optical anomaly

*Corresponding author: kazuki.kanazawa.q6@dc.tohoku.ac.jp

含 Al-CaTiO₃ ペロブスカイトの構造変化

永井隆哉, 高倉直樹, 松本洋輔 (北大院理) 薛献宇 (岡山大惑星研)

Structural change of Al-bearing CaTiO₃ perovskite

Takaya NAGAI*, Naoki TAKAKURA, Yosuke MATSUMOTO (Hokkaido Univ.)

Xianyu XUE (Okayama Univ., IPM)

Structure change of Al-bearing CaTiO₃-perovskite synthesized by the conventional solid-state reaction method was investigated. Chemical composition of Al-bearing CaTiO₃-perovskite showed that Al exchanges Ti and the solubility of the Al component is up to about 25 mol%. XRD patterns indicated a series of morphotropic transition from orthorhombic to cubic via tetragonal. The orthorhombic phase appears at $0 \leq x < 2.2$ in $\text{Ca}(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_{3-\delta}$. The compositional ranges of tetragonal and cubic phase are narrow. The tetragonal and cubic phase were confirmed only at $x = 0.23$ and 0.25 , respectively. NMR spectra showed Al occurring in octahedral, pentahedral and tetrahedral sites.

はじめに 本研究ではCaTiO₃ペロブスカイトへのAl³⁺の固溶に着目し、固溶に伴う構造変化と固溶限界について検討を行った。材料分野では、チタン酸ペロブスカイト構造相のTi⁴⁺を3価陽イオンで置換する形の固溶が酸素欠陥を伴うことから、電気伝導との関係で研究が進められている。一方、地球深部科学においては、MgSiO₃ブリッジマイトへのAl³⁺の固溶は、弾力的な変化や水の固溶との関係で興味を持たれていることから、本研究のアナログとしての視点も重要である。

実験手法 CaCO₃, Al₂O₃, TiO₂ の各試薬を焼成後の化学組成が $\text{Ca}(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_{3-\delta}$ となるように様々な x で秤量し、複数回仮焼・混合を繰り返した後、1300°Cで約50時間焼成し、急冷回収した。回収試料は、X線回折及びSEM-EDSにより生成相の同定と化学組成の定量分析を行った。また、Alの局所構造を知るため、 $x \leq 2$ のいくつかの回収試料について、²⁷Alに対するNMR測定を岡山大学惑

星物質研究所の共同利用研究で行った。

結果と考察 CaTiO₃ ペロブスカイトへのAl³⁺の固溶は、Ti⁴⁺を置換する形で起こり、固溶限界は $\text{Ca}(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_{3-\delta}$ でおよそ $x = 0.25$ であり、それ以上ではCa₃Al₂O₆とCa₁₂Al₁₄O₃₃が共存するようになることがわかった。またXRDの結果から、 $0 \leq x < 2.2$ では直方晶系であるが、格子定数を擬立方晶でみると、Alの固溶に伴い3軸の大きさが近くなり、いくつかのピークの合体や消滅から $x = 0.23$ では正方晶系、 $x = 0.25$ では立方晶系と、モルフォトロピックな構造変化を示すことがわかった(正方晶系と立方晶系の組成範囲は極めて狭い)。 $x = 0.1, 0.15, 0.2$ の試料の²⁷AlのNMR測定の結果は、Alの配位環境は主に6配位であるが、Al³⁺とTi⁴⁺の置換に伴う酸素欠損の生成により、一部4配位や5配位のAlも存在し、定性的にはAlの固溶量の増加により4配位、5配位が増加することがわかった。

Keywords: Al-bearing CaTiO₃, morphotropic transition, XRD, NMR

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

Au_{1-x}Ag_xTe₂系鉱物 krennerite (x=0.13)と sylvanite (x=0.32)

の結晶構造解析と関連金鉱物の結晶化学

北原銀河* (熊大), 吉朝朗 (熊大), 本宮秀朋 (熊大), 徳田誠 (東北大),
杉山和正 (東北大), 門馬綱一 (科博), 宮脇律郎 (科博)

Crystal chemistry of Au_{1-x}Ag_xTe₂ minerals: structure analyses krennerite (x=0.13) and sylvanite (x=0.32)

Ginga Kitahara* (Kumamoto Univ), Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ), Hidetomo Hongu (Kumamoto Univ), Makoto Tokuda (Tohoku Univ), Kazumasa Sugiyama (Tohoku Univ),
Koichi Momma (National Museum) and Ritsuro Miyawaki (National Museum)

The structures analyses on krennerite (Au_{0.87}Ag_{0.13}Te₂) and sylvanite (Au_{0.68}Ag_{0.32}Te₂) were performed using single crystal X-ray diffraction and XAFS (X-ray absorption fine structure) experiments. The chemical formula of krennerite and sylvanite can be expressed as Au³⁺₂(Au¹⁺_{2-x}Ag¹⁺_x)[Te₃]²⁻[Te₂]²⁻Te²⁻, and Au³⁺(Au¹⁺_{1-x}Ag¹⁺_x)[Te₂]²⁻, respectively.

AuTe₂端成分組成の calaverite は常圧下ではインコメンシュレート構造を持ち、10GPa 以上の高圧下で初めて規則構造になる。Au は 1 価と 3 価状態が安定であり、Au_{1-x}Ag_xTe₂固溶体中の Au は混合原子価が想定されている。合成研究に基づいて calaverite では Ag 量が x=0.0-0.11, krennerite では x=0.14-0.25, sylvanite では x=0.27-0.50 の組成範囲を有するとされてきた (Cabri 1965)。今回 x=0.12-0.13 組成の krennerite を発見し、krennerite と sylvanite の Ag の含有量に伴う構造変化や Te の結合状態など調査した。

Cripple Creek, Colorado, USA 産 krennerite、および Emperor Mine, Vatukoula, Fiji 産 sylvanite について、化学組成分析とリガク社製 R-Axis RAPID による単結晶構造解析、

XAFS 測定を行い、これまでに構造解析されたものと組成の異なる krennerite, sylvanite の構造、化学結合性の比較検討を試みた。構造解析の結果、両構造に共通して Au のみにより占有される席があることが確認できた。また Au と Ag が占有する他の席での、銀の占有量に関連して (Au, Ag)-Te 距離の系統的变化を発見した。短い共有結合性の Te-Te 距離が観測され、krennerite には Te-Te-Te グループ [Te₃]²⁻と Te-Te 分子 [Te₂]²⁻、Te²⁻イオンの構造単位が含まれる。Sylvanite は、Te-Te 分子 [Te₂]²⁻のみより構成される。krennerite の化学式は、Au³⁺₂(Au¹⁺_{2-x}Ag¹⁺_x)[Te₃]²⁻[Te₂]²⁻Te²⁻, sylvanite の化学式は Au³⁺(Au¹⁺_{1-x}Ag¹⁺_x)[Te₂]²⁻と表せる。

Keywords: krennerite, sylvanite, single crystal diffraction, XAFS, chemical formula

*Corresponding author: galaxy.kitahara@gmail.com

Fe, Co および Ni を含む Pentlandite の陽イオン分布の決定

市村卓視* (東北大・院工), 徳田誠 (東北大・金研),

杉山和正 (東北大・金研), 吉朝朗 (熊大・理), 三河内岳 (東大・総博)

Cation distribution in Fe, Co, Ni-bearing Pentlandite

Takumi Ichimura, (Tohoku Univ. Eng.), Makoto Tokuda (IMR, Tohoku Univ.),

Kazumasa Sugiyama (IMR, Tohoku Univ.), Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ. Sci.),

Mikouchi Takashi (Mus. Tokyo Univ.)

Pentlandite は, Fe, Co および Ni など原子番号が隣接する元素を含む硫化物である。単位胞中に立方最密充填した 32 個の S 原子席があり, また 4 個の八面体席(MO)および 32 個の四面体席(MT)に遷移金属原子が位置した構造を取る。理想的には M_9S_8 ($M=Fe, Co, Ni$) という組成式で表され, Tsukimura(1989) は Sudbury 産 pentlandite $Fe_{4.40}Ni_{4.57}Co_{0.03}S_8$ の MO および MT 席の $Fe/(Fe+Ni)$ 比を異常散乱効果を利用して見積もった。このような系における陽イオン分布の決定には, 目的元素のシグナルを際立たせる異常散乱(Anomalous X-ray Scattering: AXS)法が強力なツールとなり得る。そこで本研究では, AXS 法を用いて pentlandite の Fe, Co, Ni 分布の決定を試みた。

試料は長野県天竜鉱山より産出した pentlandite を使用した。EDS による組成分析の結果, Fe に比べ Ni に富んだ結晶であり, 陽イオンの欠損が示唆されるが, 本研究では構造モデルを $Fe_{4.1}Co_{0.2}Ni_{4.7}S_8$ として AXS 解析を行った。AXS 実験は, 物質構造科学研究所 Photon Factory BL-6C にて, Fe および Ni 吸収端近傍の異なるエネルギーの X 線 (Fe: 6.96 keV, 7.09 keV; Ni: 8.23 keV, 8.31 keV) を用いて行った。

Key Words: Pentlandite, Anomalous X-ray Scattering, Cation distribution

*Corresponding author: takumi.ichimura.t4@dc.tohoku.ac.jp

着目元素の吸収端近傍で得られた構造因子の差をフーリエ変換して算出した陽イオンコントラストマップを Fig.1(a) および (b) に示す。Fe について, MO および MT どちらのサイトにも Fe 異常分散項のエネルギー依存性に起因するコントラストが観測できた。一方 Ni については, MT 席にのみコントラストが観測され, Ni は MT 席のみに分布していることが判明した。これらの結果は, 天然 pentlandite の陽イオン分布に関する先行研究の結果とも整合性がある(Tsukimura 1989)。当日は, violarite $\{Fe_{1.0}Co_{0.4}Ni_{1.6}\}$ の結果を含めて, 原子番号が隣接する元素を含む硫化鉱物の AXS 解析について報告する。

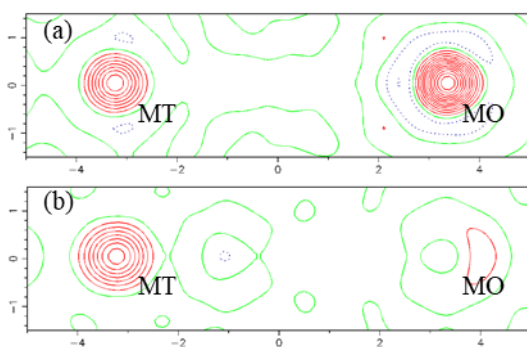


Figure 1. Cation contrast map of pentlandite;

(a) Fe-AXS (6.96 keV, 7.09 keV)

(b) Ni-AXS (8.23 keV, 8.31 keV)

珪灰鉄鉱 ilvaite の構造解析 : Fe^{2+} , Fe^{3+} および Mn^{2+} の分布

井上裕太郎¹, 川又透², 三河内岳³, 杉山和正²

(¹ 東北大学 院工, ² 東北大学 金研, ³ 東大 総合研究博物館)

Structural Analysis of ilvaite: distribution of Fe^{2+} , Fe^{3+} and Mn^{2+} .

Yutaro Inoue¹, Toru Kawamata², Takashi Mikouchi³, Kazumasa Sugiyama²

(¹Grad Scholl of Eng. Tohoku Univ. ²Institute of Material Research, Tohoku Univ.,

³The University Museum, The Univ. of Tokyo)

【序論】珪灰鉄鉱 ilvaite ($\text{CaFe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_7\text{O}(\text{OH})$) 空間群 $P2_1/a$ の結晶構造には、3 種類の陽イオン八面体席 (Fe11 , Fe12 および Fe2) がある。そして、八面体席間の Fe^{2+} および Fe^{3+} の分布あるいは八面体席に含有される Mn 量と β 角が強い相関を持っていることが示唆されている (Takéuchi et al., 1983)。しかし、 Fe^{2+} および Fe^{3+} が秩序配列していることを直接的に示す実験および Mn の分布に関する研究は未踏の領域にあり、より精密な結晶構造解析が必要であると考えられる。今回、吸収端近傍で生ずる異常分散項のエネルギー依存性を積極的に用いる X 線異常散乱法を用いて、 Mn を著量含む Bulgaria Smolyan 産 ilvaite ($\text{Ca}_{1.00}\text{Al}_{0.01}\text{Fe}^{2+}_{1.31}\text{Fe}^{3+}_{0.99}\text{Mn}_{0.64}\text{Mg}_{0.05}\text{Si}_{2.00}\text{O}_7\text{O}(\text{OH})$) を試料に、X 線異常散乱法 (Anomalous X-ray Scattering: AXS) を用いて、 Mn^{2+} , Fe^{2+} および Fe^{3+} の分布を決定した。

【実験】 Mn 含有量に着目して、産地の異なる 6 種類の ilvaite の平均構造解析 (RIGAKU XtaLAB Synergy) を行った。また、 Mn 含有量の最も多い Smolyan 産 ilvaite に関しては、物質構造科学研究所 BL-6C において Mn-K 吸収端および Fe-K 吸収端単結晶 AXS 測定を行った。

【結果】平均構造解析の結果、これまで報告されている、 Mn 含有量と β 角に関する

負の相関関係、そして Fe11 および Fe12 席のオーダーリングパラメータ σ と β 角に関する正の相関関係を確認することができた。単結晶 AXS 測定から、 Mn は Fe2 席に選択的に配置 (Fig.1 a) し、 Fe11 および Fe12 席には分布しないことが判明した。また、 Fe^{2+} は Fe11 および Fe12 サイトにほぼ均等に分布 (Fig.1 b) し、低 σ 値から予想される無秩序分布の傾向に一致することを直接検証することができた。

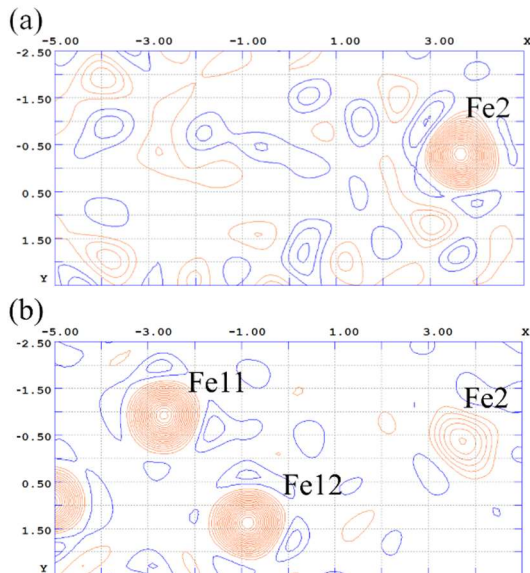


Figure 1. Cation contrast map of ilvaite; Extracted from the energy combination of (a) Mn K edge -25 eV and -150 eV (b) Fe K edge -3.5 eV and -150 eV.

Key Words: Ilvaite, Single-crystal X-ray diffraction, Anomalous X-ray Scattering.

*Corresponding author: yutaro.inoue.r3@dc.tohoku.ac.jp

Cs 交換菱沸石の高温単結晶 X 線構造解析： 脱水挙動の結晶学的研究

河田尚美(山口大・院創成, 広島大・N-BARD)、藤原恵子(山口大・院創成)、
大川真紀雄(広島大・院先進理工)、中塚晃彦*(山口大・院創成)

High-temperature single-crystal X-ray diffraction study of Cs-exchanged chabazite: a crystallographic study on dehydration behavior

N. Kawata (Yamaguchi Univ. Sci. Tech. Innov., Hiroshima Univ. N-BARD),
K. Fujiwara (Yamaguchi Univ. Sci. Tech. Innov.), M. Ohkawa (Hiroshima Univ. Sci. Eng.),
A. Nakatsuka* (Yamaguchi Univ. Sci. Tech. Innov.)

1. はじめに

天然ゼオライトである菱沸石は優れたイオン交換剤として知られており、福島第一原発事故で生じた汚染水に含まれる放射性元素除去剤のひとつとして重用されている。ゼオライトのイオン交換能力の大きさはフレームワーク・水分子・交換性陽イオンの間の相互作用が大きく関与していると考えられる。そのため細孔内の水分子と交換性陽イオンの結晶学的配置を明らかにすることが重要である。特に水分子とその近傍原子との相互作用の大きさを知るには、水分子の脱水挙動を調べるのが有効である。過去に我々は単結晶 X 線構造解析から菱沸石には室温で 5 つの水分子席と 4 つの交換性陽イオン席が存在することを報告し、その脱水過程における水分子席の占有率変化とそれに伴う交換性陽イオンの移動の詳細を報告した。本研究では菱沸石の放射性元素除去剤としての優れた特性の発現メカニズムを調べるべく、交換性陽イオン(Ca^{2+} , Na^{+} 等)を Cs 交換した試料の脱水挙動を調査するために高温単結晶 X 線構造解析を行った。

2. 実験と解析

本研究ではオレゴン(USA)産の天然菱沸石単結晶 ($\text{Ca}_{1.67}\text{Na}_{0.13}\text{K}_{0.09}\text{Mg}_{0.02}\text{Sr}_{0.02}$) ($\text{Si}_{8.25}\text{Al}_{3.75}\text{O}_{24} \cdot 12.53\text{H}_2\text{O}$) を用いた。交換性陽イオン(Ca^{2+} , Na^{+} など)を Cs^{+} で交換するために、1 M の CsCl 水溶液中 80 °C で 64 日間振とう処理

を行った。振とう処理後の化学組成は原子吸光分析・EPMA により、含水量は TG-DTA により得た。単結晶 X 線構造解析では CCD 型 X 線回折計 (Bruker smart APEXII) により回折強度測定を行った。測定には窒素ガス吹付型高温装置を用い、室温 (23 °C)・50 °C・100 °C・150 °C・200 °C の各温度で回折強度測定を行った。構造精密化には SHELXL を用いた。

3. 結果と考察

振とう処理後の菱沸石の化学分析から、Cs 交換率は 91%と求まり、交換性陽イオンの大部分が Cs^{+} に交換されたことが分かった。単結晶 X 線構造解析では、差フーリエ合成で得た差電子密度ピークに水分子あるいは交換性陽イオンを割り当て、席占有率から求めた化学組成が化学分析値と一致するまで、これら差電子密度ピークへの原子 assignment を変えながら、最小二乗法による構造精密化を繰り返して行った。その結果 Cs^{+} の占有席としてイオン交換前には存在しなかった新たな交換性陽イオン席を見出した。この Cs 席は今回測定したすべての温度で見出された。昇温過程の席占有率の変化に着目すると、Cs 交換前の試料で見られたダイナミックな交換性陽イオン移動とは対照的に、Cs 席の席占有率は各温度でほとんど変化せず、 Cs^{+} が Ca^{2+} などに比べて特定の席を強く嗜好することがわかった。

Keywords: zeolite, chabazite, high-temperature single-crystal X-ray diffraction, dehydration, ion exchange

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

CaO-MgO-Li₂O-V₂O₅ フラックスにおけるクリストバライトとトリディマイトの晶出： 非晶質シリカの等温加熱実験

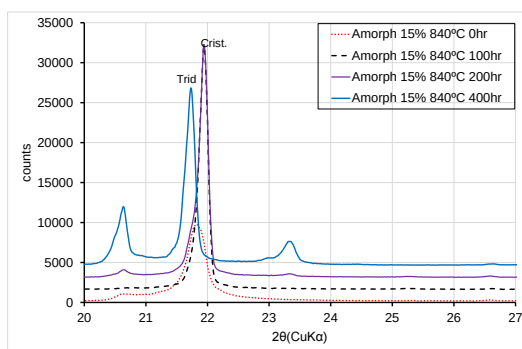
阿部利弥(山口大理)

Crystallization of Cristobalite and Tridymite in a CaO-MgO-Li₂O-V₂O₅ Flux System: Isothermal Heating Experiments of Amorphous Silica

Toshiya Abe* (Yamaguchi Univ.)

2019 と 2020 年の本学会では、シリカ結晶を目的とした CaO-MgO-Li₂O-V₂O₅ (CaO= 0.35)フラックスでの実験を報告した。1050~780℃まで昇温加熱した後の等速冷却実験では、900~780℃で石英(Qtz)、トリディマイト(Trid)、クリストバライト(Crist)が認められた。一方、非晶質シリカ(Amorph)を出発原料した場合、900~780℃の冷却実験では Trid がみられた。800~880℃の等温加熱実験では、870℃以下で Qtz が安定相であるが、Crist が優勢であった。ただし、1000 や 900℃の加熱、特に長時間実験では、逆に安定相の Trid が優勢であった。このように、Trid と Crist の晶出関係にはまだ不明な点も多い。本研究では Trid と Crist の挙動、優劣関係を明らかにするために、Amorph を用い、840 と 900℃を中心に等温加熱実験を行った。

図に、Amorph を出発物質した等温加熱実験による XRD 測定結果の一例を示す(シリカ 15wt%濃度, 840℃, 0~400hr)。試料は、実験回収産物からフラックスを除去し、得たものである。図に示すように、200hr まではほぼ Crist であるが、400hr ではほぼ Trid となっている。Crist は 0 hr でも認められる



ので、昇温過程で形成されると思われる。ただし、0hr 時点では強度も弱く、低角度にシフトしたものであった。一方、安定相である Qtz の明確な晶出は認められない。900℃の実験でも同様の結果が得られている。ただし、100hr でも Trid のピークが認められ、200hr で Trid のみとなり Crist が消滅している。

結果、Amorph を出発原料と用いると、準安定ではあるが Crist が最も容易に形成され、後に Trid が置き換わることが明らかになった。六角板状の Trid と小 Crist 結晶が共に観察できることから、溶媒介在状態での溶解、成長による変化であると思われる。900℃の方が早期に Trid が優勢になるのは、840 より 900℃の方が Trid の核形成が容易であるためである。今回は、Amorph からの Qtz 形成が如何に困難かを示す結果となったが、Trid 相を合成する上では有用な情報が得られた。

Keywords: synthesis, flux, amorphous silica, tridymite, cristobalite.

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

構造中にバリウムを含むカルサイトの高圧下での挙動

鍵 裕之*, 斉藤 綾花(東大院理)

Pressure-response of Ba-bearing calcite

Hiroyuki Kagi*, and Ayaka Saito (UTokyo)

カルサイトはバイオミネラルに代表される普遍的な炭酸塩鉱物で、地球内部の炭素循環とも関連して、高圧下での相転移や構造変化が研究されている。常温常圧で安定な calcite I は室温下約 1.5 GPa で calcite II に、約 2.0 GPa で calcite III に相転移する。一方、アルカリ土類の Sr や Ba といったイオン半径の大きな元素はカルサイトには不適合で、結晶構造に取り込まれにくい。筆者らは、構造がフレキシブルな非晶質炭酸カルシウム (ACC) にこれらの不適合元素を取り込ませた後に結晶化させることで、不適合な Sr、Ba イオンを構造中に取り込んだカルサイトを得た (Matsunuma et al., 2014; Saito et al., 2020)。ACC を経由した合成法によって、Ba/(Ba + Ca) 比が最大 0.69 となるカルサイトが得られ、単位胞体積が純粋なカルサイトよりも約 16% 増加した。バリウムを主成分とする炭酸塩鉱物はアラゴナイト構造をもつ witherite であるが、ACC を経由することで Ba を主成分とするカルサイトが得られたことになる。

本研究では Ba を含むカルサイトの高圧下での構造変化を観察した。高圧発生はキュレット径 600 μm のダイヤモンドアンビルセルを用い、4:1 メタノール-エタノールを圧力媒体とし、粉末 X 線回折パターンは KEK PF BL18C で約 20 keV の X 線を用いて、イメージングプレートによって取得した。

図 1 に Ba 濃度 50.2 mol% のカルサイトの高圧下での粉末 X 線パターンを示す。純粋なカルサイトでは 1.8 GPa で calcite I から calcite II への相転移が観察されたのに対して、Ba を含むカルサイトでは相転移は観察されなかった。Ba 濃度 8.2 mol% のカルサイトでも同様の結果が得られた。また、カルサイト構造からアラゴナイト構造をもつ witherite

への相転移も観測されなかった。

1250 K 以上の高温条件ではカルサイトの 113 反射が炭酸イオンの disorder によって消失する (e.g., Ishizawa et al., 2013)。一方、Ba を含むカルサイトでは室温条件で 113 反射が消失する (Saito et al., 2020)。Ba を含むカルサイトは単位胞体積が顕著に増加するために室温条件でも炭酸イオンの disorder が起こったと解釈すると、高圧下で単位胞体積が減少すれば 113 反射が出現する可能性もある。しかし、図 1 に示すように高圧下でも 113 反射は消失したままで、高圧下で単位胞体積が減少しても炭酸イオンは disorder の状態であることがわかった。カルサイトに不適合な Ba が構造中に取り込まれることで、カルサイトの高圧下での挙動が大きく変化することが明らかになった。

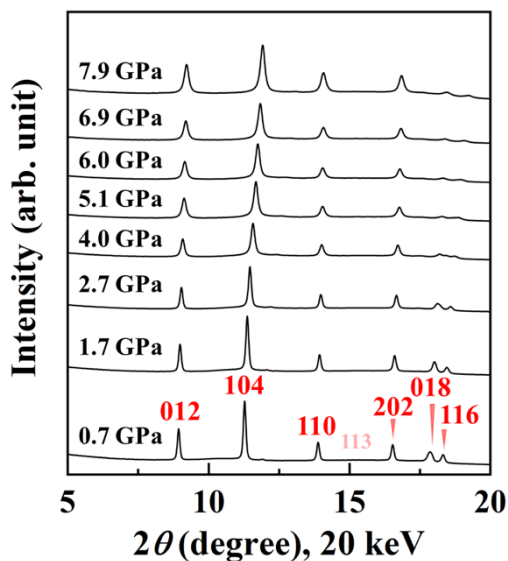


図 1 Ba 濃度 50.2 mol% のカルサイトの高圧下での粉末 X 線回折パターン。赤字の数字はカルサイトの hkl を示す。

Keywords: calcite, barium, high pressure

*Corresponding author E-mail address: kagi@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

非晶質炭酸カルシウムを経由したカルサイト格子中への L-アスパラギン酸の取り込み

丸形詩歩*, 鍵裕之, 小松一生 (東大院理)

Incorporation of L-aspartic acid into calcite lattice through amorphous calcium carbonate

S. Marugata*, H. Kagi, K. Komatsu (Univ. Tokyo)

1. はじめに

炭酸カルシウムにはカルサイト、アラゴナイト、ファースライトの3種類の多形があり、バイオミネラルに代表される普遍的な鉱物として知られる。天然の炭酸カルシウムには有機分子が不純物として含まれ、その取り込み機構が研究されている。Kim et al. (2016)は、L-アスパラギン酸(Asp)を含む炭酸カルシウムの過飽和水溶液から析出させたカルサイト格子中に最大で 3.9 mol% の Asp が取り込まれ、格子体積が 0.395% 膨張することを報告した。一方、非晶質炭酸カルシウム(ACC)を経由した結晶化により、本来カルサイトに不適合な大きなイオンを高濃度で取り込ませることができることも報告されている(Matsunuma et al., 2014; Saito et al., 2020)。そこで、ACCを経由した結晶化により、カルサイト格子中に高濃度の有機分子が取り込まれるのではないかと考えた。本研究では高濃度の Asp を含む ACC を経由したカルサイトの合成を試み、得られたカルサイトの構造変化について調べた。

2. 実験方法

氷冷した 0.1 M Na_2CO_3 水溶液と様々な濃度で L-アスパラギン酸ナトリウムを添加した 0.1 M CaCl_2 水溶液を 1:1 で混合した。生成した析出物を吸引ろ過した後真空で乾燥して Asp を取り込んだ ACC を合成した。ACC を 0.8 GPa で 10 分間加圧した後に空气中で 200 °C で 2 時間加熱して、粉末結晶を得た。それらの試料に対して、放射光施設 KEK の BL-18C で粉末 X 線回折測定を行った。

3. 実験結果と考察

出発水溶液中の Asp 濃度が 0-0.8 M の範囲で ACC が生成した。図 1 に得られた炭酸カルシウムの粉末 X 線回折パターンを示す。Asp を含む ACC 試料を 0.8 GPa に加圧した

後に 200 °C に加熱すると、カルサイトとファースライトが結晶化した。母液中の Asp 濃度が増加するにつれて、ピークのブロードニングと高角側へのシフトが見られた。出発溶液中の Asp 濃度が 0-0.4 M の範囲でカルサイトの 104 反射の d 値は最大で 0.204 %、ファースライトの 011 反射の d 値は 0.173 % 低下した。これらの結果はカルサイトとファースライトの構造中に Asp が取り込まれることで、構造が歪んだためと考えられる。 d 値の変動幅の比較から Asp はファースライトよりカルサイト構造中に取り込まれやすいことが示唆される。また、Asp 濃度が増加するにつれて、カルサイトは a, b 軸方向に収縮し、 c 軸方向に膨張して、格子体積が 1.15% 減少することがわかった。本研究で得られた ACC を経由して結晶化した Asp を含むカルサイトは Kim et al. (2016)で報告されたカルサイトとは結晶内での Asp の配置が異なることが示唆される。

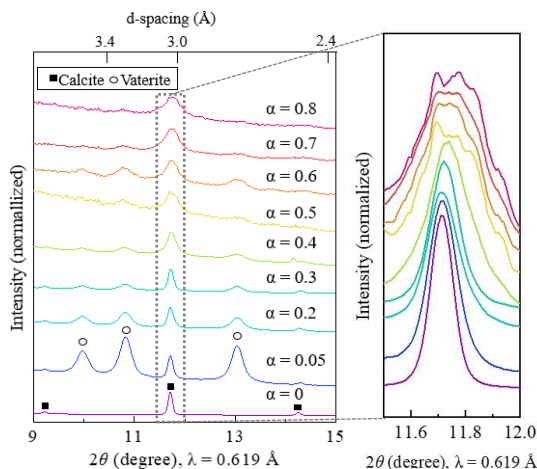


図 1. Asp-doped CaCO_3 (左)とカルサイトの 104 反射(右)の X 線回折パターン。 α は出発水溶液中の $\text{Asp}/(\text{Ca}+\text{Asp})$ を表す。Asp 濃度の増加に伴い、ピークシフトとブロードニングが見られる。

Keywords: Calcite, Vaterite, Amino acid, Aspartic acid

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

「けい酸加里」肥料の鉱物学的特徴と 土壤中における溶解プロセス

大藤弘明（東北大・院理），竹内洋貴（開発肥料㈱），当真要（北大・農），
羽生友治（開発肥料㈱）

Mineralogical property of a silica potassium fertilizer, “Keisankari” and its dissolution process in soil

Hiroaki Ohfuji (Tohoku Univ. Sci.)*, Hiroki Takeuchi (Kaihatsuhiroyou Co Ltd.), Yo Toma, (Hokkaido Univ. Agr.), Tomoji Hanyu (Kaihatsuhiroyou Co Ltd.)

はじめに

「けい酸加里」は、石炭火力発電の副産物（産業廃棄物）として生じるフライアッシュ（石炭灰）にカリウム分などを添加して高温焼成することによって得られるカリ質鉱物肥料（径数 mm の顆粒状）で、主に水稻用肥料として広く利用されている。イネ科植物は、土壤中から吸収したケイ酸分を非晶質シリカ（プラントオパール）として特定の細胞に蓄積するため、植物の必須元素の一つであるカリウムに加え、ケイ酸分を多量に含む「けい酸加里」の施用は、米の品質や収穫量の向上に効果的である。我が国で 40 年に渡り製造、利用されてきた鉱物肥料であるが、その詳細な鉱物学的特徴と土壤中での化学成分の溶出過程は未知のままとなっていた。そこで、本研究では鉱物学的手法と知見に基づき、それらにメスを入れることとした。

研究手法

原料のフライアッシュおよび「けい酸加里」の構成鉱物の相同定、組織観察・化学分析には、粉末 XRD, SEM-EDS, FIB-TEM を使用した。また、土壤中での元素溶出過程を調べるため、栽培ポットを用いたイネの生育試験土壤中より回収した「けい酸加里」粒子（径 2 mm 程度）についても断面を作成し、SEM-EDS で観察・分析を行った。なお、試料が多孔質であるため、より詳細な組織観察、化学分析が必要な試料については、Ar イオン研

磨（クロスセクションポリッシャ）を用いた。

結果と考察

「けい酸加里」は、主にカリオフィライト（ KAlSiO_4 ）とオケルマナイト（ $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ）より構成され、SEM-EDS 観察の結果、前者は顆粒状～不定形塊状（ $\sim 100 \mu\text{m}$ ）をなし、後者は前者の隙間を充填する組織を示すことが分かった。イネの生育試験土壤中より回収した「けい酸加里」の断面を観察すると、経過時間に応じて、肥料顆粒の外縁部から徐々に多孔質になってゆく様子が見られた。また、最初は肥料粒子内部に均質に分布していた、オケルマナイトの主成分である Ca と Mg の空間的分布や濃度相関が、施用後 35 日までに大きく変化していることが分かった。一方、カリオフィライトの主成分である K, Al の空間的分布には大きな変化はなく、その濃度減少の程度もだいぶ小さかった。

以上より、土壤中における「けい酸加里」からの化学成分の溶出は、カリオフィライト粒子の隙間を埋めるオケルマナイトから始まり（Ca, Mg, Si）、カリオフィライトからの K, Al, Si の溶出は比較的穏やかで長期に渡って継続すると推測される。土壤中での元素溶出のプロセスやタイムスケールを正しく把握し、その上で肥料を構成する鉱物の微細組織や化学組成、溶出効率などを制御できれば、より施用効果の高い製品の開発へも繋がると期待される。

Keywords: silica potassium fertilizer, kaliophillite, akermanite, dissolution

*Corresponding author: ohfuji@tohoku.ac.jp

5:10 PM - 5:15 PM (Thu. Sep 16, 2021 2:00 PM - 5:15 PM Zoom Session 2)

[discussion] 総合討論

Oral presentation

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

Chairperson: Takaaki Kawazoe (Hiroshima University)

Thu. Sep 16, 2021 2:00 PM - 3:00 PM Zoom Session 1

[Chairperson]

Takaaki Kawazoe: R3-11 - R3-14

[R3-11] Back-transformation kinetics in high-pressure minerals

*Tomoaki Kubo¹, Ko Kamura¹, Masahiro Imamura¹, Yoshinori Tange², Yuji Higo², Masaaki Miyahara³ (1. Kyushu Univ., 2. JASRI, 3. Hiroshima Univ.)

2:00 PM - 2:15 PM

[R3-12] Possible compositional area of Al bearing anhydrous bridgmanite at the uppermost lower mantle condition

*Masamichi NODA¹, Toru INOUE², Sho KAKIZAWA², Takaaki KAWAZOE², Toru SHINMEI³, Tetsuo IRIFUNE³, Koji OHARA⁴ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 3. Ehime Univ. GRC, 4. JASRI)

2:15 PM - 2:30 PM

[R3-13] Density deficit of Earth's inner core revealed by a multi-megabar rhenium pressure scale

*Eiji Ohtani¹, Daijo Ikuta¹, Hiroshi Fukui^{2,3}, Tatsuya Sakamaki¹, Daisuke Ishikawa^{4,3}, Alfred Q Baron^{3,4} (1. Tohoku Uni. Sci., 2. Uni Hyogo, Sci., 3. RIKEN, 4. JASRI)

2:30 PM - 2:45 PM

[R3-14] The electrical conductivity of $(\text{FeO})_m(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n$ iron oxides at high pressure

*Shuhou Maitani¹, Ryosuke Sinmyo¹, Takayuki Ishii², Saori Kawaguchi³ (1. Meiji Uni. Sci, 2. BGI/HPSTAR, 3. JASRI)

2:45 PM - 3:00 PM

高圧鉱物の逆相転移カイネティクス

久保友明*, 嘉村航, 今村公裕 (九州大理), 丹下慶範, 肥後祐司 (JASRI), 宮原正明 (広島大理)

Back-transformation kinetics in high-pressure minerals

T. Kubo*, K. Kamura, M. Imamura (Kyushu Univ.), Y. Tange, Y. Higo (JASRI), M. Miyahara (Hiroshima Univ.)

High-pressure minerals stable at deep mantle pressures have been naturally found on Earth such as shocked meteorites and diamond inclusions, which provides important constraints on detailed processes of planetary collisions and deep mantle dynamics. Because the timescales are limited in these dynamic processes, the reactions often remain incomplete and/or metastable state. Additionally, it is necessary to consider the possibility of the backward reactions to the low-pressure phases. The kinetics on the forward reactions have been widely discussed for this topic, however those on the backward reaction had been very limited so far. Here we present some experimental results on mechanisms and kinetics of the back-transformation.

A conventional method combining MA-type high-pressure apparatus with synchrotron white X-ray (MAX-80@PF-AR NE-5C, SPEED Mk.II@SP8 BL04B1) was used to observe back-transformation behaviors and their kinetics at 0-10 GPa and 300-900°C by collecting XRD data every 10-200 sec. The starting materials are polycrystalline ringwoodite (Rw), bridgmanite (Brg), and lingunite (Lgn), those were synthesized by using another MA press (QDES) at Kyushu Univ. in advance.

Time-resolved XRD measurements have revealed that, in contrast to Rw that simply transforms to the low-pressure polymorph olivine (Ol), Brg and Lgn do not directly transform to their low-pressure phases, but through the amorphous state. In Brg, the amorphization temperature rapidly increases with pressures from 300°C at 1 GPa to 800°C at 7 GPa, whereas the crystallization temperature does not. As a result, Brg directly back-transformed to high-pressure clinoenstatite (HP-CEn) at around 800°C and 8 GPa. Analysis of kinetic data on the back-transformation in Rw and Brg by the Avrami rate equation suggested the rapid nucleation in Rw to Ol and Brg to HP-CEn transformation, and slow nucleation in the crystallization of Opx from amorphous Brg. The amorphization kinetics of Brg is too fast to be constrained by the present kinetic data. On the basis of P and T dependencies of these reaction rates, we can construct P-T-t kinetic boundaries for survival of high-P phases and formation of low-P phases in a given timescale. For example, in the timescales of 0.1 to 10 sec generally considered for shock events in the early solar system (Fig. 1), Rw transforms to Ol at 700-900°C and 800-1000°C at ~1 GPa and ~10 GPa, respectively. Brg is thought to become amorphous state when decompression less than 800°C. At higher than 800°C, Brg rapidly transforms to HP-CEn, and then low-pressure CEn (LP-CEn).

Both high-pressure and low-pressure phases are enigmatically present in shocked meteorites and diamond inclusions. To precisely understand their P-T-t histories, not only the forward, but also the backward reaction kinetics shown here need to be considered.

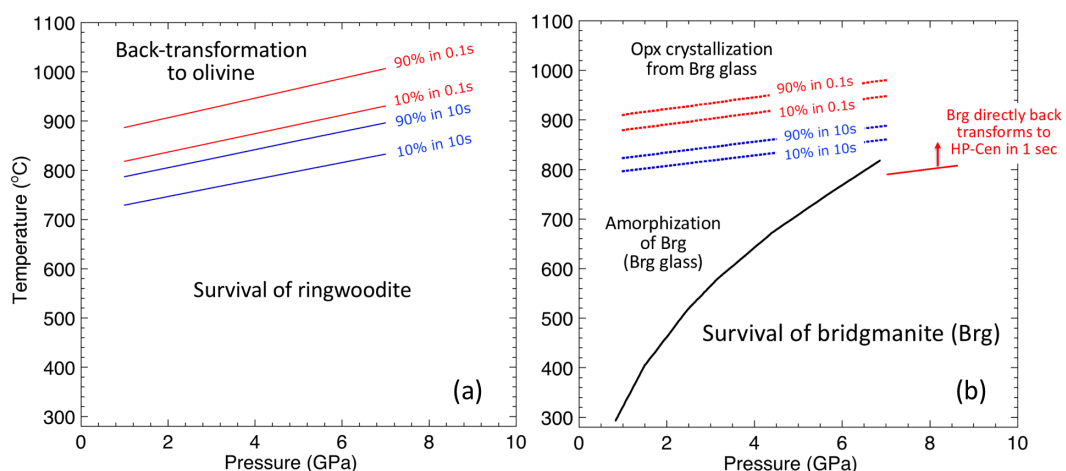


Fig. 1 P-T-t kinetic boundaries for the back-transformation in ringwoodite (a) and bridgmanite (b) estimated from the experimentally obtained kinetic data.

Keywords: high-pressure mineral, back-transformation, kinetics, shocked meteorite, diamond inclusion

*corresponding author: kubotomo@geo.kyushu-u.ac.jp

下部マントル最上部条件における Al を含む無水ブリッジマナイトの存在可能領域

野田昌道*(広島大・院理)、井上徹、柿澤翔、川添貴章(広島大・院先進理工)

新名亨、入船徹男(愛媛大・GRC)、尾原幸治(JASRI)

Possible compositional area of Al bearing anhydrous bridgmanite at the uppermost lower mantle condition

Masamichi NODA*, Toru INOUE Sho KAKIZAWA and Takaaki KAWAZOE (Hiroshima Univ.)

Toru SHINMEI, Tetsuo IRIFUNE (Ehime Univ.), Koji OHARA (JASRI)

Al は地球を構成する主要元素の 1 つであり、パイロライト組成では Al のほとんどは下部マントルでブリッジマナイト (Brg) 中に固溶する。現在 Brg 中への Al の置換様式には、チェルマック置換型と酸素欠損置換型、含水置換型の 3 種類が存在すると考えられている。先行研究で報告されている Brg の化学組成を注意深く観察すると、純粋なチェルマック置換型はほとんど報告されておらず、また純粋な酸素欠損型の報告はなかった(例えば Irifune et al., 1996, Kubo & Akaogi, 2000; Kojitani et al., 2007)。先行研究では出発物質として粉末試料や粉碎ガラスを用い、また試料をカプセルで封入しないケースもあり、出発物質の表面吸着水の付着および周囲からの水の流入の可能性があった。

これまでに我々は無水 Brg の低 Al 量での置換様式を明らかにするため、出発物質としてガラスの塊を用いて限りなく無水条件下で高温高压実験を行った。出発物質は理想的な置換様式を想定し、4 つの異なる Al 量をもつ試料を用意した。高压実験には愛媛大学 GRC 設置の川井型マルチアンビル高压発生装置 (ORANGE-3000) を用いて、下部マントル最上部条件を想定し、28 GPa、1600-1700°C で 1 時間保持後、急冷回収した。限りなく無水条件下で試料合成したため結晶径がサブミ

クロンとなり、EPMA を用いて個々の Brg の化学組成測定が不可能であった。したがって XRD 分析結果とバルク組成から Brg の化学組成を見積もった。その結果、初めて単相の酸素欠損置換型 Brg (Al=0.025 pfu, 総カチオン 2) の合成に成功し、また Al 量によらず純粋なチェルマック置換型 Brg が存在する可能性を確認した。しかしながら、酸素欠損置換型の場合、Al > 0.025 pfu 領域では極少量の共存相の同定が困難で Brg の化学組成を正確に推定できなかった。

本研究では、酸素欠損置換型無水 Brg の Al > 0.025 pfu 領域での置換様式を明らかにするため、加熱保持時間を 1 時間から 100 時間に変えて広島大学及び愛媛大学設置の超高压発生装置を用いて行った。そして Brg を粒成長させることにより、個々の Brg の定量分析を試みた。結果、MgO 飽和条件下における Al > 0.025 pfu 領域での無水 Brg の存在可能領域が明らかとなった。

References

- [1] Irifune et al. (1996) Phys. Earth Planet. Inter., 96, 147-157.
- [2] Kubo and Akaogi (2000) Phys. Earth Planet. Inter., 121, 85-102.
- [3] Kojitani et al. (2007) Phys. Chem. Minerals, 34, 257-267.

Keywords: Al bearing bridgmanite, extremely anhydrous condition, the uppermost lower mantle

*Corresponding author: d190007@hiroshima-u.ac.jp

Density deficit of Earth's inner core revealed by a multi-megabar rhenium pressure scale

Daijo Ikuta (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.), Eiji Ohtani* (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.),
Hiroshi Fukui (Dept. Mat. Sci. Univ. Hyogo), Tatsuya Sakamaki (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.),
Daisuke Ishikawa (RIKEN / JASRI), Alfred Baron (RIKEN / JASRI)

Precise information about the composition of the Earth's core is critical to understand planetary evolution and for discussing geodynamic behaviors, such as the core-mantle boundary heat flow. Our knowledge on the Earth's core is based on comparison of laboratory measurements with seismological observations, informed by meteorite composition, and indications of the Earth's core temperature. One of the most interesting results of such work has been the suggestion that Earth's inner core must contain light elements because the density of the core, as determined from seismological measurements, is lower than the density of pure iron, its main constituent, as determined from laboratory measurements and/or theoretical work: the density deficit of the inner core has been considered ~4%. However, this conclusion relies critically on an accurate pressure scale to relate laboratory generated pressures to geological pressures. Establishing such a scale has been the subject of intensive research but still involves significant extrapolation and approximations, especially at higher pressures of the Earth's core. Further, a pressure scale to the multi-megabar pressures is indispensable for discussing super-Earth planets. We report here the first primary pressure scale extending to the multi-megabar pressures of Earth's core by measuring acoustic phonon velocities using inelastic X-ray scattering from a rhenium sample in a diamond anvil cell. Our new pressure scale agrees with previous primary scales at lower pressures and also shock compression experiments, but it is lower than previous secondary and theoretical scales at Earth's core pressures: previous scales have overestimated laboratory pressures by at least 20% at 230GPa. Our new scale suggests the density deficit of the inner core is ~9%, doubling the light-element content of the inner core.

Keywords: primary pressure scale, high pressure, Earth's core, density deficit, inelastic x-ray scattering.

*Corresponding author: eohtani@tohoku.ac.jp

(FeO)_m(Fe₂O₃)_n 酸化鉄の高圧力下電気伝導度

米谷珠萌(明治大), 新名良介(明治大), 石井貴之(BGI/HPSTAR),
河口沙織(JASRI)

The electrical conductivity of (FeO)_m(Fe₂O₃)_n iron oxides at high pressure

Shuhou Maitani* (Meiji U.), Ryosuke Sinmyo (Meiji U.), Takayuki Ishii
(BGI/HPSTAR), Saori I. Kawaguchi (JASRI)

鉄はマントル内で3番目に多い陽イオン元素であり、価数が容易に変化する元素としては地球で最も豊富な元素である。酸化鉄は最も単純な含鉄鉱物であり、その高圧力下における安定性や物理的性質は、マントル内部の構造や酸化還元状態を議論するために長い間研究され続けている。大気圧下ではFeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃のストイキオメトリーを持つ酸化鉄のみが安定であるが、近年の高圧力実験から、(FeO)_m(Fe₂O₃)_nであらわされる新しい酸化鉄グループがマントル条件で安定となることが明らかになった。ダイヤモンド包有物中に、これらの酸化鉄がマントル内に存在していた痕跡も報告されている。しかし、これらの新しい酸化鉄相の安定性と物理的性質は、未だよくわかっていない。今回、私たちはダイヤモンドアンビルセルを用いFe₄O₅, Fe₅O₆, Fe₇O₉の電気伝導度を60 GPaまで常温・低温下で測定した。常温高圧力下の測定結果から、全ての相において40 GPa付近に電気伝導度の変曲点がみられた。これは

先行研究で示唆された、高スピン低スピントスオーバーがおこる圧力と一致している。得られた結果から、マントルに相当する温度圧力条件下での(FeO)_m(Fe₂O₃)_nの電気伝導度を推定した。発表ではマントル内に観測される電気伝導度異常と高圧酸化鉄相の関係を議論する。

Oral presentation

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson: Keisuke Fukushi (Kanazawa University), Tadashi Yokoyama (Hiroshima University), Jun Kawano (Hokkaido University), Hiroshi Sakuma (NIMS), Satoshi Utsunomiya (Kyushu University)

Thu. Sep 16, 2021 2:00 PM - 5:15 PM Zoom Session 3

[Chairperson]

Hiroshi Sakuma: R4-01 - R4-04

Tadashi Yokoyama: R4-05 - R4-09

Satoshi Utsunomiya: R4-10 - R4-13

[R4-01] Analysis of molybdenum adsorption formation on oxide by surface complexation model

*Akihiro Okuyama¹, Keisuke Fukushi¹, Teruhiko Kashiwabara² (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. JAMSTEC)

2:00 PM - 2:15 PM

[R4-02] Particulate plutonium released from the Fukushima Daiichi meltdowns

*Satoshi Utsunomiya¹ (1. Kyushu Univ. Sci.)

2:15 PM - 2:30 PM

[R4-03] Study of absorption characterization of radiocesium for environmental mineral -Possibility of absorption in amphibole and feldspars

*Hiroki Hagiwara¹, Hiromi Konishi² (1. JAEA, 2. Niigata Univ.)

2:30 PM - 2:45 PM

[R4-04] Speciation and solubility of arsenic, lead, and cadmium in contaminated soils from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

*Baasansuren Gankhurel¹, Keisuke Fukushi¹, Akitoshi Akehi¹, Yoshio Takahashi², Natsumi Takeda¹, Xiaolan Zhao³, Kazuo Kawasaki⁴ (1. Kanazawa Univ., 2. Uni. of Tokyo, 3. Chang'an Univ., 4. Uni. of Toyama)

2:45 PM - 3:00 PM

[R4-05] Desorption behavior of heavy metals from contaminated soils: A surface complexation modeling

*Natsumi Takeda¹, Akihiro Okuyama¹, Baasansuren Gankhurel¹, Keisuke Fukushi¹ (1. Kanazawa Univ. Sci.)

3:00 PM - 3:15 PM

[R4-06] Interlayer structure changes of experimentally weathered phlogopite

*Sayako Inoue¹, Kenji Tamura², Kei Midorikawa^{2,3}, Toshihiro Kogure⁴ (1. Ehime Uni. GRC, 2. NIMS, 3. Hosei Univ., 4. Uni. Tokyo)

3:15 PM - 3:30 PM

[R4-07] Saponite-ammonium interaction: Reconstruction of ammonium concentration of early ocean on Ceres

*Hiroto Tokumon¹, Keisuke Fukushi², Yasuhito Sekine³, Kosuke Inoue¹ (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ, 3. Tokyo Institute of Technology)

3:45 PM - 4:00 PM

[R4-08] Variation of lattice constants with Na substitution in biogenic aragonites

*Taiga Okumura¹, Masahiro Yoshimura¹, Toshihiro Kogure¹ (1. Univ. Tokyo Sci.)

4:00 PM - 4:15 PM

[R4-09] Formation conditions of calcium carbonate hemihydrate

*Mai Suyama¹, Keisuke Fukushi¹, Takuma Kitazima¹ (1. Kanazawa Uni. Sci.)

4:15 PM - 4:30 PM

[R4-10] The reason why the air in pores specifically reduces the dissolution of carbonate minerals

*Tadashi Yokoyama¹, Naoki Nishiyama² (1. Hiroshima Uni., 2. Tsukuba Uni.)

4:30 PM - 4:45 PM

[R4-11] Solubility of Amorphous Magnesium Carbonate at Low Temperature

*Kitajima KITAJIMA Takuma¹, Fukushi Keisuke², Yasuhito Sekine³, Masahiro Yoda⁴, Baasansuren Gankhurel¹, Davaadorj Davaasuren⁵, Yoshio Takahasi⁶ (1. Kanazawa Univ. Sic., 2. K-INET, 3. Tokyo Univ. Sic, 4. ELSI, 5. National University of Mongolia, 6. Tokyo Univ.)

4:45 PM - 5:00 PM

[R4-12] Mixing of carbon element in iridescent labradorite feldspar

*Yasunori Miura¹ (1. Yamaguchi University/Faculty of Science (Post))

5:00 PM - 5:15 PM

表面錯体モデリングによる酸化物の モリブデン吸着形態の解析

奥山晃浩* (金大)・福士圭介 (金大)・柏原輝彦 (JAMSTEC)

Analysis of molybdenum adsorption formation on oxide by surface complexation model

Akihiro Okuyama* (Kanazawa Univ.), Keisuke Fukushima (Kanazawa Univ.),
Teruhiko Kashiwabara (JAMSTEC)

モリブデンは酸化還元状態に影響を強く受ける元素である。酸化還元状態に応じて海水からの除去過程が変化し、海洋堆積物中にこの違いが同位体組成として記録される。この特性から古海洋の酸化還元状態の代替指標として期待されている。モリブデンは酸化的な環境ではモリブデン酸 (MoO_4^{2-}) として溶液中に存在し、その濃度は鉱物表面への吸着反応に支配される。

様々な酸化物に対してモリブデンの吸着実験が行われているが、異なる表面錯体モデルによって解析されており、統一的な評価がされていない。本研究は報告されている酸化物のモリブデン酸吸着データを表面錯体モデルの Extended Triple Layer Model (ETLM) を用いて解析した。加えて δMnO_2 のモリブデン吸着実験を行い、その結果も解析した。

δMnO_2 は Foster et al. (2003) の方法により、室内で合成したものを用いた。使用した δMnO_2 の比表面積は $22.89\text{m}^2/\text{g}$ であった。 δMnO_2 へのモリブデンの吸着実験は、初期モリブデン濃度 (100–200 ppb)、イオン強度 (0.005–0.5 M)、固液比 (1–2 g/L) に調整しグローブボックスを用いて窒素雰囲気下で行った。pH を 4 から 11 の範囲で調整し 48 時間反応後ろ液を採取し ICPMS (iCAP RQ) でモリブデン濃度を測定した。モリブデンの初期添加量とろ液のモリブデン濃度を差し引くことで吸着したモリブデン量を測定した。

フェリハイドライト、ゲーサイト、アモ

Keywords: molybdate, adsorption, surface complexation modeling

*Corresponding author: nature019@stu.kanazawa-u.ac.jp

ルファスアルミニウム酸化物、ギブサイト、 $\delta\text{Al}_2\text{O}_3$ 、アナターゼ及び δMnO_2 へのモリブデン吸着実験データを ETLM で解析した。解析には表面錯体モデリング支援コード ETL (MIN) 2 (Kosugi and Fukushima 2021) を用いた。分光分析 (Arai 2010, Kashiwabara et al. 2011) によって酸化物上のモリブデン酸塩は四面体の外圏錯体と八面体の内圏錯体を形成すると報告されている。下記の 1 つの外圏錯体と 2 つの内圏錯体の形成反応を用いて吸着データを再現できた。

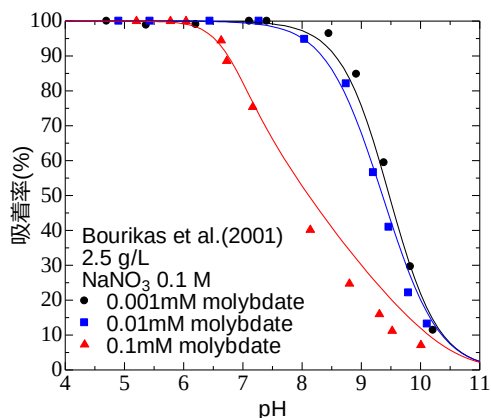
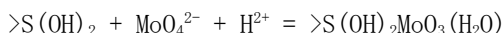
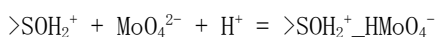


図1 アナターゼへのモリブデン吸着

アナターゼによる吸着は内圏錯体の形成が支配的だったが、アルミニウム酸化物による吸着は外圏錯体の形成が支配的だった。鉄酸化物による吸着は外圏錯体と内圏錯体ともに必要だった。 δMnO_2 の吸着形態は解析中であり、発表で報告する。

福島第一原子力発電所から放出された

プルトニウム含有デブリ微粒子

宇都宮聡 (九大院理)*

Particulate plutonium released from the Fukushima Daiichi meltdowns

S. Utsunomiya (Dept. Chemistry, Kyushu Univ.)

1. 緒言

2011年3月に福島第一原子力発電所(FDNPP)で起きた原子力災害によって放出された放射性核種には核分裂生成物(Xe, I, Cs)だけでなく、微量のアクチノイド(U, Pu, Am)も含まれていた。Puは揮発性が低いため放出量は炉内の $\sim 2.0 \times 10^{-5}\%$ と微量であると推定されているが、その高い実効線量係数のために被ばくが懸念されている。また、現在行われている廃炉作業にはデブリの性状把握、特にPuの分布を把握する必要があるが、これまでにPu化学種の同定には至っていない。本研究では原子炉から放出された高濃度放射性Cs含有微粒子

(CsMP)内部から燃料微粒子を発見し、UとPuの同位体の分析と化学種の同定に初めて成功した結果を報告する。

2. 実験

福島県で採取した土壌からオートラジオグラフィと走査型電子顕微鏡(SEM+EDX)を用いて2つのCsMP(AQC, OTZ)を単離した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて粒子の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を測定した。その後、二次イオン質量分析装置(SIMS)とシンクロトロン放射光分析装置(μXRF)を用いてPuやUの同位体比分析と化学種の同定を行った。

3. 結果・考察

本研究で発見したCsMPは、その $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比がそれぞれ1.05(AQC)、1.12(OTZ)でFDNPPの2または3号機由来と考えられる。次に、SIMSによって、 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 、 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 、および $^{242}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ の同

位体比がそれぞれ ~ 0.0193 、 ~ 0.347 、および ~ 0.0660 と測定され、ORIGEN2を基に算出された計算値と近い値を示した。一方 $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ の同位体比はORIGEN2を基に算出された計算値からずれていた。

ORIGEN2は燃料の平均組成を算出するため、燃料棒の照射日数の差が考慮されていない。そのため短半減期である ^{241}Pu には十分な精度がないためと考えられる。 μXRF の結果から、CsMP中にサブミクロンサイズのPu酸化物と被覆管の主成分であるZrが局在した $\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 程度の UO_2 のドメインが確認された。高分解能HAADF-STEMによってウランは数10 nm程度のナノ粒子が密に存在していることが示唆された。使用済み燃料のふちの部分ではPuが濃集し UO_2 粒子中の一部の UO_2 結晶格子のUがPuに置換されることが知られており、Puの濃集は燃料ペレットのふちの部分が微粒子としてCsMPに取り込まれたものと考えられる。つまり、現存しているデブリ中のPuの性状も部分的に使用済み燃料中のPu保持形態と近い可能性が示唆される。また、これらの結果からPuは揮発・拡散過程を経て環境中に放出されたのではなく、燃料微粒子の一部としてCsMPに取り込まれて環境中に放出され、Puの長距離輸送・広範囲の拡散と不均一な分布につながったと考えられる。CsMPの粒径が平均数ミクロン程度であることを考えると、Pu含有燃料微粒子はCsMPとともに吸引された可能性も残される。

Keywords: Plutonium, Cesium-rich microparticles (CsMPs), Fukushima Daiichi, SIMS

*Corresponding author: utsunomiya.satoshi.998@m.kyushu-u.ac.jp

環境中における放射性セシウムの鉱物への吸着特性に係 る研究 -角閃石、長石への吸着-

萩原大樹*（日本原子力研究開発機構），小西博巳（新潟大学）

Study of absorption characterization of radiocesium for environmental mineral -Possibility of absorption in amphibole and feldspars-

Hiroki Hagiwara* (Japan Atomic Energy Agency),

Hiromi Konishi (Niigata University)

福島第一原子力発電所（FDNPP）の事故により環境中に放出された放射性セシウムは、湖や河川の堆積物中に沈着し、台風等の増水時に移動する 2 次的な汚染プロセスが懸念されている。河床堆積物中の鉱物の放射性セシウムの吸着特性を明らかにすることは、動態予測の観点で重要である。近年、著者らは福島県内の河川水系の放射性セシウムの含有量が支配的な細粒分画（250-106 μm ）において、雲母鉱物だけでなく、有色鉱物や無色鉱物にも放射性セシウムが吸着し、移動に寄与する可能性があることを報告した。本研究では、有色鉱物および無色鉱物のうち、特に角閃石と長石の結晶構造を把握することを目的として、走査型電子顕微鏡（SEM）および透過型電子顕微鏡（TEM）観察を行った。

試料は、FDNPP 周辺の富岡川でサンプリングした河床土を乾燥、分画及び放射能測定後、ハンドピックで鉱物を選別した。TEM 分析用試料は、集束イオンビーム加工装置を用

いて薄膜化し、角閃石については、001 方向の断面を作成した。

エネルギー分散型 X 線分析結果から、角閃石は、普通角閃石、長石は、曹長石に分類された。SEM 観察より、角閃石、長石いずれの表面は、風化に伴う変質を確認した。また、TEM 分析結果から、角閃石内部には、数 μm サイズの劈開があり、その周辺にはより細かい劈開が発達していた。さらに、劈開周辺の構成元素組成比がホストと異なり、粘土鉱物化していることが明らかとなった。また、長石表面にはチューブ状のハロイサイトおよび劈開には鉄鉱物の挟在を確認した。

これらの結果から、角閃石、長石の表面は、風化し、粘土鉱物に変質している可能性がある。また、劈開が角閃石、長石内部への放射性セシウムの移動を促進させるとともに、劈開付近の変質部が比表面積を増加させ、放射性セシウムの吸着媒体としての役割を果たす可能性が示唆された。

Keywords: Mineral, Radiocaesium, River basin

*Corresponding author: hagiwara.hiroki@jaea.go.jp

Speciation and solubility of arsenic, lead, and cadmium in contaminated soils from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

Gankhurel Baasansuren^{1*}, Keisuke Fukushi², Akitoshi Akehi¹, Yoshio Takahashi³, Natsumi Takeda¹, Xiaolan Zhao⁴ and Kazuo Kawasaki⁵

¹Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, ²Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ³Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ⁴Faculty of Science, Chang'an University, ⁵School of Sustainable Design, University of Toyama

Mining extraction and processing generate large volumes of metal-rich waste tailings. This tailing is considered to be a principal cause of soil contamination in mining areas. Once these toxic metals are introduced into soils with surface water, they can be transported deep into the soil and into groundwater, threatening environmental health. The objectives of the present study were to determine the speciation of As, Pb, and Cd in soils from the mine tailing area, by employing a sequential extraction (SEP) and X-ray absorption fine structure (XAFS) so as to better understand the solubility of these heavy metals in that area.

The study area is located south of Toyama city, Japan. The Kamegai mine is an abandoned silver mine and operated from 1596 to 1680 and again from 1887 to 1898. After the closure of the mine, the mine tailings from the ore processing were left in mount Hachibuse. A total of 32 soil samples were collected in September 2016 along two sampling transects near the mine tailings. A total of 5 water samples were taken from the Oguchi river and its tributaries at sites near the Kamegai mine tailing area in October 2018. Soil samples were analyzed by using six-step sequential chemical extraction and XAFS for chemical speciation of As, Pb, and Cd. The major cation and anion concentrations of the water sample were analyzed using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES; ES-710, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA) and high-performance liquid chromatography (8020 Series; Tosoh Corp., Tokyo, Japan). The trace elements of water samples were analyzed by using an inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS; iCAP RQ, Thermo Inc., Waltham, MA, USA).

The results revealed that most of As in the soil is pentavalent oxidation states and is adsorbed on primarily goethite and secondarily ferrihydrite. The As(V) favorably can adsorb to the ferric oxides under acidic conditions, while it prefers to desorb from the minerals under alkaline conditions. Results showed most of Pb was adsorbed on goethite which is rich in the soil sample. Based on the SEP, the high ionic strength and/or slightly lower pH solution can lead to the significant release of Pb to solutions. Cd is mainly adsorbed on clay minerals. Due to the high cation exchange capacity of clay minerals, Cd placed in the interlayer can be released with the other cations with high concentrations in the surrounding solutions.

The river water in this area is characterized by low ionic strength and slightly alkaline pH. The concentrations of Pb and Cd in the river are always less than 0.07 ug/L, while that of As in the river sometimes exceeds 10 ug/L but the concentrations of Pb and Cd were low. The solubilities of heavy metals in the river in this area are consistent with those predicted by the chemical speciation.

Keywords: arsenic, cadmium, lead, solubility, contaminated soil

*Corresponding author: gbaasnsrn@gmail.com

汚染土壌からの重金属溶出挙動：

表面錯体モデリングによるアプローチ

武田夏泉*、Baasansuren Gankhurel、奥山晃浩、福士圭介(金沢大)

Desorption behavior of heavy metals from contaminated soils:

A surface complexation modeling

Natsumi Takeda*, Baasansuren Gankhurel, Akihiro Okuyama, Keisuke Fukushima (Kanazawa Univ.)

表層土壌は人間活動に与える影響が大きく、農作物を通して有害元素が体内に取り込まれる可能性がある。鉱物に吸着した重金属は接触する水の化学的条件に依存して溶出量に変化することが報告されている (Usiyama and Fukushima 2016 など)。これまで様々な水質条件における重金属の吸着・脱離挙動はモデル鉱物を用いた室内実験からよく検討されているが、天然の鉱物を用いて行われた例は少ない。そこで本研究では様々な水質条件における亀谷鉱山の汚染土壌からの有害元素の溶出挙動を特徴づけることを目的とした。

試料に含まれる重金属の脱離挙動を理解するためにバッチ脱離実験を室温で行った。イオン強度は 0.005M または 0.05M、固液比は 1.0g/L または 0.1g/L とし、実験は窒素雰囲気グローブボックス内で行った。pH を 3~10 にそれぞれ調整して 24 時間反応後 0.2 μ m のシリンジフィルターで濾過し、濾液は ICP-MS を用いて測定した。

表面錯体モデリングを用いて実験結果の解析を行った。サブモデルの一つである DLM (Diffuse Double Layer Model (Dzombak and Morel 1990)) を用いた。

図に脱離実験結果を示す。どの元素も pH の上昇に伴って溶出濃度は減少した。Cu と Pb は pH7~8 で最小濃度を示し、Cd と Zn は pH8~10 で最小となった。さらに pH が上昇すると溶出濃度は増加もしくは停滞した。

一般的に微量元素の吸着は鉱物表面の電荷に依存する。実験範囲で最も表面電荷が正になる pH3 では陽イオン (Cd, Cu, Pb, Zn) を吸

着しないため最も溶出濃度が高いと考えられる。pH 上昇に従う溶出量の増加は負電荷の増加による陽イオンの吸着を反映すると考えられる。一方、より高い pH では負電荷が卓越するため溶出量は減少すると予想されるが実験結果ではむしろ増加した。

これら 4 つの元素は溶液中では 2 価陽イオン (Me^{2+}) と 1 価陽イオン ($\text{Me}(\text{OH})^+$) の形態をとることが知られている。実験で認められた溶出量が最小となる pH は、溶液中で優勢な化学種が切り替わる pH とほぼ一致している。したがって Me^{2+} は鉱物によく吸着する一方、 $\text{Me}(\text{OH})^+$ は比較的吸着しないとするとこの挙動を説明できる。この仮説を検証するために表面錯体モデリングを行ったところ、実測を定量的に説明することができた。

モデル鉱物を用いた重金属の吸着・脱離実験では、今までに高 pH で重金属が脱離する挙動は報告されていない。発表ではゲーサイトをモデル鉱物とした重金属脱離挙動と本実験結果の比較を行う予定である。

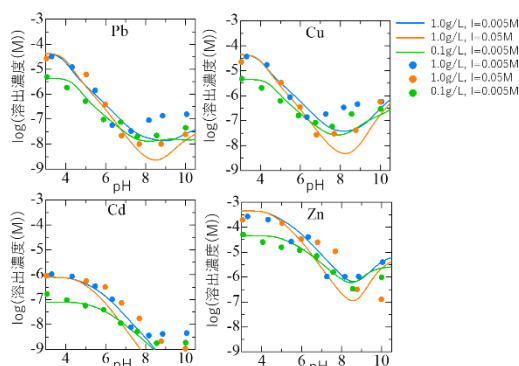


図1 バッチ脱離実験の結果

Keywords: surface complexation modeling, heavy metal, DLM, desorption

*E-mail: nattsu-uzn@stu.kanazawa-u.ac.jp

人工風化金雲母中の層間構造変化

井上紗綾子* (愛媛大 GRC)、田村堅志 (物材機構)、緑川慶 (物材機構、法政大学)、小暮敏博 (東大院理)

Interlayer structure changes of experimentally weathered phlogopite

Sayako Inoue* (GRC, Ehime Univ.), Kenji Tamura (NIMS), Kei Midorikawa (NIMS, Hosei Univ.), Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo)

雲母は地球表層で最も一般的な層状珪酸塩鉱物の一つである。土壤中にも広く存在し、そのほとんどは風化変質を受けている。風化変質を受けた雲母の構造中では、層間の K が溶出し、代わりに水和した陽イオンを含む部分と、雲母構造を保ち層間に K を有する部分が混在する。また、同じ層間内で水和した陽イオンを含む部分と K を含む部分の遷移領域には「くさび型空間」が存在すると想定される。このくさび型空間は風化雲母が Cs^+ を選択的に吸着・固定する機構と深く関係していると考えられている。しかし、くさび型空間の実態や形成機構については未解明な点が多く、さらに、 Cs^+ の吸着・固定メカニズムの定量的な検討はほとんど行われていない。本研究では、イオン交換実験により得られた人工風化雲母の層間構造の解析を行い、風化雲母層間でのくさび型空間の形成機構を考察した。

出発物質には粉碎した金雲母を使用し、2種類の経路による層間 K と Al のイオン交換実験を行った。第一の方法では、まず NaCl 溶液中で金雲母層間の K と Na を交換し、Na 型金雲母を形成した。さらに、Na 型金雲母を 1M AlCl_3 溶液に加え、Al を層間を含む金雲母 (Al-Phl) を得た。Al-Phl の一部については 180°C で水熱処理を行った (HTAl-Phl)。第二の方法では、金雲母を 1M AlCl_3 溶液中で処理し、直接 Al 型金雲母を得た (KAl-Phl)。調製した試料の積層構造は粉末 X 線回折 (XRD) と高分解能透過電子顕微鏡法 (HRTEM) により評価した。

Al-Phl と HTAl-Phl については、化学分析の結果から、イオン交換処理により層間 K が Al と完全に交換されたことが確認できた。Al-Phl と

HTAl-Phl の XRD パターン中では 14 Å の位置にシャープな底面反射が見られたが、出発物質で見られた 10 Å ピークは見られなかった。化学組成分析と XRD の結果は、どちらの試料も層間に Al を含むバーミキュライトまたは緑泥石に近い積層構造、あるいは両者が混合した構造を持つことを示していた。層間に水和 Al イオンを含むバーミキュライト型の積層構造を持つ場合には、透過電子顕微鏡中では脱水により底面間隔が 10Å 程度に収縮する予想される。一方で、緑泥石型の積層構造を持つ場合には、透過電子顕微鏡中でも 14Å の底面間隔を持つ。この関係を利用して、Al-Phl と HTAl-Phl の HRTEM 観察を行い、層間 Al の形態を調べた。その結果、Al-Phl と HTAl-Phl 共にバーミキュライト型と緑泥石型構造が混合した構造であることが明らかになった。また、2種類の層間構造は一層内で混合する様子が観察された。さらに、この 2 つの試料について K 飽和处理を行なったところ、K 飽和处理後の Al-Phl では 10Å 層だけが見られた。観察領域の化学組成分析の結果から、この 10Å 層は層間に K を含む雲母型構造を持つ部分と水和 Al イオンを含むバーミキュライト型構造部分両方が含まれていると考えられる。一方、K 飽和处理後の HTAl-Phl の HRTEM 像中では、10Å 層と緑泥石型層 (14Å 層) の両方が見られ、くさび型空間も観察された。この結果は、HTAl-Phl に含まれる緑泥石型層層間の Al 水酸化物は再交換されずに柱として残り、くさび型構造が形成されたことを示している。今後、2種類の経路で得られた試料の層間構造を比較し、層間くさび型空間の形成機構を検討する。

Keywords: phlogopite, weathered mica, interlayer structure, HRTEM

*Corresponding author: inoue.sayako.nr@ehime-u.ac.jp

サポナイト - アンモニウム相互作用 -セレス初期海洋のアンモニウム濃度制約-

徳門 弘都¹、福士 圭介²、関根 康人³、井上 皓介¹

(1. 金沢大学、2. 金沢大学環日本海域研究センター、3. 東京工業大学)

Saponite - ammonium interaction

-Reconstruction of ammonium concentration of early ocean on Ceres -

Hiroto Tokumon^{1*}、Keisuke Fukushi²、Yasuhito Sekine³、Kousuke Inoue¹

(1. Kanazawa Univ, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ, 3. Tokyo Institute of Technology)

準惑星セレスは氷と岩石で構成されており、原始惑星の生き残りであるとされ、近年注目される天体である。NASA のドーン調査から、セレスには層間にアンモニウムイオンを含むアンモニウム型サポナイトが存在することが分かっている。サポナイトは周囲の水中に存在する陽イオンを層間に保持する特性を持つため、そのアンモニウム型サポナイトは過去セレスに存在した海洋のアンモニウム濃度を記録している可能性が高い。

グラントタックモデル (Walsh et al. 2011) として知られる太陽系形成論では、惑星形成期に、木星や土星などの巨大ガス惑星の軌道が進化する過程で、セレスを含む大規模な物質移動が起きたことを示唆している。アンモニウム型サポナイトからセレス初期海洋におけるアンモニウム濃度を推定できれば、アンモニウム型サポナイトから初期セレスの位置について考察することができる。そのため、セレス初期海洋の水質を理解することは惑星科学的に重要であるが、水質復元に必要とされるサポナイト $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 選択係数の値は未だに報告されていない。そこで本研究では、そのサポナイト $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 選択係数の測定を定量的に行い、得られた結果をドーンのセレス探査における赤外分光結果と対応させることで、セレス初期海洋に存在した溶液中のアンモニウム濃度の詳細な復元を試みる。

試料はクニミネ工業株式会社の合成サポ

ナイトであるスメクトン-SA を使用した。実験室でサポナイトの層間陽イオン交換実験を行い、 $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ イオン組成を 8:2~3:7 の範囲になるようにサポナイトサンプルを作成した。溶液中のイオン濃度はオンクロマトグラフィー及び ICP-OES にて測定した。溶液中のイオン活量を αX で、サポナイト層間におけるイオン種の割合を β_x で表すと、 $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 選択係数 K は

$$K_{(\text{Na} \rightarrow \text{NH}_4)} = \frac{(\beta_{\text{NH}_4^+})(\alpha_{\text{Na}^+})}{(\beta_{\text{Na}^+})(\alpha_{\text{NH}_4^+})} \dots (1)$$

で表される。(1)式のイオン活量については、測定した pH および成分濃度を使い、地球化学コードパッケージ **GWB** の **REACT** にて $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 選択係数を算出した。

測定の結果、ほとんど 1 : 1 の割合で、層間へ NH_4^+ が取り込まれた分、 Na^+ が層間外へ出ていく関係性がみられた。また、 $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 選択係数について、異なる条件下でも比較的一定の値が得られ定数値として見積もることができた。

今後は作成した $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ イオン組成を 8:2~3:7 のサンプルを **FTIR** で測定し、その結果をスペクトルミキシングモデルにて、サーペンティンの測定値と対応させることで、実際の探査機ドーン **IR** データと比較・検討を行い、セレス初期海洋の水質における陽イオン組成を解明する予定である。

Keyword: Ceres, Saponite, exchange coefficient
Corresponding author: mm00533@stu.kanazawa-u.ac.jp

生物起源あられ石における Na 置換による格子定数変化

奥村 大河*, 吉村 真裕, 小暮 敏博 (東大・院理)

Variation of lattice constants with Na substitution in biogenic aragonites

Taiga Okumura*, Masahiro Yoshimura, Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo Sci.)

Lattice constants of many biogenic aragonites are known to be different from those of abiogenic ones. To reveal the origins of the differences, we measured the lattice constants of 14 biogenic and five abiogenic aragonites. Axial ratios (a/b and c/b) of terrestrial molluscan shells (land snails) were similar to those of abiogenic aragonites, however, marine molluscan shells showed the largest axial ratios, followed in order by brackish- and fresh-water molluscan shells. The aragonites with larger axial ratios showed a higher concentration of Na. Furthermore, the axial ratios of a marine molluscan shell decreased and became comparable to those of abiogenic aragonites by heating at 250°C. Na was homogeneously distributed inside the crystals before heating, whereas it was diffused out of the aragonite crystals and locally concentrated after heating. These results infer that variation of the lattice constants in biogenic aragonites is caused by the substitution of Na^+ for Ca^{2+} .

多くの生物起源あられ石は非生物起源のものと異なる性質を持つと考えられている。特に、直方晶系 ($Pmcn$, $a < c < b$) における軸率 (a/b および c/b) が生物起源あられ石では大きいという報告があり、この原因は結晶内に含まれる有機分子に起因する格子歪みであると提唱された (Pokroy *et al.*, 2007)。しかし、この先行研究で調べたのは海水生の 3 種の軟体動物貝殻のみであり、生物起源のあられ石に普遍的な特徴であるかは不明である。また、無機結晶に含まれる有機分子が軸率の変化を起こす機構も明らかでない。本研究では、非生物起源のあられ石 5 種 (鉱物及び合成)、陸生の貝殻 3 種、淡水生の貝殻 4 種、汽水生の貝殻 1 種、海水生の貝殻 6 種 (貝殻はすべて軟体動物門) のあられ石について、格子定数変化とその原因について調べた。

粉末 X 線回折により各試料の格子定数を測定した結果、非生物起源あられ石からの軸率のずれは、陸生 < 淡水生 < 汽水生 < 海水生の貝殻の順であった。また、Na の含有

量が多いほど軸率が大きかった (概して b 軸は変化しないか短くなり、 a 軸と c 軸が長くなる)。よって、格子定数変化の原因は Na^+ による Ca^{2+} の置換が関係していることが推測された。次に、海水生のアワビ (*Haliotis discus*) の貝殻真珠層を 250°C で加熱すると、軸率が小さくなり非生物起源あられ石と同等な値になった。加熱前後の貝殻の元素分布を走査透過電子顕微鏡に装着したエネルギー分散型 X 線検出器により調べると、加熱前は Na が結晶内に均一に分布していたのに対し、加熱後は結晶のほとんどの領域でその濃度が減少し、局所的に濃集していた。これは結晶中に固溶していた Na が加熱によって結晶格子から抜けたことを示す。以上から、生物起源あられ石に特徴的な格子定数は、 Ca^{2+} を置換した Na^+ によって誘起されると考えられる。これに伴う電荷の補償のため、海水中の 1 価の陰イオンが O^{2-} を置換していると推測される。Cl はほとんど検出されないことから、 OH^- による置換の可能性が考えられる。

Keywords: biogenic aragonite, sodium, lattice constant, axial ratio, biomineralization

*Corresponding author: okumura@eps.s.u-tokyo.ac.jp

炭酸カルシウム 1/2 水和物の生成条件

酢山真衣*, 福士圭介, 北島卓磨 (金沢大)

Formation conditions of calcium carbonate hemihydrate

Mai Suyama*, Keisuke Fukushi, Takuma Kitazima (Kanazawa Univ.)

近年、Zou et al. (2019)にて炭酸カルシウム 1/2 水和物 (Calcium carbonate hemi hydrate: CCHH, $\text{CaCO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) が世界で初めて合成された。Zou et al. (2019)は CaCl_2 、 MgCl_2 、 Na_2CO_3 溶液を混合すると 60 分前後で CCHH が生成することを示している。CCHH は地球上に豊富に存在する成分から容易に合成されるため、自然界に存在している可能性が高いが、未だ自然界では発見されていない。地球上での CCHH の生成環境を予測するために、CCHH の生成条件の理解が必要である。そこで、本研究は Ca、Mg、 CO_3 を含む初期溶液から様々な濃度条件で炭酸カルシウムの形成を試みることににより CCHH の生成条件を明らかにすることを目的とした。

初期溶液の Ca 濃度は 0.05 mol/kg 一定とし、Mg 濃度は 0~0.07 mol/kg、 CO_3 濃度は 0.01~0.11 mol/kg の範囲に調製し、合成実験を行った。 Na_2CO_3 溶液を添加した時間を反応開始時間とし、25°C のインキュベータ内で混合ローターにより 60 分攪拌した。攪拌後、懸濁液の pH を測定し減圧濾過による固液分離を行った。固相はすぐに液体窒素で凍結し、凍結乾燥させた。固相は粉末 X 線回折計 (XRD) を用いて分析した。液相は誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-OES) により Ca、Mg および Na 濃度を測定した。測定した pH、アルカリニティ、Ca 濃度、Mg 濃度および初期 Na 濃度と初期 Cl 濃度を Geochemist Workbench (GWB) (Bethke, 1998) の REACT に入力し、スペシエーション計算を行うことで各種の活量を計算した。

XRD 回折パターンからはカルサイト、バテライト、モノハイドロカルサイト (MHC)、非晶質、CCHH の 5 種類の生成物が確認された。CCHH の生成は CO_3 濃度と Mg 濃度が共に 0.04 mol/kg 以下を除き、ほとんどの条件で認められた。63 個のサンプル中、CCHH の回折ピークが検出されたサンプルは 30 個であり、そのうちほとんどのサンプルは CCHH とカルサイトまたはバテライトと共存していた。Mg と CO_3 濃度がともに高く Nishiyama et al. (2013) にて明

らかとなった非晶質 Mg 炭酸塩 (AMC) に過飽和にある条件では 60 分の反応時間では CCHH 生成は確認されず、MHC と非晶質のみが生成した。ただし、本条件において 30 分から 6 時間までの生成物の変化を観察したところ、非晶質から CCHH が生成し、その後 MHC への転移が確認された。なお溶液に Mg 成分を含まない条件においても CCHH の生成が確認された。

Zou et al. (2019) では Mg の存在が CCHH の生成に必要なことを示唆しているが、本研究では Mg が含まれない条件でさえも CCHH の生成が認められた。Mg 濃度と CO_3 濃度が共に 0.04 mol/kg 以下の条件以外で生成が確認されたことは、 CO_3 濃度と Mg 濃度が共に低い条件を除くと、CCHH に対して成分濃度が過飽和であれば生成することを示唆している。また、Mg および CO_3 濃度が高くなるほど CCHH が生成するまでの時間は長くなる。本研究で CCHH とカルサイトとバテライトの混合物が見られたことから、準安定相である CCHH はカルサイトとバテライトの前駆体であると考えられる。また、CCHH の MHC への転移が確認されたことから、CCHH は MHC の前駆体ともいえる。

Fukushi and Matsumiya (2018) よりカルサイト、アラゴナイト、バテライト、MHC、イカイト、非晶質 Ca 炭酸塩 (ACC) の溶解度積の対数値はそれぞれ -8.48, -8.34, -7.91, -7.65, -6.58, -6.0 である。CCHH は ACC より安定で、MHC より不安定な結晶相であると結論付けられる。したがって、溶解度も MHC と ACC の中間にあることが推測される。MHC よりも過飽和な条件を有する天然水はアルカリ湖が合致する (Fukushi and Matsumiya 2018)。そのため CCHH はアルカリ湖に存在する可能性が高い。Fukushi and Matsumiya (2018) では MHC がアルカリ湖の水質をコントロールしていると報告されているが、MHC より過飽和なアルカリ湖が多数確認されている。そのため、CCHH も MHC と共にアルカリ湖の水質を制御している重要な炭酸カルシウムであるかもしれない。

Keywords: Calcium carbonate hemihydrate, formation conditions, precursor, solubility

Corresponding author: mai_1910_s@stu.kanazawa-u.ac.jp

間隙中の空気が炭酸塩鉱物の溶解を特に低減させる理由

横山 正*(広大)・西山直毅(筑波大)

The reason why the air in pores specifically reduces the dissolution of carbonate minerals

Tadashi Yokoyama* (Hiroshima Univ.), Naoki Nishiyama (Univ. Tsukuba)

岩石間隙中に空気が存在する不飽和状態では、空気に面した鉱物は鉱物表面を濡らす水膜を介して溶解する^[1](図 1)。間隙中に空気が存在すると、炭酸塩鉱物からの溶出速度は大きく低下し、その低下幅が珪酸塩鉱物の場合よりも大きいことが明らかになっている^[2]。この主な原因の一つとして、炭酸塩鉱物は溶解速度定数が大きいため、水膜中に溶出した元素の洗い流しが不十分になり、水膜の大部分で飽和濃度に至り溶解がほとんど進まないことが考えられる^[2]。しかし、他の要因もいくつか考えられ、本研究ではそれらについて検討した。

水膜の厚さは水膜を介した溶解に大きな影響を及ぼす。空気による電気二重層の切断や溶存イオンの影響を考慮した新しいモデルで見積もった水膜の平衡厚さは、Calcite の場合約 4 nm であるのに対し、Silica の場合約 15 nm である(間隙半径が 10 μm の場合)^[3]。水膜が薄いと水膜中に溶出した元素の洗い流しの効率が下がる^[1-3]。炭酸塩鉱物表面の水膜が薄いことは、空気の存在下で炭酸塩鉱物の溶出速度が大きく下がる一因と考えられる。

水膜が成長する速さも溶出速度に影響を及ぼしうる。石灰岩や珪酸塩鉱物主体の砂岩を用いて水蒸気の吸着実験を行った結果、吸着平衡に達するまでの時間の違いはあまり認められなかった。すなわち、水膜の成長速度は炭酸

塩鉱物も他の鉱物と大差なく、これが溶出速度に及ぼす影響は比較的小さいと予想される。

飽和状態と不飽和状態とで砂岩の溶解を比較した実験によれば^[2]、間隙の 60–80%程度が水で満ちていても、炭酸塩鉱物からの溶出速度は飽和状態の 30%前後に下がる。このことから、炭酸塩鉱物から離れた場所に水の主流路があることが多いと推察される(図 1)。実験に用いた砂岩中では、炭酸塩鉱物は砂粒子の間にセメントとして存在する 경우가多く、主流路から離れた場所でセメントができやすいことを示唆しているかもしれない。

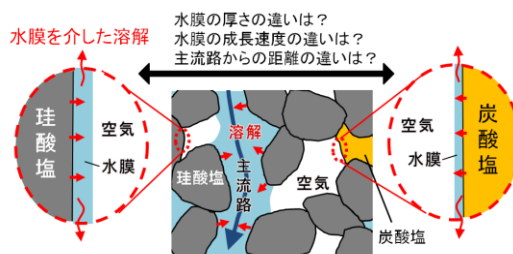


図 1 不飽和状態での溶解の概念図

Keywords: Carbonates, Dissolution, Pore, Water film

*Corresponding author:

t-yokoyama@hiroshima-u.ac.jp

[1] Nishiyama & Yokoyama, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **122** (2013).

[2] Yokoyama & Nishiyama, *ACS Earth Space Chem.*, **4** (2020).

[3] Nishiyama & Yokoyama, *Water Resour. Res.*, **57** (2021).

低温条件における非晶質マグネシウム炭酸塩の溶解度

北島卓磨*(金沢大・院理)、福士圭介(K-INET)、関根康人(ELSI)、
依田優大(東京大・院理)、ガンフレル バーサンスレン(金沢大・院理)、
ダバースレン ダバードルジ(モンゴル大)、高橋嘉夫(東京大)

Solubility of Amorphous Magnesium Carbonate at Low Temperature

Takuma Kitajima(Kanazawa Univ. Sci), Keisuke Fukushi(K-INET), Yasuhito Sekine(ELSI), Yoda
Masahiro(Tokyo Univ. Sci), Baasansuren Gankhurel(Kanazawa Univ. Sci),
Davaadorj Davaasuren(Mongol Univ), Yoshio Takahashi(Tokyo Univ)

地球表層ではネスケホナイトやハイドロマグネサイトなどの結晶性の Mg 炭酸塩が見られる。Mg 炭酸塩は CO₂ の人工的な貯蔵物としての活用が注目されており、天然での超苦鉄質岩の風化による CO₂ 固定プロセスを模擬した Mg 炭酸塩の散布などの研究も行われている(Rigopoluos et al., 2018)。

陸水域の約 2 割を占めるアルカリ塩湖などの閉鎖湖環境は乾燥寒冷地域に多く存在し、大気 CO₂ を由来とする Mg 炭酸塩が常に析出している。閉鎖湖では結晶性 Mg 炭酸塩ではなく、不安定かつそれらの先駆物質でもある非晶質 Mg 炭酸塩(AMC)が析出している(Fukushi and Matsumiya, 2018)。しかし、閉鎖湖の CO₂ 固定プロセスについての研究は少なく、詳細が明らかになっていない。特にアルカリ塩湖は大陸内部の寒冷地域に多く分布するが、寒冷時期における調査はほとんど行われていない。また、AMC の熱力学データも乏しく、湖環境 CO₂ 収支の詳細な理解や人工的利用に向けて研究が必要である。本研究では低温条件での AMC 溶解度の見積もりと冬期アルカリ塩湖調査の結果との比較を行った。

Mg 濃度 0.05M、CO₃ 濃度 0.05M の MgCl₂・6H₂O-Na₂CO₃ 混合溶液 500ml を約 800 時間サンプリングした。サンプルは pH・水温測定後、減圧濾過し、固相は X 線回折(XRD)と X 線吸収分光(XAFS)、液相は誘導結合ブ

ラズマ発光分光分析(ICP-OES)にて Mg 濃度を測定した。その後、地球化学コード GWB を用いて AMC のイオン活量積を算出し溶解度を見積もった。さらに、室温で合成したモノハイドロカルサイト・AMC 混合粉末をイオン交換水 500ml と pH を 9.5 に調整した NaOH 溶液 500ml に十分な量溶解させ約 800 時間サンプリングを行った。採取後は前述と同様に溶解度を見積もった。

2020 年 1 月に Olgoi 湖にて結氷下の水を採水し、水温・pH・アルカリニティを測定した。また 0.45 μ m のフィルターで濾過した湖水の主要成分を帰国後に ICP-OES・液体クロマトグラフィーにて測定した。

実験の結果、AMC は実験終了(800 時間)まで変質が見られず、低温ではより安定して得ることができることが示された。また、先行研究で報告されている常温での溶解度よりも顕著に AMC の溶解度が大きく、AMC が低温でより溶けやすいことが示された。

Olgoi 湖での野外調査結果と比較を行った。湖水の夏期から冬期への Mg 濃度の増加と実験で得られた AMC 溶解度の温度変化は整合していることが分かった。

閉鎖湖の CO₂ 収支に関するプロセスの理解には析出する炭酸塩の熱力データや生成に関する研究が不可欠である。本研究は閉鎖湖の CO₂ 収支プロセスの解明に寄与すると考える。

Keywords: Amorphous Magnesium Carbonate, Solubility

*Corresponding author: takuma.sizen@gmail.com

イリデッセントラブラドライト長石の炭素軽元素の混入

三浦保範（元山口大）

Mixing of carbon element in iridescent labradorite feldspar

Yasunori MIURA (Post Yamaguchi Univ.)

Iridescent labradorite plagioclase is “environmental mineral” that can control carbon element. The recent analytical electron microscopic observations reveal that carbon element is detected in lamellar texture with higher carbon at Ca-rich lamellar parts. Possible carbon sources are expected from biological fossil and limestone (local geology) near the samples as well as air-water environments.

はじめに： 筆者のラブラドライト斜長石の発光現象（イリデッセンス）の解明を行った。当時の電子顕微鏡観察によるラメラ構造観察（分析電子顕微鏡観察・イオン照射観察）を報告したが軽元素は観察しなかった。本件では最新機器観察で炭素元素を検討する。

新入手試料による特徴：地殻の深成岩起源であるが地球活動での破碎や混入が顕著で試料の風化が進み CO₂ 炭酸ガス運搬（石灰岩）を支援していると思われる。

ラメラ組織の発光現象の寄与：本斜長石だけでなくは発光性鉱物（石英）に微細ラメラ組織が観察され普遍的な現象である。

極限現象と固体システム圏：極限三大現象（隕石衝突、地震、火山）はその箇所の「局所現象」で不活動天体では全圈的となる。

鉄鋼の微細組織の炭素量の寄与：砂鉄から木炭燃焼でタララ製法（中世の中国地方の製鉄）でも炭素を使用している。

赤色斜長石の流動固結状の発光分布：南半球の島産（石灰岩分布）には赤色（虹色）発光の斜長石が産出し、北米の青色発光長石とは違い、炭素軽元素が取り込まれ固化時に一

部固化して残存または蒸発したと思われる。

最新分析顕微鏡 (FESEM) による観察： 本件の試料では、炭素が濃縮している箇所や Ca 含有量が多くなると炭素量が多くなった。また、ラメラ組織の均質性がなく微細な集合体のラメラ組織が交差を繰り返している特徴が得られている。これは構造的なものか炭素の影響なのか更に検討する必要がある。これまで前者で考えていたが、軽元素の寄与の効果があると考ええる。宝石や健康に本試料は世界的に好評であるが、地球地殻の環境維持鉱物（炭素の交換）でもある。

まとめ： 本件は下記のようにまとめられる。1) イリデッセンスのラブラドライト斜長石は炭素を出し入れできる環境鉱物である。2) 同資料の最新式電顕観察から炭素や Ca 量が高いラメラ組織から炭素が検出される。3) 炭素源として環境以外生物源や石灰岩（現地）が考えられる [1-3]。

参考文献： [1] Miura Y. et al. (1973): Geol.Soc. Japan, 11, 145-165. [2] Miura Y. (1982): Am. Min., 63, 584-590. [3] Miura Y. (2006) IMA-2006 (Kobe) 1348, 163.

Keywords: Iridescent labradorite, Carbon content, fossil and limestone sources. yasmiura50@gmail.com

Oral presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Shunsuke Endo, Yui Kouketsu

Thu. Sep 16, 2021 3:30 PM - 5:00 PM Zoom Session 1

[Chairperson]

Shunsuke Endo: R8-01 - R8-03

Yui Kouketsu: R8-04 - R8-06

[R8-01] Verification of problems in Raman geobarometry

*Yui Kouketsu¹, Yuki Tomioka¹, Tadao Nishiyama², Masaki Enami³ (1. Nagoya Univ. Environ., 2. Kumamoto Univ., 3. Nagoya Univ.)

3:30 PM - 3:45 PM

[R8-02] Rheological study of ultrahigh pressure metamorphic rocks: an example from Jadeite-quartzite, Dabie-Shan, China

*Katsuyoshi Michibayashi¹, Kouhei Asano¹, Tomohiro Takebayashi¹ (1. Nagoya Uni. Env.)

3:45 PM - 4:00 PM

[R8-03] Constraint on deformation temperatures of the Karasaki mylonite, western Shikoku

*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)

4:00 PM - 4:15 PM

[R8-04] Coalescing detrital zircon geochronology and litho-structural mapping in identification of MBT in Himachal Himalayas

*Dyuti Prakash Sarkar¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹, Gautam Ghosh² (1. Hiroshima Uni., 2. Presidency Uni.)

4:15 PM - 4:30 PM

[R8-05] The Physico-chemical evolution of carbonaceous material during low-grade metamorphism of Archean stromatolites by Raman spectroscopy and carbon isotopes

*Kiran Sasidharan¹, Madhusoodhan Satish-Kumar¹, Yoshihiro Nakamura², Tomozaku Hokada³, Hiroaki Ohfuji⁴ (1. Niigata Uni., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. National Institute of Polar Research, 4. Tohoku Uni.)

4:30 PM - 4:45 PM

[R8-06] Frictional melting process during formation of pseudotachylite, Sarwar-Junia fault zone, India

*Junya Okazaki¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

4:45 PM - 5:00 PM

ラマン圧力計における問題点の検証

額縁佑衣* (名古屋大学), 富岡優貴 (名古屋大学)

西山忠男 (熊本大学), 榎並正樹 (名古屋大学)

Verification of problems in Raman barometry

Yui Kouketsu* (Nagoya Univ.), Yuki Tomioka (Nagoya Univ.),

Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.), Masaki Enami (Nagoya Univ.)

【はじめに】 ラマン圧力計は、ホスト鉱物中に包有された鉱物をラマン分光分析し、スペクトルのピーク位置のシフトから残留圧力を見積もる事で、変成岩が被った変成圧力を推定する手法である。Enami et al. (2007)では、ザクロ石中の石英包有物を用いた Quartz-in-Garnet ラマン圧力計が提案され、変成相の区別が可能であることが示された。Enami et al. (2007)では、残留圧力を評価する指標として、石英の 464cm^{-1} と 205cm^{-1} のピーク位置の幅(ω_1)を用いている。この残留圧力の評価方法は、ラマンスペクトルの室温の変化に伴うピークのドリフトを相殺できる簡便かつ画期的なアイデアである。一方、近年のラマン圧力計では、ピーク幅は誤差が大きいという理由のため、輝線を用いたピーク位置の補正を行う手法が主流となっている。輝線を用いた補正は、ピーク位置の決定精度を大幅に向上させる(0.05cm^{-1} : Odake et al., 2008)が、変成岩の変成圧力を決定する際に、そこまでの精度が必要であるかは十分に検証されていない。また、近年の研究では、残留圧力ではなく、歪を求めることで平均応力を算出して変成圧力を制約する手法も提案されており、残留圧力からダイレクトに変成圧力へ変換する手法に対する問題点も呈されている (Bonazzi et al., 2019; Mazzucchelli et al., 2021)。本研究では、このような近年のラマン圧力計の状況をふまえて、下記の2点について検証を行った: (1) ピーク幅 ω_1 を用いた残留圧力値の誤差の評価, (2) 天然試料中に含まれる石英包有物の残留圧力の異方性と歪の値の検証。

【標準試料の長期間測定】 2019年から2020年にかけて分析したブラジル産石英自形結晶のラマンスペクトルの変動を検証した。その結果、ピーク幅 ω_1 の値の差は最大で 0.6cm^{-1} であった。この結果は、Enami et al. (2007)で報告されてい

る5時間連続観察した石英ラマンスペクトルのうち、最もドリフトの大きい 205cm^{-1} ピークの誤差 ($\pm 0.3\text{cm}^{-1}$)と調和的である。

【残留圧力の異方性と歪】 三波川帯石英エクロジャイト中に含まれるザクロ石中の石英包有物のラマンマッピングを行い、残留圧力値の分布を検証した。その結果、石英包有物の形に依存した粒界付近の応力集中は見られたが、顕著な異方性は確認されなかった。一方で、Angel et al. (2019)にて公開されている歪計算ソフト stRAinMAN を用いて石英包有物の歪を計算した結果、多くの包有物は静水圧条件から外れ、 c 軸方向(ϵ_3)に応力が緩和する傾向が見られた。

【議論】 長期間観測した石英のピーク幅の差は最大で 0.6cm^{-1} であった。これは、残留圧力値に換算すると 20MPa 程度であり、変成岩の圧力を評価するうえで大きな支障はないと言える。Bonazzi et al. (2019)では、弾性異方性の強い石英包有物は偏差応力条件下で包有されていると主張しているが、天然試料において顕著な異方性は確認されず、静水圧条件と仮定しても問題ないことが示唆された。これは、Bonazzi et al. (2019)ではピストンシリンダーを用いた合成実験試料を用いているため、静水圧から大きく外れた可能性が考えられる。一方で、歪計算では静水圧条件から外れた結果となったが、歪計算に用いる係数も合成実験試料を用いている (Murri et al., 2018)ため、歪計算の手法そのものを慎重に検証する必要がある。

[引用文献] Bonazzi et al. (2019) *Lithos*; Enami et al. (2007) *American Mineralogist*; Mazzucchelli et al. (2021) *American Mineralogist*; Murri et al. (2018) *American Mineralogist*; Odake et al. (2008) *Applied Spectroscopy*

Keywords: Raman barometry, quartz Raman spectrum, peak calibration, strain, hydrostatic pressure

*Corresponding author: kouketsu.yui@nagoya-u.jp

超高压変成岩のレオロジー研究 ～中国大別山のヒスイ石英岩を例として～

道林克禎・浅野航平・竹林知大(名古屋大学・院環境)

Rheological study of ultrahigh pressure metamorphic rocks: an example from Jadeite-quartzite, Dabie-Shan, China

Katsuyoshi MICHIBAYASHI*, Kohei ASANO, Tomohiro TAKEBAYASHI (Nagoya Univ.)

中国の Dabie-Sulu 造山帯では、超高压変成岩が産出する (Cong, 1996; Ji et al., 2003)。一般的に、超高压変成岩は超高压条件の指標となるコース石またはその仮像を含む。超高压変成岩は Dabie-Sulu 地域のみならず、多くの大陸衝突帯においてその産出が報告され、大陸衝突帯における物質循環の情報が記録されているため、これまでに岩石学的、同位体地球化学的側面から、数多くの研究が行われてきた。しかし、超高压変成岩は、最深部から地殻中部への上昇時に、後退変成作用による再結晶化によって岩石組織を改変されやすいため、超高压変成条件における変形微細構造を保持する例はあまり報告されていない (Fan and Yan, 2019)。そのため、超高压条件での地殻物質の流動特性に関する理解はあまり進んでいない。本研究では、超高压条件における超高压変成岩の変形微細構造と結晶方位ファブリックに注目し、大陸衝突帯の地下深部での地殻物質の流動特性を考察することを目的とした。

研究試料として、Dabie-Shan の超高压変成帯に属する Bixiling 地域から苦鉄質－超苦鉄質岩 3 試料(エクログャイト、ザクロ石単斜輝岩、ザクロ石カンラン岩)を、また Shuanghe 地域から珪長質岩 1 試料(ヒスイ輝石－石英岩)を採取した。研究方法として、鉱物の同定・主要元素組成分析は EPMA、微細構造観察は偏光顕微鏡と鉱物相マップ、結晶方位解析は SEM-EBSD システムを用いて分析を行った。

本研究の試料は石英を除き、超高压条件における変形微細構造を保持していた。各試料に含まれるザクロ石は、苦鉄質－超苦鉄質岩と珪長質岩の間で、異なる変形微細構造と結晶方位ファブリックを示し、苦鉄質－超苦鉄質岩では、細粒な粒子の集合層・ランダムな結晶方位定向配列 (CPO) をもち、珪長質岩では、粗粒で伸張した粒子・弱い CPO を示した。これらの違いは、超高压条件でそれぞれの岩石相が受けた歪の

程度を表すと考えられ、観察された変形微細構造について、各岩石試料が受けた歪の程度に基づいて主に 2 種類に分類した。1 つは大きな歪を受けた苦鉄質－超苦鉄質岩、もう 1 つが比較的大きな歪を受けていない珪長質岩である。

岩相による変形微細構造の違いは、超高压条件において、珪長質岩が苦鉄質－超苦鉄質岩と比較してあまり変形していないことを示す。コース石は 700°C (Dabie-Shan に産出する超高压変成岩の推定ピーク変成温度、Zhang et al., 1995) の温度条件において、石英と比較しておよそ一桁大きい流動強度をもつため、超高压条件において、珪長質岩の主要な鉱物だったコース石が珪長質岩全岩の流動強度を増加させた結果、珪長質岩は苦鉄質－超苦鉄質岩よりも小さな歪しか受けなかったと考え、変形微細構造の違いは説明される。

また、観察された岩相による変形微細構造の違いは、超高压条件において、苦鉄質－超苦鉄質岩に歪の局所化、つまり延性剪断帯を形成したことを示唆する。高压－超高压条件における延性剪断帯の形成は、沈み込み帯において沈み込むリソスフェアから地殻物質が分離して地表へ上昇するために必要とされるプロセスである (Warren, 2013)。従って、珪長質岩に含まれるコース石の物性が超高压条件下で苦鉄質－超苦鉄質岩に歪を局所化させる要因となっており、超高压変成岩の上昇を誘導しているのかもしれない。

Cong, B. L. (1996) Science Press, 226pp.

Fan, A. and Yan, Z.-Z. (2019) Journal of Structural Geology, **124**, 8-22.

Ji, S. et al. (2003) Tectonophysics, **370**, 49-76.

Warren, C. J. (2013) Solid earth, **4**, 75-92.

Zhang, R. Y. et al. (1995) Journal of Petrology, **36**, 1011-1037.

Key words: UHP, Jadeite-quartzite, coesite, quartz, CPO, rheology, Dabie-Shan

*Corresponding author: michibayashi@nagoya-u.jp

四国西部，唐崎マイロナイトの変形温度条件の制約

中村佳博^{*}，宮崎一博（産総研）

Constraint on deformation temperatures of the Karasaki mylonite, western Shikoku

Yoshihiro NAKAMURA^{*}, Kazuhiro MIYAZAKI (Geological Survey of Japan, AIST)

愛媛県松山市南方には、ナップ構造によって肥後変成岩起源のマイロナイトが小規模に露出する。このマイロナイト（以下唐崎マイロナイト）は、中央構造線深部の初生構造を保存している可能性があるため、西南日本の白亜紀—古第三紀テクトニクスを議論する上で重要な断層岩である。先行研究では、唐崎マイロナイトは下盤側の三波川変成岩と共に大きく褶曲しており、上昇中に下盤と接合して変形したと示唆されている。一方で三波川変成作用を被っていないと報告されており、マイロナイト形成時の接合条件に不明な点が多い。そこで本研究では、詳細な唐崎マイロナイトの変形・変成作用解析からマイロナイト形成場の制約を試みた。

本研究では、双海地域に産出する角閃岩マイロナイト、ザクロ石角閃岩マイロナイト、泥質マイロナイトと下盤側の三波川変成岩を対象に SEM-EBSD 分析による再結晶石英 C 軸ファブリック解析を実施した。鏡下では、すべての試料で非常に大きなアスペクト比の再結晶石英が観察され、不規則な境界を有する。このような微細組織は低温型マイロナイトで一般的に観察されることが多く、中温や高温条件で変形したことを示唆する石英微細組織は保有試料で発見することはでき

なかった。EBSD 解析では、ほとんどの試料は Rhomb<a>-basal<a> slip が卓越し、多くの場合 Type I cross girdle を示した。Basal <a> スリップ集中から推定する開口角度は 41–48° のものが多く 1 試料は 57° となった。また下盤側の三波川変成岩も Type I cross girdle が卓越し、開口角は 51° となった。以上の開口角度から Faleiros et al. (2016) の opening-angle deformation thermometry を利用すると、約 330–440 °C の温度条件で唐崎マイロナイトが形成され、下盤側の三波川変成岩も 400°C 前後で延性変形を被っている。これらの変形温度は、三波川変成岩の炭質物ラマン温度計 (Beyssac et al. 2002) から得られた変成温度 (421 ± 41 °C) とよく一致する。つまり三波川変成岩の最高変成時には、唐崎マイロナイトがすでに上盤側に定置し、沈み込み帯深部で低温のマイロナイト化を被っていたことが今回明らかになった。今後マイロナイトの化学分析を実施し、より詳細な接合条件の制約に関して発表を行う。

[参考文献]: Faleiros et al. (2016), *Tectonophysics*, 671, 173–182. Beyssac et al. (2002), *Journal of Metamorphic Geology*, 20(9), 859–871.

Key words: Karasaki mylonite, Sanbagawa metamorphic rock, EBSD

^{*}Corresponding author: yoshi-nakamura@aist.go.jp (Yoshihiro Nakamura)

Coalescing detrital zircon geochronology and litho-structural mapping in identification of MBT in Himachal Himalayas

Dyuti Prakash SARKAR* (Hiroshima Univ.), Jun-ich ANDO (Hiroshima Univ.), Kaushik DAS (Hiroshima Univ.), Gautam GHOSH (Presidency Univ)

Deformation associated with faults are exhibited at fault core and damage zone. A prerequisite for elucidating deformation mechanisms and fault behavior is identification of the fault core and damage zone. However, fault contacts are not always preserved or easily discernible in outcrop scale. In our current research, one such thrust contact from the regionally prominent Main Boundary Thrust (MBT) of the Himalayan fold-thrust belt, India, has been considered. Large scale mapping of the MBT indicate the occurrence of Proterozoic rocks in the hanging wall and younger Cenozoic rocks in the footwall. The current study comprises the MBT near Gambarpul town of Himachal Pradesh, India. For exact identification of the thrust contact, we conducted detrital zircon geochronology and high resolution litho-structural mapping in the study area. U-Pb detrital zircon geochronology using LA-ICP-MS of the nine sandstone samples indicate a sharp change in age of deposition from 625 (+110 -780) Ma to 61.25(+1.2 -1.5) Ma indicating the thrust contact. Considering the lithological assemblage and the age data, we have identified alternating lithology of argillaceous and arenitic sandstone and the unified depositional age from ca.700 Ma to ca. 500 Ma for the hanging wall rocks. In comparison, the footwall rocks exhibit argillaceous to calcareous sandstone and limestone, and the depositional age of ca. 61 Ma. The U-Pb age and litho-structural data thus suggest the fault contact in the current study area is part of the MBT. The fold geometry indicates the occurrence of non-cylindrical fold in the hanging wall, exhibiting intricate parasitic folds in argillaceous sandstone and fractured large wavelength folding of arenitic sandstone. The footwall exhibits buckle fold with steeper dip of sedimentary beds toward the thrust contact, and gentle dip away from the contact. Furthermore, recent study of calcite thermometry (e-twin morphology and carbonate clumped isotope thermometry) from the area have reported the depth of the fault related calcites to be 10–11 Km. Future research in the study area might help to elucidate the deformation mechanisms of the brittle-ductile transition zone that is represented by the MBT.

Keywords: MBT, U-Pb geochronology, Calcite e-twins

Corresponding author: sarkardp16@hiroshima-u.ac.jp

The physico-chemical evolution of carbonaceous material during low-grade metamorphism of Archean stromatolites by Raman spectroscopy and carbon isotopes

S. Kiran^{*1}, M. Satish-Kumar², Y. Nakamura³, T. Hokada⁴ and H. Ohfuji⁵

1 Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan

2 Faculty of Science, Niigata University, Japan

3 Geological Survey of Japan, AIST, Japan

4 National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan

5 Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, Japan

Chitradurga Schist Belt (CSB) in the Archean Western Dharwar Craton (WDC), southern India is a sediment dominated greenstone belt (3-2.5 Ga) that has undergone low- to medium-grade metamorphism with diverse occurrence of carbonates including stromatolites. The present study compares the Raman spectroscopy of CM thermometry (RSCM) and carbon isotope thermometry of the low-grade meta-carbonates to evaluate the changes in the physicochemical conditions of CM included in carbonate rocks during progressive metamorphism and also to understand the role of precursor material and host rocks in the thermal maturation process. Three types of CMs have been recognized in the CSB; a) irregular globular or subhedral type found as inclusions b) aggregates in grain boundaries c) thin and slightly elongated filamentous carbon found along the grain boundaries. The carbonates with type a and b CM are consistent with RSCM and carbon isotope thermometry, meanwhile, the carbonates which possess type c CM has a lower crystallinity (R2 ratio = 0.35), when compared to type a CM (R2 ratio = 0.2) which yielded temperature of equilibration at around 475 and 535 °C, respectively. Contrastingly, the carbon isotopes equilibrated at a lower temperature around 400 °C. The possible reasons for the inconsistencies between the conditions of equilibration might be due to (1) pervasive post metamorphic aqueous hydrothermal fluid infiltration, deduced from the lowering of $\delta^{18}\text{O}$ values of carbonates without significant variation in $\delta^{13}\text{C}$ (2) the negative $\delta^{13}\text{C}$ shift in CM from -8.5 to -13 ‰ caused by dissolution recrystallization following CO_2 degassing, lowered the crystallinity of CM. Here we reach the conclusion that the type a CM might preserve the actual thermal condition and the bulk carbon isotope analysis is not suitable to the temperature estimate as it gets mixed with different types of CM. Therefore, our results suggest that by evaluating the complementary relationship between the physico-chemical properties of CM hosted in carbonates, we can constrain the applicability of both thermometry. Further morphological and carbon isotopic characterization of CM using SEM and HRTEM is being carried out to understand the structural and isotopic evolution and extend of preservation of the precursor material.

Key words:

Raman Spectra of carbonaceous material thermometry

Carbon isotope thermometry

Chitradurga Schist Belt

Hydrothermal infiltration

Degassing and dissolution reprecipitation

* f20n010h@mail.cc.niigata-u.ac.jp

インド Sarwar-Junia 断層帯に露出する シュードタキライト形成の摩擦溶融プロセス

岡崎 淳哉*, 安東 淳一, Das Kaushik (広島大・院理)

Frictional melting process during formation of pseudotachylyte, Sarwar-Junia fault zone, India

Jun-ya Okazaki, Jun-ichi Ando, Das Kaushik (Hiroshima Univ.)

はじめに: シュードタキライト (Pst) は、断層の高速すべりに起因する母岩の摩擦溶融によって形成される黒色、非顕晶質な岩石であり、断層面に沿って脈状、ネットワーク状に発達する。そのため、Pst は過去の断層運動の情報を保持する重要な岩石である。通常、Pst は脆性変形領域で形成されるが、塑性変形しているものやマイロナイトに関連している Pst が報告されており (例えば、Chattopadhyay et al., 2008)、塑性変形領域で断層運動が発生していることを示唆している。塑性変形領域での断層発生メカニズムには、脆性変形領域からのすべりの伝播や塑性不安定性が提案されているが、現在も議論が続いている。本研究では、インド Sarwar-Junia 断層帯から採取された花崗片麻岩中に発達する 2 種類の Pst 試料を用いて、微細組織観察と鉱物相同定の結果から、それぞれの摩擦溶融プロセスと塑性変形領域での断層発生メカニズムを明らかにすることを目的とした。

結果: 野外観察において、母岩の面構造に対して、平行な Pst 脈 (P-Pst) と大きく斜交する Pst 脈 (C-Pst) の 2 種類の系統的な Pst 脈を確認した。P-Pst は母岩の塑性変形と同様の応力場で形成されたと考えられる。

微細組織観察では、どちらの Pst 脈も両端にメルトの急冷によって形成された黒色の急冷縁が存在している。P-Pst の急冷縁の幅は C-Pst のものより大きい。これは冷却速度の違いを示唆しており、冷却速度が P-Pst では比較的遅く、対して C-Pst では比較的速いと考えられる。Pst 脈中にクラストとして残っている鉱物を比較すると、P-Pst は主に石英、珪線石であるのに対し、C-Pst ではそれらに加えて、斜長石、カリ長石が多く存在し

ている。加えて、母岩に多く含まれていた黒雲母は、どちらの Pst 脈でもクラストとして残っていないため、Pst 形成時に完全に溶融したことが考えられる。一方、特に P-Pst で、多数の針状の黒雲母が基質中に存在しており、これらはメルトからの晶出によって形成されたと考えられる。これらの鉱物の融点から、メルトの最高温度は P-Pst で 1400-1726 °C、C-Pst で 1200-1300 °C であったと考えられる。ただし、非平衡溶融や黒雲母の脱水による融点の降下を考慮すると、実際の温度は推定より低いと考えられる。上記から、P-Pst と C-Pst は塑性変形領域と脆性変形領域でそれぞれ形成されたと考えられ、それらの摩擦溶融プロセスは以下である。初めに、断層運動によって母岩が破碎され、高速すべりに起因して摩擦溶融が起こる。この時、形成されたメルトの最高温度は、C-Pst より P-Pst の方が高く、斜長石、カリ長石はほとんど溶融した。その後、P-Pst では比較的遅い冷却速度により、C-Pst よりも幅の大きな急冷縁が形成され、またメルトから針状の黒雲母が晶出した。

また、塑性変形領域での P-Pst の形成には、黒雲母の定向配列が関連していることが考えられる。母岩中の黒雲母のへき開面 ((001)) の方向は不規則であるが、Pst 脈に近づくにつれて、片理面 (もしくは Pst 脈) に平行な向きに定向配列している。黒雲母の (001) は層間陽イオンによって結合しており、その強度は非常に小さい。この観察結果から、黒雲母の (001) が断層運動の弱面として働き、この面上で応力集中が引き起こされ、歪速度が増加することによって、塑性変形領域中で脆性破壊が起こったと考えられる。

Keyword: Pseudotachylyte, Fault activity, Frictional melting, Ductile deformation zone

E-mail address: d202541@hiroshima-u.ac.jp

Oral presentation

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

Chairperson: Masanori Kurosawa, Koichi Momma, Yasuyuki Banno

Fri. Sep 17, 2021 2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 2

[Chairperson]

Masanori Kurosawa: R1-01 - R1-04

Koichi Momma: R1-05 - R1-07

Yasuyuki Banno: R1-08 - R1-11

[R1-01] Characteristics and problems of absorption correction in quantitative chemical analysis by ATEM

*Kiyoshi Fujino¹, Naotaka Tomioka², Hiroaki Ohfuji³ (1. Non, 2. JAMSTEC, 3. Tohoku Univ.)
2:00 PM - 2:15 PM

[R1-02] Compositional dependence of EFG tensor of Fe²⁺ in M1 site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama¹, *Keiji Shinoda¹, Yasuhiro Kobayashi² (1. Osaka City Univ. Sci., 2. KURNS)
2:15 PM - 2:30 PM

[R1-03] Preliminary report on ICP-MS quantitative analysis of U, Th, and Pb in mantle-derived olivine and serpentine

*Takenori Kato¹, Yukiko Kozaka³, Yoshihiro Asahara², Yui Kouketsu², Katsuyoshi Michibayashi²
(1. ISEE, Nagoya Univ., 2. Nagoya Univ., 3. ISEE, Nagoya Univ, Kochi Univ.)
2:30 PM - 2:45 PM

[R1-04] Differences of trace element in Japanese Akoya Cultured Pearl

*Kentarō Emori¹, Hiroshi Kitawaki¹, Masahiro Sato², Junko Yazaki² (1. Central Gem Laboratory, 2. Pearl Science Laboratory)
2:45 PM - 3:00 PM

[R1-05] Sulphur atom positions of katoite from Tadano, Fukushima Prefecture, Japan

*Yasuyuki Banno¹, Koichi Momma², Ritsuro Miyawaki², Michiaki Bunno³ (1. AIST, 2. NMNS, 3. Univ. of Tokyo)
3:00 PM - 3:15 PM

[R1-06] Occurrence and genesis of Ca-rich nepheline and associated minerals in the Kajishiyama basanite, Tsuyama, Okayama Prefecture, SW Japan

*Keiya Yoneoka¹, Maki Hamada¹, Syoji Arai¹ (1. Kanazawa Uni. Nat.)
3:15 PM - 3:30 PM

[R1-07] Local structure of Ni and Ni minerals in listvenite in the Nishisonogi unit Nagasaki metamorphic rocks

*Kohei Unoki¹, Tadao Nishiyama¹, Ginga Kitahara¹, Akira Yoshiasa¹, Makoto Tokuda², Kunio Yubuta³, Kazumasa Sugiyama² (1. Kumamoto Uni. Sci., 2. Tohoku Uni., 3. Kyushu Uni.)
3:30 PM - 3:45 PM

[R1-08] Cylindrical amesite from Yakiyama, Iizuka, Fukuoka Prefecture, Japan

Yuki Isshiki², Yuya Takeda², *Seiichiro Uehara¹, Satomi Enju³ (1. Kyushu Univ. Museum, 2. Kyushu Univ. Fac. Sci., 3. Ehime Univ.)
4:00 PM - 4:15 PM

[R1-09] Follow-up report on Chibaite from north Fossa Magna area, central Japan

*Koichi Momma¹, Hiroshi Miyajima², Norimasa Shimobayashi³, Takashi Ishibashi⁴, Nobuyuki Takayama⁵, Toshiro Nagase⁶, Ritsuro Miyawaki¹, Satoshi Matsubara¹, Akira Ijiri⁷, Yoshihiro Furukawa⁸ (1. NMNS, 2. Itoigawa City Council Member, 3. Kyoto Univ., 4. Masutomi Mus. Geo. Sci., 5. Friends of Fossa Magna Museum, 6. Tohoku Univ., Mus., 7. Kobe Univ., 8. Tohoku Univ.)
4:15 PM - 4:30 PM

[R1-10] Mn-dominant variety of tetrahedrite from Teine mine, Hokkaido

*Koichi Momma¹, Masaaki Shimizu², Yoko Kusaba¹, Yoshiya Ohki³ (1. NMNS, 2. Hokuriku Polytechnic College, 3. Nippon Chigaku Kenkyu-kai)
4:30 PM - 4:45 PM

分析電顕での吸収補正による定量分析の特徴と問題点

藤野清志*, 富岡尚敬(海洋研究開発機構), 大藤弘明(東北大)

Characteristics and problems of absorption correction in quantitative chemical analysis by ATEM

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

1. はじめに

分析電顕による化学組成の定量分析では、以下の Cliff-Lorimer の式が広く用いられる。

$$\frac{C_i}{C_j} = k_{ij} \frac{I_i}{I_j} \quad (1)$$

ここに、 C_i , C_j は i , j 元素の重量%, I_i , I_j は i , j 元素の X 線強度, k_{ij} は k ファクターと呼ばれる。 k_{ij} が既知なら、 I_i , I_j を測ることで C_i , C_j が得られる。逆に C_i , C_j が既知の試料で I_i , I_j を測れば、 k ファクターが実験的に得られる。多くの場合は、同じ鉱物種の同じような組成で k ファクターの厚さに対する検量線を求めておき、未知試料の k ファクターをその検量線上に求めて定量計算を行っている。この方法は簡便ではあるが、平均原子番号が大きく異なる試料には使えない。しかし、同じ鉱物種の検量線を外挿して厚さ 0 での k ファクターを実験的に求めておけば、理論的な吸収補正計算によって幅広い組成範囲で試料の定量分析を行う事ができる。

吸収補正計算による定量分析はこのような利点を持つが、適正な使用法が確立されていないため、あまり広く使われていない。我々はこの吸収補正計算による定量分析で、簡便で有効な使用法を見出したので、紹介する。

2. 吸収補正計算による定量分析

吸収補正計算による定量分析では、式(1)の k_{ij} として、 $k_{ij} = k_{ij}^0 A(\Delta t)$ を用いる。 k_{ij}^0 は厚さ 0 での k ファクター、 $A(\Delta t)$ は厚さ Δt での吸収補正項で、以下の式になる。

$$A(\Delta t) = \frac{\mu_i^m}{\mu_j^m} \cdot \frac{\{1 - \exp(-\mu_j^m \rho \Delta t \alpha)\}}{\{1 - \exp(-\mu_i^m \rho \Delta t \alpha)\}} \quad (2)$$

$$\alpha = \text{cosec } \theta$$

ここで、 μ_i^m , μ_j^m は i , j X 線に対する質量吸収係数、 ρ は試料の密度、 θ は検出器の X 線取り込み角である。最近の分析ソフトでは、どれもこの計算式を用いている。

吸収補正計算では、酸素を独立の元素として計算する場合と、すべて酸化物として計算する場合の 2 通りがある。前者の場合は、未知な薄膜の厚さを選ぶのに、酸素の値が理想化学式通りになるようにする、あるいは電荷中和となるようにする (E. Van Cappellen の方法) 等の選択が行われている。一方、後者の場合は、すでに電荷中和は成り立っているの、酸素の値が理想化学式通りになるようにする等の選択が行われている。しかし、どのように厚さを選択すれば正確な組成が得られるかの方法が確立されておらず、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、ほとんど議論されてこなかった。

3. 結果

今回、我々はあらかじめ厚さを実測した組成既知の試料を用いて、それぞれの計算法で得られた組成が正確なのはどの方法か、またその時に選んだ厚さは実測の値と合うかどうかを調べた。結論として、酸素を独立元素として計算するよりも、酸化物として計算した方が正確な組成が得られることが分かった。その際の厚さを選ぶのに用いた有効な方法と、そうして選んだ厚さが実測に比べてどうであるか等について、講演で報告したい。

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

*Corresponding author: kfujino7241@gmail.com

Caに富む輝石の *M1* 席 Fe^{2+} の電場勾配テンソルと鉄の固溶成分の相関

福山大毅(阪市大・理), 篠田圭司 (阪市大・理), 小林康浩 (京大・複合研)

Compositional dependence of EFG tensor of Fe^{2+} in

M1 site of Ca-rich pyroxene

Daiki Fukuyama (Osaka City Univ.), Keiji Shinoda* (Osaka City Univ.),

Yasuhiro Kobayashi (KURNS)

^{57}Fe Mössbauer spectroscopy has been used widely to analyze Fe^{2+} and Fe^{3+} ratio in minerals. Recently, Mössbauer microspectroscopy is used to measure the spectra of individual single crystal in a thin section. There are two crystallographically different cation sites named *M1* and *M2* in pyroxene structure. Fe^{2+} ions which occupy *M1* and *M2* sites give similar and overlapping quadrupole doublet. For powdered samples, intensity of quadrupole doublet can be assumed to be equal. However, intensity of quadrupole doublet of single crystal thin section is not equal 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. The electric field gradient (EFG) tensor of the ^{57}Fe Mössbauer nucleus gives a constraint on the intensity of quadrupole doublet. Zimmermann (1975, 1983) introduced an experimental determination method of the EFG tensor from the Mössbauer spectrum of a single crystal and proposed a formulation of the EFG tensor from the intensities of the component peaks of an asymmetric Mössbauer doublet. Using Zimmermann's formulation, Shinoda and Kobayashi revealed the EFG tensor of Fe^{3+} in the octahedral *M1* site of aegirine (JMPS, 2019). In this study, we measured Mössbauer spectra of thin sections of single crystal of Ca-rich pyroxenes (diopside, augite and hedenbergite) and calculated EFG tensors of three different compositional pyroxene from intensity variation of quadrupole doublet. Crystallographic orientation of three pyroxenes were determined using X-ray precession camera. From three EFG tensors of this study and an EFG tensor studied by Tennant et al. 2000, we will discuss compositional dependence of EFG tensor of Fe^{2+} in *M1* site of Ca-rich pyroxene.

Keywords: Mössbauer spectroscopy, microspectroscopy, electric field gradient, Ca-rich pyroxene

*Corresponding author: shinodakeiji@osaka-cu.ac.jp

マントル起源のカンラン石・蛇紋石に含まれる U・Th・Pb の ICP-MS 定量分析結果

加藤丈典 (名古屋大)・小坂由紀子 (名古屋大・高知大)・浅原良浩・瀬瀬佑衣・道林克禎 (名古屋大)

Preliminary report on ICP-MS quantitative analysis of U, Th, and Pb in mantle-derived olivine and serpentine

Takenori Kato* (Nagoya Univ.), Yukiko Kozaka (Nagoya Univ, Kochi Univ.), Yoshihiro Asahara, Yui Kouketsu and Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ.)

マントルの化学的不均質性が地震波や Sr、Nd、Pb 同位体比などから議論されている。しかし、厳密なモデルは確立されておらず、より多くの情報が必要とされている。また、マントル物質に含まれる微量元素濃度も、上部マントルをモデル化するうえで重要な役割を果たすと考えられる。

カンラン石は上部マントルの主要構成鉱物である。しかし、カンラン石の微量元素濃度分析は玄武岩・斑レイ岩に含まれるものや熔融実験の結果などがほとんどであり、マントルに直接由来するカンラン石中の微量元素濃度の報告は多くない。特に、アクチノイドであるウラン (U) やトリウム (Th) と、その放射壊変で生成される鉛 (Pb) については、限られた報告しかない (Heier & Carter, 1964; Cargnan et al., 1996; De Hoog et al., 2010 など)。本研究では、マントル由来のカンラン石、および、蛇紋石について U、Th および Pb の濃度を定量分析し、それらの元素の濃度範囲を明らかにすることにした。

カンラン石試料は、ハルツバージャイト

(トンガ海溝)、レルゾライト (マリアナ海溝)、キンバーライト中のザクロ石レルゾライト捕獲岩 (南アフリカ・キンバリー) 及び玄武岩中の捕獲岩 (中国・大麻坪) を用いた。

蛇紋石類は、蛇紋岩 (マリアナ海溝)、アンチゴライト (京都府)、リザーダイト及びクリソタイル (鉱物標本) の各試料を用いた。

岩石試料については鉱物を粉砕し、包有物の認められない試料を実体顕微鏡で採取した。試料を酸分解し、名古屋大学環境学研究科の ICP-MS (アジレント・テクノロジー製 7700x) を使い、XSTC-331 (SPEX) を標準物質として定量分析を行った。

カンラン石中の U、Th、Pb の濃度はいずれも数百 pg/g~数十 ng/g であった。また、蛇紋石はいずれも数 ng/g~数百 ng/g の範囲内であった。

(1) いずれの試料も検出可能な濃度の U、Th、Pb を含んでいること、(2) 産状によるばらつきがあること、および、(3) 蛇紋石はカンラン石よりも多くの U、Th、Pb を含んでいることが示された。

Keyword: olivine, serpentine, trace elements, ICP-MS, mantle

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

国産アコヤ真珠の養殖地による微量元素の相違

江森健太郎、北脇裕士(中央宝石研究所)、
佐藤昌弘、矢崎純子(真珠科学研究所)

Differences of trace element in Japanese Akoya Cultured Pearl

Kentaro Emori*, Hiroshi Kitawaki (Central Gem Laboratory),
Masahiro Sato, Junko Yazaki (Pearl Science Laboratory)

In order to try for origin determination of pearl using LA-ICP-MS, we analyzed changes through the treatments of pearls and differences among “Shima, Mie”, “Komobuchi, Ehime”, “Amakusa, Kumamoto”, “Iki, Nagasaki”, “Tsushima, Nagasaki” and “Sasebo, Nagasaki”.

近年、アコヤ養殖真珠は、海外でも養殖がおこなわれているが、JAPAN ブランドとしての国産アコヤ養殖真珠の人気は高い。また、他分野でよく話題となるトレーサビリティーの問題からも国産アコヤ養殖真珠の産地鑑別は商業的な意義があり、養殖地による微量元素の相違は自然科学的にも興味深い。

毎年母貝から取り出され加工される宝石である。加工は薬品等に浸漬する作業を伴うため、真珠層中のタンパク質に含まれる成分が流出、もしくは薬品成分の沈着が想定される。また、養殖する海域の化学組成も毎年均一でない可能性があるため、浜揚げされた年による微量元素濃度差がある可能性も存在する。

本研究では真珠の産地鑑別の可能性を探るため、LA-ICP-MS による真珠の加工による真珠の微量元素の変化、また、浜揚げ産地による微量元素の差を比較した。

加工による微量元素の変化は、産地毎に行うべきであるが、産地・加工過程が多く、煩雑になるため、比較的近い同一県内である長崎県対馬・壱岐・佐世保で浜揚げされたアコヤ養殖真珠計 20 点をサンプルとして用いた。未加工の浜揚げ珠 5 点、浜揚げ後、メタノールを用い 50℃で一晩前処理を行った真珠 5 点(前処理珠)、前処理後に 2% 過酸化水素水を用い 1~6 週間漂白した真珠 5 点(漂白珠)、漂白後 0.1%の染色溶液を用

Keywords: Akoya Cultured Pearl, LA-ICP-MS

*Corresponding author: emori@cgl.co.jp

い一晩調色を行った 5 点(調色珠)に分け、分析を行った。

また、産地による違いを確認するため、2021 年三重県志摩、愛媛県伊予、熊本県天草、長崎県壱岐・対馬・佐世保の 6 つの産地で浜揚げされたアコヤ養殖真珠 10 点ずつ分析を行った。

分析に用いた LA-ICP-MS 装置は LA 装置として NWR UP-213、ICP-MS 装置として Agilent 7900rb を用いた。

加工の変化を追った結果、それぞれの元素に多少の変動が見られたが、誤差範囲で違いを見出すことはできず、加工過程による元素の動きを追うことはできなかった。

また 2021 年浜揚げを行った 6 つの産地の真珠について三重県志摩産の真珠からは他産地と比較し Mn が多く、長崎県の産地は Mg が少ないという特徴が見いだされた。また、線形判別分析のアルゴリズムを用いて分別したところ、長崎県の 3 つの産地(壱岐・対馬・佐世保)の区別は難しいが、三重県、愛媛県、熊本県、長崎県の 4 つの県の区別が可能であることが判った。

LA-ICP-MS を用いた真珠の産地鑑別については、加工による影響、海洋による影響が存在する上、生産地も多く、調査しなければいけない項目は非常に多い。しかし、本研究において県別の区別を行うことができた。これは、海域による影響の違いが真珠に影響を与えていると推測される。

福島県多田野産加藤石榴石に含まれる

硫黄の原子位置について

坂野靖行* (産総研)・門馬綱一・宮脇律郎 (国立科博)・豊 遙秋 (東大総博)

Sulphur atom positions of katoite from Tadano, Fukushima Prefecture, Japan

Yasuyuki Banno* (AIST), Koichi Momma, Ritsuro Miyawaki (NMNS),

Michiaki Bunno (Univ. of Tokyo)

加藤石榴石は石榴石超族鉱物の 1 種である。石榴石超族の一般組成式は $\{X_3\}[Y_2](Z_3)\phi_{12}$ と表現され、灰簪石榴石—加藤石榴石系列の一般組成式は $\{Ca_3\}[Al_2](Si_{3-x}\square_x)O_{12-4x}(OH)_{4x}$ と表現でき、Ca が X 席 (8 配位, 24c 位置), Al が Y 席 (6 配位, 16a 位置), Si 及び空孔($\square$)が Z 席 (4 配位, 24d 位置) を占める。加藤石榴石は少量の硫黄(S)を含むことが知られており, S は $(SO_4)^{2-}$ として, すなわち S^{6+} として Z 席を占めると考えられている(e.g., Passaglia and Rinaldi, 1984)。

坂野・豊(2019:日本鉱物科学会講演要旨)は福島県郡山市多田野産加藤石榴石の EPMA による化学組成分析を行い, 加藤石榴石は少量の S, F, Cl を含むことを明らかにし, S は $(SO_4)^{2-}$ として Z 席を占めるとした場合, Y 席には最大で 0.27 apfu の空孔($\square$)が存在すると結論づけた。今回この仮説を検証するために多田野産加藤石榴石の単結晶構造解析を行なった。

構造解析用の試料は EPMA により分析を行なった薄片から掘削した加藤石榴石断片 (100 x 50 x 30 μm) を使用した。断片の実験式(S は Z 位置を占めると仮定, n = 1)は $\{Ca_3\}[Al_{1.466}Fe^{3+}_{0.260}Mg_{0.103}Ti_{0.016}\square_{0.155}]\Sigma_{2.000}(Si_{1.191}S^{6+}_{0.154}\square_{1.655})\Sigma_3[(OH)_{6.689}O_{5.140}F_{0.119}Cl_{0.052}]\Sigma_{12}$

である。最初の解析結果は $R1 = 3.8\%$ で, Y 席の電子数は 29.6 epfu, Z 席は 16.9 epfu であった。これらは EPMA 実験式から計算される値 ($Y = 27.4$ epfu, $Z = 19.1$ epfu) に比べ, Y 席は予想よりも重く Z 席は予想より軽い結果となった。そこで S はすべて Y 席を占めるとした EPMA 実験式を仮定して電子数を計算すると $Y = 29.9$ epfu, $Z = 16.7$ epfu となり, 解析結果から得られる値とよく一致した。差フーリエ図において Y 席の周囲に残差が認められたため, それを S と仮定して解析を進めた結果 (S 席を設定。S 席の占有率を EPMA 値の $S = 0.154$ apfu となるように固定。Y 席占有率 + S 席占有率 = 1 を仮定), $R1$ は 3.5 % に低下し, S 席は 32e 位置を占め, 原子座標 $x = 0.0285(16)$, $y = 0.0285(16)$, $z = 0.0285(16)$ が得られた。原子間距離から S は $(SO_3)^{2-}$ もしくは $(S_2O_6)^{2-}$ として存在していると解釈できる。この解析結果から得られる Y 席 + S 席の電子数は 31.4 epfu, Z 席は 17.0 epfu であった。

Keywords: katoite, structure refinement, Tadano

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

岡山県津山地域加治子山に産するベイサナイト中の

Ca に富むネフェリン及び共生鉱物の産状と成因

米岡佳弥*、濱田麻希、荒井章司（金沢大・院自）

Occurrence and genesis of Ca-rich nepheline and associated minerals in the Kajishiyama basanite, Tsuyama, Okayama Prefecture, SW Japan

Keiya Yoneoka*, Maki Hamada and Shoji Arai (Kanazawa Uni. Nat.)

準長石族鉱物に属するネフェリンはシリカに不飽和なアルカリ岩に産する鉱物であり、理想化学式は $K_2Na_6Al_8Si_8O_{32}$ ($Z=1$) で表される。これまでに Ca に富むネフェリンは、エチオピアの Korath Range (0.28 atoms per formula unit) や静岡県南崎 (0.319 apfu) から報告されているが、報告例が少なく成因は不詳である。岡山県津山市加治子山ベイサナイトの全岩化学組成およびノルム組成は、鷹村 (1973) により報告され、Hirai and Arai (1983) は初めて同地域のベイサナイト中からネフェリンを発見した。そして、加治子山ベイサナイトのネフェリンは、理想的なものよりも Ca に富むことが明らかになった。そこで、加治子山ベイサナイトを構成する鉱物、特に Ca に富むネフェリンについて詳細な記載および化学分析を行い、その成因を明らかにしたい。

加治子山ベイサナイトは暗青灰色で塊状細粒であり、カンラン岩捕獲岩及びそれら由来の外来結晶を含む。また、沸石や稀に方解石を含む晶洞が存在する。斑晶はカン

ラン石と単斜輝石であり、石基はネフェリン、カンラン石、単斜輝石、スピネル、斜長石、アルカリ長石、アパタイト及び沸石で構成される。ネフェリンは不定形の空隙充填鉱物として結晶の間を埋めており、一部、沸石に変質している。

ネフェリンは Ca を最大 0.467 apfu (CaO, 2.31 wt.%) 含み、他地域の Ca に富むネフェリンと比べても Ca に富んでいる。また、ネフェリンの CaO 量と全岩の P_2O_5 含有量には負の相関が認められる。

加治子山ベイサナイト中の Ca に富む鉱物は、単斜輝石、斜長石及びアパタイトである。産状より、ネフェリンは空隙充填鉱物であるため結晶化の最後のステージで晶出し、針状のアパタイトはネフェリンと前後して晶出したと考えられる。これらから、低 P のベイサナイト質マグマ中ではアパタイトの晶出量が少なくなり、残留メルト中の Ca 量が高くなるために Ca に富むネフェリンが形成したと考えられる。

Keywords: nepheline, basanite, apatite, calcic

*Corresponding author: kei8.103a@stu.kanazawa-u.ac.jp

長崎変成岩西彼杵ユニット中に産するリストベナイト中

の Ni の局所構造と Ni 鉱物

鶴木康平* (熊本)、西山忠男(熊本)、北原銀河(熊本)、吉朝朗 (熊本)、
徳田誠(東北大)、湯蓋邦夫(九大)、杉山和正 (東北大)

Local structure of Ni and Ni minerals in listvenite in the Nishisonogi unit Nagasaki metamorphic rocks.

Kohei Unokia* (Kumamoto Univ.), Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.), Ginga Kitahara (Kumamoto Univ.), Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ.), Makoto Tokuda (Tohoku Univ.), Kunio Yubuta (Kyushu Univ.), Masakazu Sugiyama (Tohoku Univ.)

Mineralogical studies of Ni minerals in listvenite in Nagasaki metamorphic rocks were performed by chemical analyses, single crystal structure analyses and XAFS measurements.

長崎変成岩西彼杵ユニット中に産するリストベナイト(炭酸塩化蛇紋岩:石英炭酸塩岩)に含まれる Ni 鉱物の鉱物学的検討を行った。西彼杵半島西部雪浦には超高压変成条件を示す蛇紋岩メランジュが産し、その温度圧力条件は 450°C, 2.8 GPa 程度と推定されている[1]。リストベナイトは一般的には Cr と Ni に富む岩石であるが、雪浦のリストベナイトには Cr 鉱物は少なく、多様な Ni 鉱物が産出する。Ni 鉱物は、Millerite、Ulmannite、Gersdorffite、Violarite、Pentlandite など多様であり、Pyrite や Chalcopyrite も産する。Co は特に Violarite に凝集している。Ni を非常に多く含む Phengite も産する。これらの鉱物は複合粒子を形成しておりその組織から、Chalcopyrite や Chromite、Pyrite が初生鉱物であり、その後 Violarite、Millerite、Pentlandite が産し、Gersdorffite、Ulmannite、の順に晶出したと考えられる。化学組成分析と単結晶構

造解析、XAFS 測定を行った。これらの結果より、デバイ温度の θ_D 計算した。 θ_D は高い順から pyrite, Violarite, Millerite, Pentlandite, Ulmannite, Gersdorffite の順となり、産出順序と良い一致が見られた。Ulmannite と Gersdorffite の固溶体の産状と化学組成から、これらの間に不混和領域が存在することが判明した。この系の新たな相図を提唱する。また、Pentlandite の結晶構造と化学組成から温度・圧力の推定を行った[2]。雪浦のリストベナイト細粒部分は特徴的な明るい緑色を呈する。XAFS 解析から、6 配位 Ni^{2+} の特徴的な占有が確認できた。Cr は Chromite に主に存在し、Co や Ni がカルコゲンやニクトゲン鉱物として沈殿していることなど、他の産地のリストベナイトと異なった点が多く見られた。

[1] T. Nishiyama et al. 2020

[2] K. Tsukimura et al. 1992

Keywords: listvenite (listwanite), Ni minerals, Ulmanite, Gersdorffite, Pentlandite

*Corresponding author: 194d8151@st.kumamoto-u.ac.jp

福岡県飯塚市八木山産の円筒状アメサイト

一色優希・武田侑也(九大・理・地惑)・上原誠一郎* (九大・博物館)・

延寿里美 (愛媛大・理工)

Cylindrical amesite from Yakiyama, Iizuka, Fukuoka Prefecture, Japan

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

(Kyushu Univ. Museum) and Satomi Enjyu (Ehime Univ.)

1. はじめに

蛇紋石は理想組成 $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ で、一般に少量の Fe や Al を含む。Mg に富む蛇紋石鉱物は円筒状のクリソタイル、板状で波状の超構造を持つアンチゴライト、板状のリザーダイトに分類される。蛇紋石と固溶体関係にある鉱物としてアメサイト(理想組成 $(Mg_2Al)(SiAl)O_5(OH)_4$) があり、一般に比較的粗粒の板状結晶として産する。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等について報告した。今回、Al-蛇紋石とアメサイトの微細組織観察及び化学組成の検討を行った。その結果、ナノスケールの化学組成不均質および新しい蛇紋石鉱物の微細構造を見いだした。

2. 試料および実験

Al-蛇紋石・アメサイトの微細組織観察と化学組成を走査電子顕微鏡(SEM-EDS: JEOL JSM-7001F 等)および九州大学超顕微解析研究センターの透過電子顕微鏡(TEM-EDS JEOL JEM-ARM 200CF 等)を使用し検討した。

3. 結果

ロジン岩を切る Mg 端成分組成に近い蛇紋石あるいは Al-蛇紋石からなる細脈

に沿ってロジン岩の構成鉱物の変質部があり、Al-蛇紋石、アメサイトなどを生じている。試料 Rod3 では薄茶色透明のアメサイト中に白色不透明の Al-蛇紋石を産すると昨年報告したが、この白色部は微細な結晶で(約 50-300 nm), 化学組成の異なる円筒状、板状、繊維状、不定形の粒子からなっていた(Fig.)。化学組成は3相(アメサイト、蛇紋石、蛇紋石+タルク)に分けられる。この中で円筒状の粒子は内直径 80-250 nm, 外直径 120-350 nm, 長さ(最長) 2 μm で、Al 陽イオン数 1.3 (O=7) のアメサイト組成である。また、内部に板状結晶を伴うことが多い(Fig. 中の矢印の先)。この円筒状結晶は異常に大きな内径と外径を持つ特徴がある。

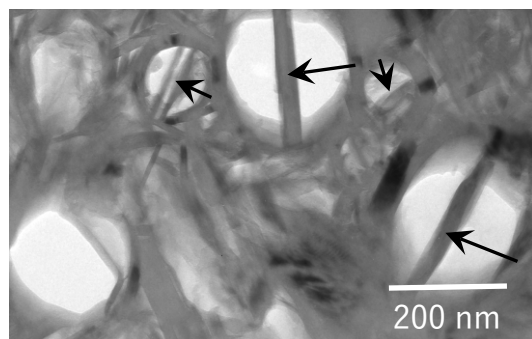


Fig. STEM BF image of large cylindrical amesites in the specimen Rod3 from Yakiyama, Iizuka, Fukuoka Prefecture, Japan. Arrows indicate platy crystals in cylindrical amesite.

Keywords: cylindrical amesite, Al-serpentine, new structure, Yakiyama

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

北部フォッサマグナ地域から産出した千葉石の続報

門馬綱一・(国立科博)・宮島宏(糸魚川市議会議員)・下林典正(京大・院理)・

石橋隆(益富地学会館)・高山信之(フォッサマグナミュージアム友の会)・

長瀬敏郎(東北大総学博)・宮脇律郎・松原 聡(国立科博)・井尻暁(神戸大学)・

古川善博(東北大・院理)

Follow-up report on Chibaite from north Fossa Magna area, central Japan

Koichi Momma* (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Hiroshi Miyajima (Itoigawa City Council Member),

Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.), Takashi Ishibashi (Masutomi Mus. Geo. Sci.), Nobuyuki Takayama (Friends of Fossa Magna Museum), Toshiro Nagase (Tohoku Univ., Mus.), Ritsuro Miyawaki, Satoshi Matsubara (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Akira Ijiri (Kobe Univ.), Yoshihiro Furukawa (Tohoku Univ.)

千葉石は千葉県南房総市荒川から産出し、2011年に記載されたシリカクラスレート鉱物で、結晶構造中にメタンやエタンなどの炭化水素ガス分子を含むことが特徴である。その後、2013年の鉱物科学会年会において、世界で2番目となる千葉石の産地として「北部フォッサマグナ地域から産出した千葉石」の報告を行なった。その際、私有地内に位置する露頭の荒廃を懸念して詳細位置は伏せていたが、このたび、地元自治体において天然記念物に指定されたことから、改めて続報として報告する。

千葉石の産出が確認されたのは長野県小谷村沖で、母岩は後期中新世の前沢層に貫入した鮮新世の安山岩の小岩体である。この安山岩体は、破碎構造が顕著であり、一部は角礫状を呈す。安山岩の裂隙および角礫の間を埋めて方解石・石英脈が発達し、部分的には炭酸塩岩質の砂岩が取り込まれている。こうした特徴から、この火成岩体は、未固結の海底堆積物に貫入したハイアロクラスタイトと考えられる。周囲には、堆積岩層に貫入した類似の小規模な火成岩体がいくつか存在するが、顕著な破碎構造を示し、千葉石の産出を確認できたのは、今のところ1つの岩体だけである。

産出する結晶の大半は石英の仮晶に変化しているが、一部、未変質の千葉石が確認された。原産地の千葉石は室温にて立方晶系から正方晶系への対称性低下が見られたが、本産地の千葉石は、単結晶 X 線構造解析の結果、平均構造については、骨格構造の最高の対称性である $Fd\bar{3}m$ であった。しかし、差フーリエ図では、酸素原子の周囲に顕著に残差がみられ、酸素原子がその平均位置の周囲に統計的にディスオーダーすることで、ローカルな対称性は依然として $Fd\bar{3}m$ よりも低下していることが示唆される。ガスクロマトグラフ同位体質量分析計による分析の結果、千葉石中のガス分子のモル比は、メタン 55%、CO₂ 38%、その他 *i*-ブタン、プロパン、エタン、*n*-ブタンの順であった。メタンの $\delta^{13}C$ は -42.2‰ であった。この同位体比は、熱分解起源のメタンの同位体比 (およそ -25‰ ~ -50‰) と整合的である。

千葉石を産出した「沖岩体」そのもの、および「シリカクラスレート鉱物とその仮晶」の2件が、2021年4月に長野県小谷村の天然記念物に指定され、露頭の一部には盗掘を防止するための防護柵が設置された。

Keywords: chibaite, silica clathrate, pseudomorph, Fossa Magna

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

北海道手稲鉱山から産出した Mn^{2+} が卓越する安四面銅鉱

門馬綱一・(国立科博)・清水正明(北陸能開大)・

草葉陽子(国立科博)・大木良弥(日本地学研究会)

Mn-dominant variety of tetrahedrite from Teine mine, Hokkaido

Koichi Momma* (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Masaaki Shimizu (Hokuriku Polytechnic College),

Yoko Kusaba (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Yoshiya Ohki (Nippon Chigaku Kenkyu-kai)

四面銅鉱の結晶構造は歪んだソーダライト型とみなすことができ、空間群 $\bar{I}43m$, 一般構造式は $M(2)_6M(1)_6X(3)_4S(1)_{12}S(2)$ ($Z = 2$) と書ける。 $M(2)$ および $M(1)$ の双方を Cu^+ が主に占める種として、従来は安四面銅鉱 (tetrahedrite, $X = Sb$) と砒四面銅鉱 (tennantite, $X = As$) に分類されていた。しかし、電荷バランスを保つためには2価の陽イオンが必須であるため、それぞれの組成式は $Cu_6[Cu_4(Fe,Zn)_2]Sb_4S_{13}$, $Cu_6[Cu_4(Fe,Zn)_2]As_4S_{13}$ といった形で書かれていた。一般に、たとえある元素がいずれの結晶学的サイトにおいても卓越しない場合であっても、それが電荷バランス上必須の元素である場合、本質的な構成元素として鉱物種を分ける基準として扱うことが基本である。そこで、四面銅鉱グループにおいても、2価の陽イオンにより種名を細分化するよう命名規約が改定された (Biagioni, *et al.*, 2020)。従来の安四面銅鉱と砒四面銅鉱は、2 価の陽イオンとして鉄が卓越するものと、亜鉛が卓越するもの、双方が古くから知られているため、鉄安四面銅鉱と亜鉛安四面銅鉱、鉄砒四面銅鉱と亜鉛砒四面銅鉱に細分され、その他の2価陽イオンを主体とする種は新鉱物として扱われることとなった。その後、水銀安四面銅鉱などが報告されているが、このたび、2価イオンとして Mn^{2+} が卓越する安四面銅鉱を見出したので報告する。

試料は手稲鉱山のズリより採集された 2 個体

の石英片で、 Mn^{2+} が卓越する安四面銅鉱は石英中に 2mm 以下の結晶粒として点在する。共生鉱物は重晶石、黄鉄鉱、および微細な鉄砒四面銅鉱である。鉄砒四面銅鉱は常に黄鉄鉱に接する一方、安四面銅鉱は黄鉄鉱と直接接することはない、また個々の結晶粒には累帯や離溶組織は見られず均質であった。波長分散型の EPMA により決定した実験式は $[Cu_{5.99}Ag_{0.01}]_{\Sigma 6}[Cu_{4.20}(Mn_{1.73}Zn_{0.14}Fe_{0.05})_{\Sigma 1.12}]_{\Sigma 6.12}(Sb_{2.22}As_{1.78})_{\Sigma 4}S_{12.75}$ である。単結晶 X 線回折法による結晶構造解析を行い、信頼度因子 $R1 = 0.0098$ の結果が得られた。 Mn^{2+} は $M(1)$ サイトに入ることが確認され、これは他の四面銅鉱グループの傾向と調和的である。また、 $M(2)$ サイト (ワイコフ位置 $12e$) を占める Cu の一部は、 $24g$ の位置に統計的にディスオーダーしていることが確認された。

この鉱物は四面銅鉱グループの新種に相当すると考えられるため、申請を準備中である。

参考文献

Biagioni, C., George, L. L., Cook, N. J., Makovicky, E., Močlo, Y., Pasero, M., *et al.* (2020). *Am. Mineral.*, **105**, 109–122.

Keywords: tetrahedrite group, tetrahedrite, tennantite, Teine mine,

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

Oral presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Yoshihiro Nakamura, Shunsuke Endo

Fri. Sep 17, 2021 2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 1

[Chairperson]

Yoshihiro Nakamura: R8-07 - R8-11

Shunsuke Endo: R8-12 - R8-16

[R8-07] UHT metamorphic rocks from northern Mogok, Myanmar

Khaing Nyein Htay², *Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Bolgbaatar Dolzodmaa⁴, Ippei Kitano³, Zaw Htet⁴, Tatsuro Adachi¹, Masaaki Owada⁵ (1. Kyushu Univ. SCS, 2. GIM, Myanmar, 3. Tochigi Pref. Mus., 4. Kyushu Univ. ISGS, 5. Yamaguchi Univ.)

2:00 PM - 2:15 PM

[R8-08] Mixing and fluid-related processes in the slab-mantle interface during incipient subduction: records from the Dalrymple Amphibolite, Philippines

*Gabriel Theophilus Vinalay Valera¹, Tetsuo Kawakami¹, Betchaida Duetes Payot² (1. Kyoto Univ., 2. Univ. of the Philippines)

2:15 PM - 2:30 PM

[R8-09] Pressure-Temperature path of a pelitic gneiss from Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Tetsuo Kawakami¹, Masayasu Suzuki¹ (1. Kyoto Uni. Sci.)

2:30 PM - 2:45 PM

[R8-10] Uranium–Lead ages of grossular, titanite and apatite in a pelitic schist (Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica)

*Sota Niki¹, Tetsuo Kawakami², Tatsuro Adachi³, Masaaki Uno⁴, Fumiko Higashino², Takafumi Hirata¹ (1. Univ. Tokyo Sci., 2. Kyoto Univ. Sci., 3. Kyushu Univ., 4. Tohoku Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM

[R8-11] Counterclockwise and clockwise *P-T* histories recorded in a single sample? (Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica)

*Hayato Ikeda¹, Tetsuo Kawakami¹, Fumiko Higashino¹ (1. Kyoto Uni. Sci.)

3:00 PM - 3:15 PM

[R8-12] Non-barometric behaviour of Na pyroxenes in blueschist-facies metamorphic rocks

*Wataru J Yabuta¹, Takao Hirajima² (1. Non, 2. Kyoto Univ.)

3:30 PM - 3:45 PM

[R8-13] Crystal size distribution and compositional zoning of garnet formed by two-stage growth in the Kotsu eclogite and basic schist, Sanbagawa belt

*Otgonbayar Dandar¹, Atsushi Okamoto¹, Masaaki Uno¹ (1. Tohoku University. Graduate School of Environmental Studies)

3:45 PM - 4:00 PM

[R8-14] Formation of garnet aggregate of the Khungui eclogite in the Zavkhan Terrane, Western Mongolia

*Manzshir Bayarbold¹, Atsushi Okomata¹, Otgonbayar Dandar¹, Masaaki Uno¹, Noriyoshi

Tsuchiya¹ (1. Tohoku University)

4:00 PM - 4:15 PM

[R8-15] Occurrence of CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions in jadeite-bearing chlorite-grossular rock from the New Idria serpentinite body, California

*Rio Rio¹, Tatsuki Tsujimori¹ (1. Tohoku University)

4:15 PM - 4:30 PM

[R8-16] Garnet zoning in the Yukinoura serpentinite mé lange, the Nishisonogi metamorphic rock.

*Tadao Nishiyama¹, Koohei Unoki¹, Akira Yoshiasa¹ (1. Kumamoto Univ.)

4:30 PM - 4:45 PM

ミャンマー・モゴック北方に見出される UHT 変成岩

Khaing Nyein Htay (GIM, Myanmar)・小山内康人^{*}(九州大)・中野伸彦(九州大)・
Boldbaatar Dolzodmaa(九州大)・北野一平(栃木県博)・
Zaw Htet(九州大)・足立達朗(九州大)・大和田正明(山口大)

UHT metamorphic rocks from northern Mogok, Myanmar

Khaing Nyein Htay (GIM, Myanmar), Osanai, Y.^{*}(Kyushu Univ), Nakano, N. (Kyushu Univ),
Boldbaatar Dolzodmaa (Kyushu Univ), Kitano, I. (Tochigi Pref. Mus.),
Zaw Htet (Kyushu Univ), Adachi, T. (Kyushu Univ), Owada, M. (Yamaguchi Univ)

ミャンマーには、北部のチベット国境から南部のマレー半島基部を経てアンダマン海に至る南北を縦断するモゴック変成帯とよばれる狭長な変成岩分布域が存在する。同変成帯の中部に位置するマングレーおよびやや北方のモゴック付近から南部では、近年詳細な変成岩岩石学的、地質年代学的解析が盛んに行われ (Yonemura et al., 2013, Maw Maw Win et al., 2016, Ye Kyaw Thu & Enami, 2018 など), 800°C を越える高温のグラニュライト相変成条件と始新世～漸新世の変成年代が報告されていた。Yonemura et al. (2013) は、モゴック北部の Grt-Opx グラニュライトから最高変成温度を 950°C と見積もったが、これまでは超高温変成条件を示す典型的な変成鉱物組み合わせなどは見出されていない。

今回、モゴック北方のモーメイック地域から、新たに典型的な変成鉱物(組み合わせ)を含む超高温変成岩類が見出された。モーメイック地域の変成岩類は、各種大理石を主体とし、多様な石灰珪質岩や花崗岩質片麻岩、泥質片麻岩、苦鉄質片麻岩、コンダライト質片麻岩などが挟在する。本報告では、Spl-Qz 共生を含む Grt-Sil-Qz-Kfs 珪長質片麻岩(以下、コンダライト)、および超高温変成条件下で減圧により形成された Opx-Crd-Spl コロナ状シンプレクタイトを含む Grt-Opx-Crd-Sil グラニュライト(以下、GOC グラニュライト)についての解析結果を中心に報告する。

コンダライトは細粒優白質な珪長質変成岩で、Grt, Sil, Kfs, Qz を主成分とし、Spl, Crd, Mag, Ilm を含む。ゴンドワナ諸地域に見られる典型的なコンダライトとは異なり、Gr は認められない。こ

の岩石では、 $Grt + Sil = Spl + Qz$ の反応が顕著である。一部では、 $Spl + Qz = Crd$ の後退変成反応もみとめられる。Grt, Spl ともに極めて Fe に富み、Spl + Qz シンプレクタイト形成反応の分配係数は $\ln K = 0.02$ を示して Bohlen et al. (1986) の実験結果に極めて近い反応曲線が想定され、5.5 kbar 以上では 900 °C を越える超高温変成条件が得られる。

一方、GOC グラニュライトは極めて粗粒でミグマタイト質片麻岩中にレンズ状ブロックとして見出される。後退変成に伴う Bt を除き、極めてドライな条件下での形成が示唆され、Grt, Sil, Crd, Opx, Spl, Pl, Kfs, Qz から構成される。これらの鉱物は全てが平衡共存するわけではなく、部分熔融反応を伴う時計回りの減圧昇温過程で、(1) Opx + Crd, (2) Crd + Spl, (3) Opx + Spl などのコロナ状シンプレクタイトが連続的に形成された。各種温度・圧力計や変成反応曲線網、および残存 Bt のフッ素含有量などから見積もられた GOC グラニュライトのピーク変成条件は、5.5～8 kbar, 850～1000 °C であり、コンダライトの変成条件と一致する。

GOC グラニュライトについて、予察的に LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定を実施した。3100 Ma から 60 Ma のコンコールド年代を示す多様なインヘリテッドジルコンの存在が確認されるとともに、 26.56 ± 0.76 Ma の変成年代がコンコーディア年代として得られた。このような漸新世の変成年代(30～20 Ma)は、近年モゴック変成帯の主要な変成年代として認識されるようになり、同変成帯の一部は主要な変成作用時に約 6.5 kbar, 950 °C の超高温変成条件に達していたことが明らかになった。

Keywords: Mogok metamorphic belt, UHT metamorphism, Spl-Qz symplectite, Opx-Spl-Crd corona, Oligocene.

^{*}Corresponding author: osanai@scs.kyushu-u.ac.jp

Mixing and fluid-related processes in the slab-mantle interface during incipient subduction: records from the Dalrymple Amphibolite, Philippines

Gabriel Theophilus Valera^{1*}, Tetsuo Kawakami¹, Betchaida Payot²

¹Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University

²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines

The slab-mantle interface separates the downgoing slab from the mantle wedge in arcs. This shear zone is the locus of complex mechanical and fluid-related processes which control the chemistry of fluids and/or melts passing through. During incipient subduction, the slab-mantle interface is sometimes preserved at the base of the ophiolite as a high grade metamorphic sequence. In this study, we present the petrographic and geochemical signatures of the Dalrymple Amphibolite, a mélange sequence which occur at the base of the Palawan Ophiolite, Philippines. The block-and-matrix sequence is composed predominantly of metamafic blocks which record prograde metamorphism (~625 °C, 11.5 kbar to ~700 °C, 13 kbar) surrounded by a hybridized matrix with comparable peak metamorphic conditions (~700 °C and 13 kbar). The surrounding matrix share characteristics of both metamafic and metasedimentary blocks and is composed of kyanite+ilmenite±Ca-amphibole±biotite±garnet±epidote.

The edge of some amphibolite blocks adjacent to the matrix are characterized by enrichment in light rare earth elements (REEs), Th, U, Nb and Ta relative to their mid oceanic ridge (MOR) basalt protolith. Such enriched signatures follow an apparent mixing line connecting metamafic and metasedimentary blocks in the ternary Ni-Th-Rb diagram. The same trend is followed by surrounding matrix. This indicate that the edges of the blocks may have experienced substantial mixing with the surrounding matrix material during matrix-forming deformation events and before recrystallizing at peak *P-T* conditions. The Grt amphibolite block B214-21 furthermore, is cut by a Qz-Ky vein and contain local Al-rich zones composed of Ky and Ep. These Al-rich zones occur in the interstices of Hbl and Grt and were possibly once dilatant sites filled with fluids equilibrated with the matrix. Rutile grains included in the prograde mantle and rim of Grt porphyroblasts of this sample record an abrupt increase in Nb content (= 161-6664 ppm) compared to those in the Grt core (= 175-266 ppm). This possibly indicate the pre-peak *P-T* mixing processes during matrix formation.

The geochemical characteristics of the matrix largely mirrors the REE and extended trace element patterns of some metasedimentary blocks. This is marked by enrichment in light REEs and large ion lithophile elements such as Th and Pb in the MORB-normalized spidergrams. Notable differences between the metasedimentary blocks and matrix were however also observed. At a given FeO/MgO ratio, the matrix has lower Cl, Si and Sr content and higher concentrations of Th, Ni, Zr, Al and light REEs with respect to the matrix. The potential role of mechanical mixing between end member components, i.e. mafic basalt, sediments and ultramafics, and fluid infiltration in controlling the chemistry of the matrix will be investigated.

Keywords: slab-mantle interface, fluid infiltration, Dalrymple Amphibolite

Corresponding author: gtv.valera@gmail.com

東南極セール・ロンダーネ山地メニパに産する 高度変成岩の温度圧力履歴

河上哲生*・鈴木将晏(京大・院理)

Pressure-Temperature path of high-grade metamorphic rocks from Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

Tetsuo Kawakami*, Masayasu Suzuki (Kyoto Uni.)

東南極セール・ロンダーネ山地 (SRM) には、四国一島分程度の広さにわたり約 6-5 億年前の中部～下部地殻岩石が露出している。本地域は Main Tectonic Boundary (MTB) を境として、SW テレーンと NE テレーンに分けられる。変堆積岩類に含まれる碎屑性ジルコンの年代的制約に加え、SW テレーンの高度変成岩類が反時計回りの温度圧力 (P - T) 履歴を持つ一方、NE テレーンの高度変成岩類が時計回りの P - T 履歴を持つことから、約 650-600 Ma に NE テレーンが SW テレーン上に衝上したとされる[1]。[1]は、これが East African Orogeny で形成された岩石からなる Namuno Terrane (Nmn) と、Nampula Terrane (Nmp) の衝突時に起きた可能性が高く、MTB がその衝突境界であると考えた。

一方、[2]は SRM 東部のバルヒェン地域の変成温度圧力時間履歴がモザンビーク北部の Nmp の一部と類似することから、SRM は、Nmn などからなる北ゴンドワナと、Nmp や西ドロニングモード・ランドからなる南ゴンドワナの衝突 (Kuunga Orogeny) に伴って定置した巨大ナップの下盤側の一部であると考えた。このように、SRM を形成したテクトニクスについては諸説あり、その検証には、変成岩類の温度圧力時間履歴の解析を、SRM 全域にわたって広げる必要がある。

そこで本研究では SRM 中央部メニパ地域の変成温度圧力条件の推定を行った。試料は Bt-Sil-Grt 片麻岩で、直径 4 mm 程度のザクロ石を多数含む。ザクロ石は組織的なセクター構造を示すことが多く、Y によるゾーニングを用いてコアとリムに分けられる。主要元素はコアからリムに向かって Ca が減少し、Mg が若干増えるゾーニングを示す。コアは包有物に富み、マト

リクスに比して高い An 値を持つ斜長石が多数包有されるが Al_2SiO_5 鉱物は包有されない。リムには主として珪線石が包有され、藍晶石と珪線石がともに包有されるザクロ石も 1 粒存在した。マトリクスには珪線石のみが産する。コア・リムともにルチルが多数包有されることから、Zr-in-Rt 地質温度計[3]を適用したところ、コアのルチルは 1.0 GPa を仮定すると約 680-820°C、リムのルチルは約 0.9-1.15 GPa で約 750-870°C の温度を与えた。一方、ザクロ石と接する 2 次的な斜長石、黒雲母、ザクロ石リムの組成ペアにザクロ石-黒雲母地質温度計と GASP 地質圧力計[4]を適用すると約 0.38 GPa で約 610°C を得た。これらの条件間の履歴はまだ明らかではないが、時計回りに近い P - T 履歴が得られる可能性が高い。この変成作用の年代は、約 600 Ma である可能性が高く[5]、こうした P - T 履歴は[1]のモデルに合わない結果である一方、バルヒェン地域で得られている履歴[6]に近い。[2]の説が SRM 中央地域にも適応可能かどうかの検証には、本研究試料の *in situ* 年代決定に基づく詳細な P - T 履歴の構築とともに、SRM の他地域での、同様の成果が待たれる。

[1] Osanai et al. (2013) Precambrian Res. [2] Grantham et al. (2013) Precambrian Res. [3] Tomkins et al. (2007) JMG [4] Holdaway (2001) Am Min. [5] 仁木ほか (2021) 日本鉱物科学会講演要旨 [6] Higashino et al. (2013) Precambrian Res.

Keywords: collision zone, P - T path, granulite, crust

*Corresponding author,

t-kawakami@kueps.kyoto-u.ac.jp

東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する泥質片岩中の 灰礬柘榴石, チタン石および燐灰石ウラン-鉛年代

仁木創太(東京大), 河上哲生(京都大), 足立達朗(九州大), 宇野正起(東北大), 東野文子(京大), 平田岳史(東京大)

Uranium-Lead ages of grossular, titanite and apatite in a pelitic schist (Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica)

Sota Niki (Univ. Tokyo), Tetsuo Kawakami (Kyoto Univ.), Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.), Masaaki Uno (Tohoku Univ.), Fumiko Higashino (Kyoto Univ.), Takafumi Hirata (Univ. Tokyo)

局所年代測定法が適用可能な鉱物種は限定的であり, このことは様々な鉱物の年代値比較を通じた変成履歴の解明を妨げてきた. 特に柘榴石は変成条件の指標鉱物である一方, 低いウラン濃度のため局所年代測定が困難であった. しかしながら, 近年のレーザーアブレーション ICP 質量分析法(LA-ICP-MS)の改良[1-3]に伴い, 柘榴石を含む多種類の鉱物に対する正確かつ高精度な局所ウラン-鉛(U-Pb)年代測定が可能となった[4].

本研究では東南極セール・ロンダーネ山地(SRM)メーニパに産する泥質片岩に着目し, 三種類の鉱物(柘榴石; チタン石; 燐灰石)に対する LA-ICP-MS を用いた局所 U-Pb 年代測定を試みた. 泥質片岩中には主要構成鉱物として含 V 柘榴石(~0.6-21.2 wt%V₂O₃)が産し, その産状から Type 1-3 に分類される[5].

Type 1 は粗粒な緑色柘榴石部分である. 柘榴石の U 濃度は約 3 ppm であり, U-Pb 年代は 612.2±7.7 Ma (95%信頼区間)であった. Type 1 の外縁部にはケリファイト組織を示す Type 2 の細粒結晶が存在する. Type 2 の柘榴石は U をほぼ含まず, 同組織中の U 濃集鉱物はチタン石(300-600 ppm U)であった. その U-Pb 年代は 527±11 Ma (95%信頼区間)

であった. 更にケリファイトリム外縁部には Type 3 柘榴石が産するが U 濃度は低く, 燐灰石が U 濃集鉱物 (50-90 ppm U) として産する. 燐灰石の U-Pb 年代は 496.0±8.6 Ma (95%信頼区間)であった.

本研究試料中には 1 つの柘榴石分解組織中に SRM における 1 億年の歴史が記録されていると言える. 柘榴石の 612.2±7.7 Ma は柘榴石を形成した累進変成作用の時期であり, 燐灰石の 496.0±8.6 Ma は燐灰石 U-Pb 系の閉鎖温度(c.a. 500°C)に制約される冷却年代だと考えられる. チタン石の 527±11 Ma は Type 1 柘榴石が分解・再結晶した時期, もしくはチタン石 U-Pb 系の閉鎖温度(c.a. 600°C)に対応する冷却年代だと考えられる. 前者の場合, 約 530 Ma に貫入した花崗岩体[6]を熱源として再加熱が起こり, 流体活動が駆動され, 柘榴石と流体との反応によりチタン石が形成した可能性がある. 後者の冷却年代である可能性も検討し, 鉱物粒子内部での U-Pb 年代の分布から温度履歴再構築を試みる.

引用文献: [1] Hattori, K. et al., 2017, *JAAS*. [2] O-bayashi, H. et al., 2017, *JAAS*. [3] Makino, Y., Kuroki, Y., Hirata, T., 2019, *JAAS*. [4] Niki et al., 2021, *JpGU*. [5] Osanai, Y. et al., 1999, *Nankyoku Siryo*. [6] Erburg et al., 2016, *Jour. Geol.*

単一岩石中に反時計回りと時計回りの P - T 履歴が共存？： 東南極セール・ロンダーネ山地ブラットニーパネの例

池田勇人*・河上哲生・東野文子(京大・院理)

Counterclockwise and clockwise P - T histories recorded in a single sample? (Brattnipene, Sør Rondane Mountains, Antarctica)

Hayato Ikeda*, Tetsuo Kawakami, Fumiko Higashino (Kyoto Univ.)

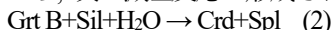
東南極セール・ロンダーネ山地には Gondwana 大陸形成時の下部地殻が露出している [1]. 同山地は Main Tectonic Boundary (MTB) を境として、時計回りの温度-圧力-時間 (P - T - t) 履歴と約 1200 Ma より古い碎屑性 U-Pb Zm 年代を示す高度変成岩類からなる NE テレーンと、反時計回りの P - T - t 履歴と約 1200 Ma より若い碎屑性 U-Pb Zm 年代を示す SW テレーンに区分される [2]. ブラットニーパネは同山地中央部の SW テレーンに属し、反時計回りの P - T 履歴が報告されてきた [3, 4]. 本研究では、ブラットニーパネ中指尾根から採取した、Grt-Sil-Bt 片麻岩 1 試料を用いて P - T 履歴の制約を行った。

本試料は主に Grt, Bt, Sil, Crd, Qz, Kfs, Pl からなり、副成分鉱物として Rt, Zm, Ap, Mnz, Po, Py, Gr を含む。面構造は Bt と Sil の配列で定義され、面構造と平行に石英リボンが発達する。本試料は、Pl が卓越する層と、Grt と Bt が卓越する層に区分できる。Pl が卓越する層に含まれる Grt A は粒径約 1 mm で、Sil を包有する。Grt A のリムは、Bt+Pl+Ky+Sil+Qtz+Rt の鉱物組合せに分解しており、

$\text{Grt A} + \text{Kfs} + \text{H}_2\text{O} \text{ or melt} \rightarrow \text{Bt} + \text{Pl} + \text{Ky} + \text{Sil} + \text{Qz} + \text{Rt} \text{ (1)}$ の減圧反応で形成されたと考えられる [6]. (1) の反応は先行研究 [3] で提案されている反時計回りの P - T 履歴の根拠の 1 つである。さらに Grt 直近ではより細粒な Bt + Pl に分解している。Ky+Sil を含む分解組織中に産する Rt (Cr~370 ppm, V~1900 ppm, Nb~8100 ppm) に Zr-in-rutile 地質温度計 [5] を適用すると、Ky/Sil 境界付近の圧力 (0.9 GPa) で約 770 °C の P - T 条件を得た。これは Grt A の分解反応の条件を記録していると解釈した。

一方、Grt と Bt が卓越する層に含まれる Grt B は粒径約 8 mm であり、Sil, Qz, Rt, Zm, Bt, Crd を包有する。Grt B に包有される Rt (Cr~150-290 ppm, V~1200-1900 ppm, Nb~430 ppm) に Zr-in-rutile 温度計 [5] を適用し、マトリクスの Sil と Qz と共存する Pl と Grt B に Grt-Als-Qz-Pl (GASP) 地質圧力計 [7] を適用すると、750-850 °C, 0.5-0.7 GPa の P - T 条件を得た。Grt B に包有される Sil の一部はクラ

ックでマトリクスに繋がっており、Grt B と Sil の間に局所的に薄い Crd+Spl の層が発達することから、次の減圧反応で形成されたと考える。



Grt B のリムには、Sil, Po, Bt, Rt を含む Crd+Qz のシンプレクタイトが発達する。Crd+Qz シンプレクタイトは Grt を消費して、減圧過程で形成されたと考える [6]. Crd+Qz シンプレクタイト中に産する Rt (Cr~370-580 ppm, V~1900-2200 ppm, Nb~310-370 ppm) からは、0.4 GPa を仮定すると 750-800 °C の T 条件が得られた [5]. さらに、Crd+Qz シンプレクタイトを切って、Bt+Pl+Sil インターグロウスが発達する。

また、両層に共通して、繊維状 Ky+Qz+Sil±Spl ±Po からなる脈状の鉱物集合体がマトリクスの結晶粒界に沿って、あるいは、Grt リムの分解組織を切るように発達する。本試料中に産する Rt はいずれも同程度の温度を示すが、産状による Cr, V, Nb 濃度の系統的な違いを有する。これは Rt 形成反応の違いを反映し、それぞれの Rt に Zr-in-Rt 地質温度計を適用して得た温度条件はそれぞれの Rt の形成温度を記録していると考えられる。

Grt A リムの分解組織は先行研究により提案されている反時計回りの P - T 履歴を示唆する一方、Grt B は Sil 安定領域内での減圧を伴う時計回りの P - T 履歴を示す。Grt B 形成時の P - T 条件は、Grt A の分解組織と比べて低圧かつ高温である。以上より、単一試料から時計回りの P - T 履歴と反時計回りの P - T 履歴を示唆する組織が得られた。ブラットニーパネからは時計回りの P - T 履歴は今まで報告がない。今後 2 種類の Grt の前後関係や形成年代を制約し、 P - T 履歴の全体像と、テクトニクスの解明を進める。

引用文献: [1] Jacobs et al., 2003, Precam. Res., 126, 27-53. [2] Osanai et al., 2013, Precam. Res., 234, 8-29. [3] Adachi et al., 2013, GSL, 383, 113-133. [4] Baba et al., 2013, Precam. Res., 234, 210-228. [5] Tomkins et al., 2007, JMG, 25, 703-713. [6] Spear et al., 1999, CMP, 134, 17-32. [7] Holdaway, 2001, Am. Min., 86, 1117-1129.

Keywords: continental collision, granulite, Zr-in-rutile geothermometry, trace element

*Corresponding author: ikeda.hayato.78c@st.kyoto-u.ac.jp

Non-barometric behaviour of Na pyroxenes in blueschist(BS)-facies metamorphic rocks

YABUTA Wataru*, HIRAJIMA Takao (Kyoto University)

We provide a report on the chemical compositions of Na pyroxenes (Na-Px) in low-grade metabasaltic and metasiliceous rocks and envisage the reaction relations involving them.

Na-Px provides premier pressure indicators applicable to a wide range of metamorphic rocks. Although thermodynamic modelings have been developed to reproduce natural mineral assemblages in most P-T ranges (Carpenter, 1980; Holland, 1983; Holland and Powell, 1996; Green et al., 2007; Diener and Powell, 2011), Jd-Di-Aeg ternary diagram is still under debate. Therefore, observations on natural occurrence have a crucial role in constraining such models.

The Hakoishi sub-unit (Kamimura et al., 2012), in the Yatsushiro area, Kyushu, Japan is represented by the intercalation of metachert and metabasaltic rocks in serpentinite melange. The metabasaltic rocks are characterized by the mineral assemblage of Pmp + Na-Px + Chl or Lws + Na-Amp + Pmp, with the latter Amp-bg. one representing higher grades. The sub-unit is interpreted as a former oceanic crust metamorphosed at 30 km depth (200-300 °C, 0.45-0.80 GPa; Sato et al., 2016). The metacherts in the study area are mixed with Fe/Mn ores to various extents.

In the metacherts, Na-Px occurs as acicular or fibrous grains, coexisting with Chl + Pmp, Chl + Lws or Lws + Ab in the Qz-rich part and Na-Amp + Pmt in the Fe-rich parts. In addition, Na-Px occurs as mono-mineralic veins, possibly synchronous to the matrix Na-Px. Generally, the Na-Px are Di-poor and show a variety of Jd contents, perhaps reflecting the Ca-poor nature of metacherts. With importance, 2 points characterise the observations: (1) chemical variations within a hand-specimen size ($X_{Jd} = 0.3-0.45$ in Qz-rich part and $0.15-0.25$ in Fe/Mn-rich parts) (2) strong correlation of Jd contents to the presence of Na-Amp ($X_{Jd} = 0.15-0.35$ in coexistence, $0.20-0.60$ in others).

Interestingly, this tendency is also the case for Na-Px in the metabasaltic rocks in the study area (Sato et al., 2016); Na-Px associated with Na-Amp is Jd-poorer than those in Na-amp-free samples even in the higher-grade area. We performed Schreinemakers' analysis of the phase relations in both metabasaltic rocks and metacherts to evaluate the effect of Na-Px compositions. The revised Schreinemakers' nets in the two systems suggested that the Na-Amp bearing assemblages (1) should occur in higher grades of the study area and (2) could have a stability field enlarged to lower-grade when Jd-poor (and Di-rich) compositions are assumed.

These observations demonstrate difficulty in determining representative compositions of Na-Px in low-grades and needs for further natural observations. As for now, we conclude that (1) Jd components of Na-Px in the Di-Poor Aeg-Jd system are affected by other associated minerals, even when coexisting with Ab and Qz and (2) Na-Amp effectively reduces Jd contents when coexisting with Na-Px, in BS facies.

keywords: Na pyroxene, Blueschist, Geobarometry, Schreinemakers' analysis

*corresponding author: YABUTA W. yabuta.wataru.25n@kyoto-u.jp

Crystal size distribution and compositional zoning of garnet formed by two-stage growth in the Kotsu eclogite and basic schist, Sanbagawa belt

OTGONBAYAR DANDAR^{1*}, ATSUSHI OKAMOTO¹, MASAOKI UNO¹

¹ Department of Earth Science, Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

The nucleation and growth history of crystals during metamorphism are recorded both as crystal size distribution (CSD) and compositional zoning from core to rim. In particular, the crystal size distribution of garnet has been investigated and modeled by relative rate of nucleation and growth, and coupled with diffusion. As garnet is commonly formed during prograde metamorphism, the incremental amount of the garnet growth at individual P-T conditions is essential information to elucidate the water release at the subduction interfaces. Conventionally, there are two type models on CSD; one is the nucleation and growth rates are defined as a function of time (e.g., Špillar V. & Dolejš D. 2013), and the other one is growth rate is defined as the size (Eberl et al., 1998). However, it is still uncertain which model is more appropriate, as the data aquations of CSD from thin sections and the composition of “true” core are very difficult due to the cut effects. In this contribution, we showed the detailed data showing the relationship between CSD and compositional zoning of garnet in the Kotsu eclogite and basic schist in the Sanbagawa metamorphic belt, Japan. This eclogite sample is suitable to this trial, because garnet grains show euhedral shape and record two-stage growth history composed of the core containing abundant mineral inclusions (epidote, plagioclase, chlorite, carbonate, titanite, quartz, and omphacite) and poor-rim.

The crystal growth of garnet in the eclogite is divided into two stages. The garnet grains are euhedral and composed of the inclusion-rich core (stage 1) and poor-rim (stage 2). The core shows prograde zoning (from core to rim), characterized by decrease of X_{Mn} (0.025 to 0.005), increase of X_{Mg} (0.06 to 0.12), decrease of X_{Fe} (0.65-0.55), and almost constant of X_{Ca} (0.27-0.35). The smaller cores have lower Mn and higher Mg contents, suggesting that nucleation at the later stage. All grains have an inclusion-poor rim showing Mn increase. Similarly, the crystal growth of garnet in the basic schist is divided into two stages: core showing increase of X_{Fe} (0.52-0.65) and rim displaying decrease of X_{Fe} (0.65-0.56). One of the interesting observations is a positive relationship between the diameter of the inclusion-rich core and the growth width of the inclusion-poor rim, meaning that the growth rate is proportional to the grain size. We will construct the nucleation and growth model to reproduce the CSD and the trend of growth zoning, and discuss the mechanism and water production history.

Keywords: Crystal size distribution, Compositional zoning, the Kotsu eclogite, Sanbagawa belt

*Corresponding author: dandar.otgonbayar.a7@tohoku.ac.jp

Formation of garnet aggregate of the Khungui eclogite in the Zavkhan Terrane, Western Mongolia

Manzshir Bayarbold^{*}; Atsushi Okamoto; Otgonbayar Dandar; Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Garnet is one of the most important minerals that records the dehydration process within the subduction zone. The chemical composition of garnet is usually used to constrain the P-T conditions, but the fluid chemistry and the amounts of fluids related to the garnet formation are not fully understood within the deep subduction zone. For example, previous studies suggested that the mobility of HFSE (Ti, Nb, and Ta) are high in the eclogite-facies conditions compared to the low-grade rocks (Chen et al. 2018). In this study, we report the novel texture of garnet aggregate from the Khungui eclogite in the Zavkhan terrane of western Mongolia. We reveal that the variation of garnet texture and compositional zoning is closely related to the occurrence of the distribution of Ti-bearing minerals (rutile, ilmenite, and titanite).

The Khungui eclogite consists of garnet, omphacite, quartz, amphibole (barrosite, taramite, hornblende), phengite, plagioclase, epidote, Ti-bearing minerals, with minor K-feldspar, zircon and carbonate mineral. Based on the mineral assemblage, three metamorphic stages can be classified: pre-eclogite, eclogite (2.0–2.1 GPa, 445–610 °C), and decompression (0.5–1 GPa, 540–615 °C). The eclogite stage is presented by garnet + omphacite + barrosite + epidote + phengite + rutile. Based on the garnet microstructure and modal abundances of minerals, the Khungui eclogite is composed of two-types of layers: layer I consists of garnet aggregate (GA), quartz and abundant Ti-bearing minerals whereas layer II composed of single garnet grain (SG) with epidote and omphacite. The major element (Fe, Ca, Mg, and Mn) compositional zoning of the GA shows asymmetric zoning whereas the SG shows symmetric zoning. The EBSD analysis reveals that the GA contains numerous small individual garnet grains that are separated by high angle orientations and the grain boundary of the GA is not controlled by the major element zoning. The GA has inclusions of rutile and shows the close spatial relationship with rutile, ilmenite, and titanite in matrix which are revealed through an analysis of thin section (Microscopy), element map (EPMA), and core sample (μ X-ray CT). In addition, each garnet grains of GA and SG show the concentric zoning of a trace element such as V, Ti and are increasing concentration core to rim. The GA was often fractured and shows the Mn-rich compositions along the fracture that is close to Ti-bearing minerals which reveals that they formed in order of rutile => ilmenite => titanite at the retrograde stage. These observations suggest that nucleation of garnet to form aggregate could be induced by infiltration V and Ti-rich aqueous fluid at the eclogite-facies condition, and also later fluid-infiltration caused the modification of garnet to form asymmetric compositional zoning of the GA and Ti-bearing minerals (ilmenite to titanite) at the exhumation stage.

Keywords: Garnet aggregation, Fluid infiltration, Ti-mobility, HP metamorphism

^{*}Corresponding author: bayarbold.manzshir.t1@dc.tohoku.ac.jp

References

Chen W, Xiong X, Wang J, et al (2018) TiO₂ Solubility and Nb and Ta Partitioning in Rutile-Silica-Rich Supercritical Fluid Systems: Implications for Subduction Zone Processes. *J Geophys Res Solid Earth* 123:4765–4782. <https://doi.org/10.1029/2018JB015808>

ニューイドリア蛇紋岩体産のひすい輝石を含む緑泥石-グロシュラー岩中のメタンと窒素を含む流体包有物

リオ*・辻森 樹 (東北大)

Occurrence of CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions in jadeite-bearing chlorite-grossular rock from the New Idria serpentinite body, California

Rio* and Tatsuki Tsujimori (Tohoku Univ.)

New Idria serpentinite body in California represents an exhumed forearc serpentinite containing jadeite precipitated in the mantle wedge. Jadeite-bearing chlorite-grossular rock found in the Clear Creek of the New Idria serpentinite is one of the metasomatic ‘jadeitite’ varieties with a botryoidal texture. The rock consists mainly of chlorite, grossular, and jadeite; irregular-shaped grossular aggregates and euhedral to subhedral jadeites occur in the chlorite-rich matrix. The brittle deformation features of the grossular aggregates suggest the grossular formation prior to jadeite. The characteristic botryoidal growth texture and mineralogical features of the rock indicate that the rock preserves an incipient formation process of jadeite in serpentinite.

We studied primary fluid inclusions hosted in jadeite and grossular in the jadeite-bearing chlorite-grossular rock. Jadeite crystals contain abundant, relatively large, two-phases liquid-rich inclusions (~1.5–6 μm in size) (Figure 1). The fluid inclusions are commonly isolated and/or form clusters with various shapes, including irregular, ellipsoid, and prismatic shapes. Over 200 Raman spectroscopy analyses have identified three groups of fluid inclusions comprising M, MN, and N-types. There were, however, no relations among the shape, size, and fluid types. Type-M (mixed CH₄-H₂O) and type-MN (mixed CH₄-N₂-H₂O) inclusions are found in jadeite crystals. The distribution of those two types of inclusions within a single jadeite crystal is random; they can be found next to each other. In contrast, type-N (mixed N₂-H₂O) inclusions occur characteristically in grossular. Although the type-MN inclusions are also found in grossular, no type-M was confirmed similarly in grossular.

N₂-rich fluids have been found in some mantle xenoliths and rare orogenic eclogites. However, they commonly coexist with CO₂-rich fluids. Despite CH₄-bearing aqueous fluids are very common in jadeite-rich (or -bearing) metasomatic rocks associated with serpentinite, N₂-bearing fluids seem extremely rare in the ‘jadeitite’ (*sensu lato*). H₂, CH₄, and N₂ gas mixtures have been reported from serpentinization-related hyperalkaline springs and/or olivine-hosted fluid inclusions in mantle wedge serpentinites. Recent studies notably concluded that the abiogenic CH₄ generation was linked with serpentinization. Naturally, the source of CH₄ of the New Idria jadeitite and the related-metasomatic rocks can correlate to a serpentinization process. In addition, previous geochemical studies of New Idria jadeitite revealed that the jadeite-forming fluids therein were derived from metasedimentary rocks. Considering the hypothesis, the N₂ was also most likely derived from the subducted sediments.



In this contribution, we will report the occurrence of the CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions and discuss the possible source of nitrogen. Our finding might bring new insights into the nitrogen cycle in the mantle wedge.

Figure 1. Primary aqueous fluid inclusion in a jadeite crystal.

Keywords: jadeite, fluid inclusion, nitrogen, methane, serpentine

*Corresponding author: rio.s2@dc.tohoku.ac.jp

西彼杵変成岩雪浦メランジュ中のザクロ石

の累帯構造

西山忠男*・鵜木康平・吉朝 朗（熊本大理）

Garnet zoning in the Yukinoura serpentinite mélange, the Nishisonogi metamorphic rock.

Tadao Nishiyama*, Kouhei Unoki and Akira Yoshiasa (Kumamoto U.)

九州西端西彼杵変成岩の雪浦メランジュは、マイクロダイヤモンドを産することから超高压変成作用で形成された蛇紋岩メランジュであることが明らかになった[1]。一方、メランジュ中のメタベイサイトや泥質砂質片岩中からは、マイクロダイヤモンド（およびコーサイト仮像）以外に超高压変成作用を示唆する鉱物は見いだされていない。そこで、これらの変成岩の形成条件を、ザクロ石の累帯構造により検討した。

雪浦メランジュでは、塊状蛇紋岩の一部に、泥質砂質片岩ならびに塩基性片岩が、大小さまざまの小岩体（最大 $200 \times 100 \text{ m}^2$ ）ならびにブロック（径 2~5m 大の構造岩塊）として含まれる。塩基性片岩の鉱物組み合わせは、ザクロ石 + Ca 角閃石 + アルバイト ± 緑簾石 ± 緑色黒雲母 ± フェンジャイト ± 緑泥石で、オンファス輝石仮像とローソン石仮像と思われる鉱物集合体が含まれる。ザクロ石中の包有物として、多量のチタン石が含まれ、まれに藍閃石とパラゴナ

イトが含まれる。ザクロ石はスペサルティン成分に乏しいアルマンディン-グロッシュュール系列の組成を有し、リムでグロッシュュール成分が最大 40% にまで増加する累帯構造を示す。

泥質片岩の鉱物組み合わせは、ザクロ石 + フェンジャイト + 緑泥石 + 緑簾石 + アルバイト + 石英で、ザクロ石の組成はコアで $\text{Alm}_{70}\text{Grs}_{25}\text{Sps}_5$ ~ $\text{Alm}_{60}\text{Grs}_{25}\text{Sps}_{15}$ 程度であり、リムで急激にグロッシュュール成分が増加し、 $\text{Alm}_{50}\text{Grs}_{40}\text{Sps}_{10}$ 程度となる。リムにおけるグロッシュュール成分の増加は、 $2 \text{ チタン石} + 2 \text{ クリノゾイサイト} + \text{石英} = 3 \text{ グロッシュュール} + \text{ルチル} + \text{H}_2\text{O}$ という反応で説明可能であり、この反応は右辺が高压である。このような顕著な圧力増加を示す累帯構造は西彼杵変成岩の他の地域のザクロ石では見られない。このことから雪浦メランジュが他地域の西彼杵変成岩より高压の条件を受けたことは間違いない。

[1] Nishiyama et al. (2020) Sci.Rept

Oral presentation

S1, S4: Earth materials science related to igneous processes and plate convergence region (Joint Special Session)

Chairperson: DYUTI PRAKASH SARKAR (Hiroshima Uni.), Morihisa Hamada (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

Fri. Sep 17, 2021 2:00 PM - 4:45 PM Zoom Session 3

[Chairperson]

Dyuti Prakash Sarkar: S1,S4-01 - S1,S4-04

Morihisa Hamada: S1,S4-05 - S1,S4-09

[S1,S4-01] Relationship of slow earthquakes to intraslab and inland earthquakes in the Nankai subduction zone

*Saeko Kita¹, Heidi Houston², Suguru Yabe³, Sachiko Tanaka⁴, Youichi Asano⁴, Takuo Shibutani⁵, Naoki Suda⁶ (1. BRI, 2. Univ. of Southern California, 3. AIST, 4. NIED, 5. DPRI, Kyoto Univ., 6. Hiroshima Univ.)

2:00 PM - 2:30 PM

[S1,S4-02] Depth profile of frictional properties inferred from cuttings obtained at the Nankai trough C0002 drilling site

*RIHO FUJIOKA¹, Katayama Ikuo¹, Kitamura Manami², Okuda Hanaya³, Hirose Takehiro⁴ (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. AIST, 3. Univ. of Tokyo, AORI, 4. JAMSTEC Kochi Institute)

2:30 PM - 2:45 PM

[S1,S4-03] Temperature dependence of direct effect on the friction of single-crystal muscovite from room to elevated temperature

*Hiroshi Sakuma¹, Diane Moore², David Lockner² (1. NIMS, 2. USGS)

2:45 PM - 3:00 PM

[S1,S4-04] Relationship between hydrothermal fluid-induced illite and void, and faulting process

*Jun-ichi Ando¹, Kouta Kojima¹, Kaushik DAS¹, Naotaka Tomioka², Seiichiro Uehara³ (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC · Kochi Core Center, 3. Kyushu Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM

[S1,S4-05] Influence of pore geometry and alteration minerals on seismic wave velocities of Epidosite collected from the Oman Drilling Projects

*Kumpei Nagase¹, Ikuo Katayama¹, Kohei Hatakeyama², Yuya Akamatsu¹, Keishi Okazaki³ (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. Meisei Uni., 3. JAMSTEC)

3:30 PM - 3:45 PM

[S1,S4-06] Fluid inclusions in calcite of serpentinite mud seamounts in the Mariana forearc

*Chihaya Yamamoto¹, Kento Kugimiya¹, Shinya Ishido¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Yuji Ichiyama² (1. Shizuoka Univ. Sci., 2. Chiba Univ. Sci.)

3:45 PM - 4:00 PM

[S1,S4-07] Diffusive fractionation of carbon isotopes in rhyolitic melt

*Akira Kawahara¹, Shumpei Yoshimura¹ (1. Hokkaido Univ. sci.)

4:00 PM - 4:15 PM

[S1,S4-08] Investigation of the magma evolution process inferred from major and trace element compositions of amphibole

*Ikuo Okada¹, Tomoyuki Shibata¹, Masako Yoshikawa¹, Hidemi Ishibashi², Takeshi Sugimoto³, Yasutaka Hayasaka¹ (1. Hiroshima Uni. , 2. Shizuoka Uni., 3. Geothermal Engineering Co., Ltd.)

4:15 PM - 4:30 PM

[S1,S4-09] Crystal habit change of groundmass pyroxenes depending on magma ascent paths revealed by single-step decompression experiments

*Shota Okumura¹, Satoshi Okumura², Akira Miyake¹ (1. Kyoto Uni. Sci., 2. Tohoku Uni. Sci.)

4:30 PM - 4:45 PM

紀伊半島下のゆっくりすべり，スラブ内地震と内陸地震

北佐枝子*（建築研，UC バークレ）、Heidi Houston（南カリフォルニア大）、
矢部優（産総研）、田中佐千子、浅野陽一（防災科研）

澁谷拓郎、須田直樹（広大・院先進理工）

Relationship of slow earthquakes to intraslab and inland earthquakes in the Nankai subduction zone

Saeko Kita* (BRI & UC Berkeley), Heidi Houston (USC), Suguru Yabe (AIST), Sachiko Tanaka,
Youichi Asano (NIED), Takuo Shibutani (DPRI, Kyoto Univ.), Naoki Suda (Hiroshima Univ.)

日本列島の陸プレートと海洋性プレートの境界では「ゆっくりすべり」と呼ばれる、継続時間の長い地殻変動現象が、東北沖及び南海トラフ等で発生していることが知られている。「ゆっくりすべりが発生すれば、その下の海洋性スラブ内での応力場や地震活動も変化する」と考え、紀伊半島下にて発生する短期的スロースリップイベントと呼ばれる繰り返し周期約6ヶ月のゆっくりすべり発生前後のスラブ内地震の観測データ（防災科研による発震機構解，気象庁一元化震源）約17年分の時間変化を調べた。なお，ゆっくりすべり(slowslip)は，深さ30-40km程度にて深部低周波微動(episodic tremor)も伴って発生するため，以下ETSとして記す。

得られた結果は下記の通りである。1) ETS発生前後のスラブ内の応力軸の変化を捉えられ，さらに応力軸の変化が ETS 発生域直下(5度)と比べ，より浅部の領域で大きいこと(12度)を見出した。また，その浅部の領域でも，ETS後にゆっくりすべりを示唆する地震活動が見られた。これらの結果は，測地学的研究(Kano and Kato, 2020)で報告のある ETS 後の浅部でのゆっくりすべりを，地震データ解析でも検出可能なことを意味する。また2) ETS 発生約1ヶ月前にスラ

ブ内地震の b 値のピーク及び発生個数の急激な上昇が見られた。これらの特徴は，流体注入による誘発地震の特徴[Bachmann et al. 2012]に似ており，スラブ内からプレート境界への流体の流入により ETS が発生することを意味すると考えられる。Ujiie et al. [2018]では，ゆっくりすべりの発生周期への石英脈形成の関与が指摘されており，ETS 前後でのスラブ内の応力軸の回転にも，石英脈の形成過程の関与があるかもしれない。

紀伊半島の内陸地震についても調べたところ，ETS後に活発になるクラスターも見つかった。さらなる詳細な解析により，流体を介した沈み込み帯における地震・地殻変動現象間の関係の解明が期待される(図1)。

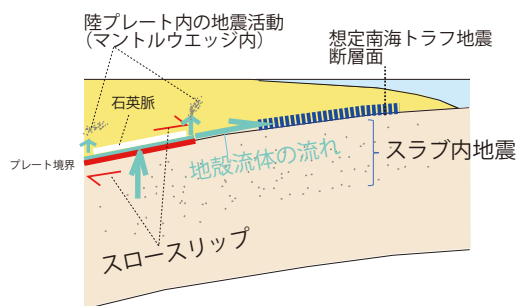


図 1: 紀伊半島下でのスロースリップ，スラブ内地震，マントルウエッジ内の地震活動と地殻流体との関係（概念図）

Key words: Slow earthquake, Intermediate-depth intraslab earthquake, Stress field, Quartz vein, b-value

Corresponding author: kita@kenken.go.jp

南海トラフ C0002 掘削地点でのカッティングス試料を用いた摩擦特性プロファイルの作成

藤岡里帆, 片山郁夫 (広島大・院理), 北村真奈美 (産総研),
奥田花也 (東京大・大気海洋研) 廣瀬丈洋 (海洋研究開発機構)

Depth profile of frictional properties inferred from cuttings obtained at the Nankai Trough C0002 drilling site

Riho Fujioka*, Ikuo Katayama (Hiroshima Univ. Sci.), Manami Kitamura (AIST),
Hanaya Okuda (Univ. of Tokyo, AORI), Takehiro Hirose (JAMSTEC)

南海トラフの地震発生メカニズムを解明するために、2007年から2019年にかけて、南海トラフ地震発生帯掘削計画(NanTroSEIZE)がIODPの一環として実施された。これまでの摩擦実験の研究では、IODP掘削計画で採取されたコアサンプルを用いて行われていたが(e.g., Takahashi et al.2014; Ikari et al.2018)、これらのサンプルは南海付加体の比較的浅い部分から採取されたものであった。本研究では、掘削地点C0002で海底下875~3262mから連続的に採取されているカッティングス試料に対し約50mごとに摩擦実験を行い、摩擦特性-深さプロファイルを作成した。

摩擦実験は広島大学設置の高温二軸摩擦試験機を用い、静水圧を想定した原位置と同じ有効垂直応力($\sigma_e = 9\text{--}34\text{ MPa}$)を設定し、海水を模擬したNaCl水溶液(0.5mol/l)を用いた含水条件下で行った。カッティングス試料をすりつぶし、粒径を106 μm 以下にそろえ模擬ガウジを作成した。すべり速度は3 $\mu\text{m/s}$ で定常状態に達した後、0.3、3、33 $\mu\text{m/s}$ の間で段階的に変化させた。この実験より、定常状態での摩擦係数、摩擦の速度依存性(a-b)および臨界すべり距離(Dc)を調べた。実験結果より摩擦特性-深さプロファイルを作成し、カッティングス試料の粘土鉱物総含有量(Underwood 2017)との比較検討を行い、摩擦

特性と粘土鉱物含有量の関連性を検証した。

摩擦係数 μ は海底下875~3262mにおいて $0.472 \leq \mu \leq 0.657$ の範囲であり、深さが深くなるにつれやや上昇する傾向が見られた。また、スメクタイトの含有量は深さとともに減少しているため、摩擦係数の深さ依存性はスメクタイトからイライトへの相転移に関係していると考えられる。南海トラフで得られた掘削試料を用いた先行研究(Takahashi et al., 2014, Ikari et al., 2018)の結果と比較すると、本研究で得られた摩擦係数は粘土鉱物の含有量が多いにも関わらず高めであった。これは、粘土鉱物のうちスメクタイト以外の鉱物含有量が多いためであると考えられる。一方、摩擦の速度依存性パラメータ(a-b)は $0.001 \leq a-b \leq 0.006$ の範囲となり、いずれの深さでも速度強化の性質を示した。これらの結果より、掘削地点C0002の摩擦特性は、粘土鉱物の種類や含有量に依存する可能性が高いことがわかった。また、摩擦の速度依存性が正であることから、掘削地点C0002は安定すべり領域であると考えられる。紀伊半島沖の掘削地点近傍で観測されているSlow Slip Events(Araki et al 2017, Yokota & Ishikawa 2020)は、本研究で明らかになった摩擦特性に起因する可能性がある。

Key words: Friction, Nankai Trough, Accretionary prism, clay minerals

*Corresponding author: m202543@hiroshima-u.ac.jp

室温から高温における単結晶白雲母の摩擦における 直接効果の温度依存性

佐久間博* (物材機構)、Diane Moore (USGS)、David Lockner (USGS)

Temperature dependence of direct effect on the friction of single-crystal muscovite from room to elevated temperature

H. Sakuma* (NIMS), D. Moore (USGS), D. Lockner (USGS)

Deformation in the crust often localizes along weak faults. Characterizing the frictional behavior of materials in faults is essential to understand the crustal dynamics. The rate and state friction (RSF) law (Dieterich 1979; Ruina 1983) achieved great success in characterizing the friction of simulated fault and gouges as a function of slip velocity and holding time. The RSF law is, however, semi-empirical and it is difficult to apply at temperatures and pressures beyond the experimentally tested ranges. To develop a non-empirical RSF law, the physics behind the semi-empirical parameters must be revealed.

We have studied the direct-effect parameter “ a ” which is the critical parameter in the RSF law for the response of the change in slip rate. The parameter has been interpreted as a thermally activated process at asperity contacts (Stesky 1978; Heslot *et al.*, 1994). Based on the process, the “ a ” value should increase with increasing temperature. Our velocity-stepping shear tests on single-crystal muscovite, however, indicate that the “ a ” value clearly decreases with increasing temperature from $\sim 25^\circ$ to 400°C . This implies that the thermally activated process may not be applied to the friction of muscovite.

We also conducted the non-equilibrium molecular dynamics simulations of single-crystal muscovite to reveal the behavior occurring at the contact area during the sliding. Simulation conditions are: 25 to 600°C , normal stress of 6 GPa, shear rate of 10^8 to 10^{12} s^{-1} . The “ a ” value is calculated by the difference in the steady state friction coefficient among different shear rates. The simulated “ a ” value decreases with increasing temperature at shear rate higher than 10^{10} s^{-1} . At shear rates $< 10^{10} \text{ s}^{-1}$, the simulated “ a ” values are constant independent of temperature. These results indicate that the physics of direct effect of single-muscovite may not be interpreted by the thermal activation theory.

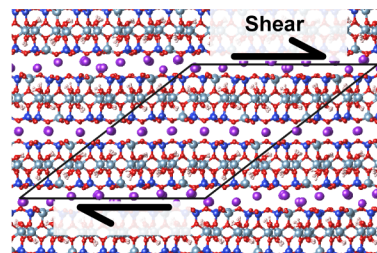


Fig. A snapshot of MD simulations

Keywords: direct effect, thermal activation process, mica, molecular dynamics, rate and state friction law

*Corresponding author: SAKUMA.Hiroshi@nims.go.jp

熱水流体に起因したイライトと空孔の形成および 断層発生過程との関係

安東淳一* (広島大), 児島巧太 (広島大), DAS Kaushik (広島大),

富岡尚敬 (JAMSTEC・高知コア研), 上原誠一郎 (九州大)

Relationship between hydrothermal fluid-induced illite and void, and faulting process

J. Ando* (Hiroshima Univ.), K. Kojima (Hiroshima Univ.), K. Das (Hiroshima Univ.),

N. Tomioka (JAMSTEC), S. Uehara (Kyushu Univ.)

【はじめに】 本研究では、地質調査と岩石の微細組織観察をもとに、熱水流体が関与したイライトの晶出と空孔の形成が断層形成に大きく関与した可能性を報告する。

【研究対象】 研究対象とした断層は、秩父帯南帯に属する三重県度会町内の塊状チャート岩体中に発達する。この断層は、塊状チャート岩体中央部に発達し、数 10 m にわたり直線的に露出する。

【地質調査の結果】 以下のことが明らかとなった。1) 塊状チャート岩体中には、スタイロライトシームと、スタイロライトシームから形成された幅約 0.5 mm から 1 cm 程度の白色バンドが無数に認められる。スタイロライトシームと白色バンド、それと研究対象とした断層の走向と傾斜は、ほぼ平行である。2) 断層から幅約 100 m の領域は、断層ダメージ帯となっている。未変形の塊状チャート部と断層ダメージ帯の間には、幅約 10 m の褶曲部が存在する。3) 断層近傍では、白色バンドを横ずれさせるリーデル剪断面が発達する。4) 断層面は、白色バンドが滑動して形成されている。

【微細組織観察の結果】 未変形塊状チャート、断層ダメージ帯のチャット、断層面を構成するチャートを採取し、偏光顕微鏡と SEM

を用いて微細組織観察を行った。また未変形塊状チャート、スタイロライトシーム、白色バンド、断層すべり面を構成する鉱物を同定するために XRD、EPMA および ATEM を用いて分析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。1) 未変形塊状チャート、スタイロライトシーム、白色バンド、断層面はそれぞれ、石英と緑泥石、緑泥石とイライト、石英と約 10 μm 以下のイライト、石英とイライトで構成されている。2) 白色バンドには、特徴的な組織として直径数 μm 以下の多数の空孔が認められた。3) イライトの結晶化度は、スタイロライトシームや白色バンドよりも断層面のものが良い。

【考察】 スタイロライトシームと白色バンドを構成するイライトは、未変形塊状チャート中には存在しないため、浸透してきた熱水流体から晶出したことがわかる。またスタイロライトシームは圧力溶解で形成されるため、白色バンド中に顕著に認められる空隙は、石英の溶解によって形成されたと考えられる。今回の研究では、白色バンドにはイライトと空隙が濃集している為に、塊状チャート岩体中内での弱面となり、リーデル剪断面や褶曲部で示唆される応力場において、断層を形成させた可能性が高い。

Keywords: Illite, Fluid, Fault, stylolite

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

オマーン陸上掘削プロジェクトで採取されたエピソードサイトの地震波速度に空隙形状と変質鉱物が与える影響

長瀬薫平, 片山郁夫 (広島大・院理), 畠山航平 (明星大・教育),
赤松祐哉 (広島大・院理) 岡崎啓史 (海洋研究開発機構)

Influence of pore geometry and alteration minerals on seismic wave velocities of Epidosite collected from the Oman Drilling Projects

Kumpei Nagase*, Ikuo Katayama (Hiroshima Uni. Sci.), Kohei Hatakeyama (Meisei Uni.),
Yuya Akamatsu (Hiroshima Uni. Sci.), Keishi Okazaki (JAMSTEC)

海洋地殻の含水化は沈み込み帯への水輸送に重要な役割を果たしている。特に、地震波速度が遅い海洋地殻浅部(Layer 2)には多くの水が割れ目中に存在していると考えられている(e.g., Detrick et al., 1994)。しかし、Layer 2 の最下部において例外的に V_p/V_s の低い領域が観測されており (Spudich and Orcutt 1980), 割れ目のようにアスペクト比が小さい空隙は岩石の V_p/V_s を増加させることが理論モデルから予想されているため、割れ目だけでは説明することができない。 V_p/V_s の低い領域を説明する要因として、(1) アスペクト比が大きな丸みを帯びた空隙、(2) 熱水変質の影響の二つが考えられる。オフィオライトにみられるエピソードサイトは熱水循環に伴って形成された多孔質な岩石であり、造岩鉱物の中でも特に低い V_p/V_s を示す石英を多く含んだ岩石であることから、低 V_p/V_s 構造と関連している可能性がある。そこで、本研究ではエピソードサイトの地震波速度(V_p/V_s)について空隙形状と変質鉱物に着目した物性測定と組織観察を行った。

研究にはオマーンオフィオライト陸上掘削プロジェクトのGT3A サイトで採取されたエピソードサイトとダイアベースを用いた。弾性波速度と空隙率の同時測定は容器内変形透水試験機を用いて常温で行い、間隙水圧は 1 MPa で一定にして、封圧を 3 MPa から 200 MPa まで段階的に上げた。実験後の回収試料は直径 6 mm に成形し、高知コア研究所設置のマикроフォーカス X 線 CT を用いて三次元での組織観察を行った。

ダイアベースは、封圧の増加に伴って空隙率が 1.5 % から 1.1 % まで減少し、P 波速度は 5.58 km/s から 5.81 km/s、S 波速度は 3.09 km/s から 3.32 km/s まで増加する結果が得られた。 V_p/V_s は加圧に伴って減少していく傾向が見られ、200 MPa における V_p/V_s は 1.75 であ

った。また、回収試料の三次元での組織観察からは割れ目のような空隙形状を示していることが確認された。エピソードサイトは、空隙率が 4.9 % から 4.8 % まで減少し、P 波速度は 5.43 km/s から 5.92 km/s、S 波速度は 3.33 km/s から 3.62 km/s まで増加する結果が得られた。 V_p/V_s はあまり変化せず、200 MPa における V_p/V_s は 1.64 であった。また、回収試料の組織観察からは丸みを帯びた空隙形状を示した。

実験試料のモード組成と各構成鉱物の弾性定数から固相の V_p/V_s を計算した結果、ダイアベースは $V_p/V_s = 1.73$ 、エピソードサイトは $V_p/V_s = 1.67$ と見積もられ、エピソードサイト化が岩石の固相の V_p/V_s を低下させている可能性を支持する計算結果が得られた。続いて、計算から求めた固相の V_p/V_s と封圧 200 MPa において実験で得られた V_p/V_s を比較することで、空隙の効果についての検討を行った。これらの比較から、実験で得られたダイアベースの V_p/V_s は固相の計算値に比べて高い値であったのに対して、エピソードサイトの V_p/V_s は固相よりも低い値を示した。空隙を含んだ実験試料の傾向は、空隙形状の違いを反映している可能性が高い。そこで、有効媒質理論で与えられる V_p/V_s の理論モデルと比較を行うことで空隙のアスペクト比を推定した。その結果、ダイアベースの空隙のアスペクト比は ~ 0.01、エピソードサイトのアスペクト比は ~ 0.1 と見積もられた。このように、実験結果と理論モデルの比較から得たエピソードサイトの空隙は丸みを帯びた空隙であることが示唆され、このことは、CT 観察から得られた空隙形状とも整合的であった。以上のことから、Layer 2 最下部の低 V_p/V_s は空隙形状の違いと苦鉄質地殻における変質の二つを反映している可能性が考えられる。

Key words: Epidosite, Pore geometry, Seismic wave velocities

*Corresponding author: kumpei-nagase@hiroshima-u.ac.jp

マリアナ前弧域の蛇紋岩泥海山岩石中の カルサイト中の流体包有物

山本千早^{1*}, 釘宮健人¹, 石戸慎也¹, 川本竜彦¹, 市山祐司²
(¹静岡大・理・地球科学, ²千葉大・理・地球科学)

Fluid inclusions in calcite of serpentinite mud seamounts in the Mariana forearc

Chihaya Yamamoto^{1*}, Kento Kugimiya¹, Shinya Ishido¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Yuji Ichiyama²
(¹Dept Geosciences, Faculty Science, Shizuoka Univ., ²Dept Geosciences, Faculty Science, Chiba Univ.)

We report chemical species, salinity and homogenization temperature of fluid inclusions in calcite in serpentinite mud seamounts in the Mariana forearc and provide constraints on the chemical composition of subduction fluids. Based on the obtained data, we suggest that the fluid inclusions represent saline fluids derived from the plate boundary.

はじめに：マリアナ海溝の前弧域では、いくつかの蛇紋岩泥海山の存在が確認されている。マリアナ沈み込み帯は非付加型であるため、蛇紋岩や流体が上昇する際に化学組成が陸源物質によって化学的に乱されない。また、蛇紋岩や流体は既に水-岩石相互作用を経験した断層に沿って上昇するため、プレート境界の流体の組成変動を最小限にすると考えられる (Salisbury et al., 2002, Proc Ocean Drill Prog). 流体包有物は鉱物中に流体が取り込まれた時の温度や化学組成などの情報を持つ。本研究は、マリアナ前弧域の蛇紋岩泥海山岩石中のカルサイトに含まれる流体包有物を分析し、沈み込み帯流体の化学組成に束縛条件を与える。

方法：Asùt Tesoru 海山と South Chamorro 海山で採取された蛇紋岩の礫・砂・泥を観察した。Asùt Tesoru 海山の試料は、IODP Exp.366 の掘削試料(U1496A), South Chamorro 海山の試料は、ODP Leg195 の掘削試料(1200E)である。両面研磨片を作成し、偏光顕微鏡を用いて炭酸塩鉱物と鉱物中の流体包有物を探した。続いて、ラマン分光分析を行い、ホスト鉱物はカルサイト、流体は水であると同定し、マイクロサームメトリー法により、流体包有物の塩濃度と均質化温度を測定した。

結果と考察：Asùt Tesoru 海山の試料から 22 点の流体包有物を分析し、塩濃度は 5.7 ± 1.9 (wt.% NaCl 当量)、均質化温度は $184 \pm 62^\circ\text{C}$ を得た。South Chamorro 海山は、38 点の流体包有

物の分析から、塩濃度は 3.7 ± 1.3 (wt.% NaCl 当量)、均質化温度は $280 \pm 46^\circ\text{C}$ を得た。これらの均質化温度は、この地域のプレート境界の温度に近い (Hulme et al., 2010, G-cube; Ichiyama et al., 2021, Lithos; Debret et al., 2019, Lithos; Maekawa et al., 1993, Nature; Pabst et al., 2012, Lithos) ので、流体包有物はプレート境界から上昇した塩水流体を取り込まれたものであると提案する。

Asùt Tesoru 海山と South Chamorro 海山の下のプレート境界の深さは 18km と 19km で、海溝軸からの距離も 72km と 78km で、ほぼ等しい (Debret et al. 2019, Lithos; Fryer et al. 2017, IODP Publications). 海溝軸からの距離に応じて蛇紋岩泥海山の間隙流体組成と鉱物相は変化する (Fryer et al., 2017, IODP Publications) ため、流体の塩濃度や均質化温度も海溝軸からの距離に応じて変化する可能性はある。両海山におけるプレート境界からの位置関係は類似しているが、それぞれの塩濃度の測定値には差があった。もう少しデータをとることで値の確実性が増し、より考察を深めたい。本地域では、ほかにも Fantangisña 海山と Yinazao 海山の二つの海山の掘削試料が入手でき、今後これらの蛇紋岩泥海山中の炭酸塩鉱物の流体包有物の観察を行うことで、海溝軸からの距離、プレート境界の深度と流体の塩濃度との関係をより詳細に解明したい。

Keyword : fluid inclusion, salinity, plate boundary, Mariana forearc, subduction zone fluids

*Corresponding author: yamamoto.chihaya.18@shizuoka.ac.jp

流紋岩質メルト中における炭素同位体の拡散分別

川原 爽*・吉村俊平（北海道大学）

Diffusive fractionation of carbon isotopes in rhyolitic melt

Akira Kawahara*, Shumpei Yoshimura (Hokkaido Univ.)

We measured diffusivity of $^{12}\text{CO}_2$ and $^{13}\text{CO}_2$ in dry and hydrous rhyolitic melts. We found that diffusive fractionation occurred significantly between $^{12}\text{CO}_2$ and $^{13}\text{CO}_2$ in hydrous rhyolitic melts, while it did not occur in dry melts.

揮発性成分を含むマグマが上昇すると、圧力が低下し発泡が起こる。このとき、一つの揮発性成分でも複数の同位体が存在し、それらの間で拡散速度が異なることから、短時間の間に同位体分別（拡散分別）が起こることが知られている（e.g., Fortin et al., 2017）。主要な揮発性成分である CO_2 についても、 $^{12}\text{CO}_2$ と $^{13}\text{CO}_2$ の間で拡散分別が起こり (Watson, 2017)、全地球の炭素循環などに重大な影響を及ぼす可能性があるが、その有無や程度は全く不明である。そこで本研究では、①FT-IR を用いた超低濃度 $^{13}\text{CO}_2$ の定量分析法の開発、②流紋岩質ガラスへの CO_2 の拡散実験の2つを行い、 $^{12}\text{CO}_2$ と $^{13}\text{CO}_2$ の拡散分別が起こるかどうかを検証した。

<手法>

和田峠産の流紋岩質黒曜石を 750–1000°C、6–100 MPa の条件で $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 混合流体または純粋 CO_2 流体中に 24–576 時間保持し、 CO_2 を拡散させた。そして、FT-IR を用いて試料内部の $^{12}\text{CO}_2 \cdot ^{13}\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の濃度分布を分析した。 $^{13}\text{CO}_2$ は 2280 cm^{-1} に吸収帯をもつことが知られているが (Ihinger et al., 1994)、その濃度はあまりに低いた

め、従来はこれを測定することは困難であった。本研究では光学系と試料室を真空排気できる FT-IR を使い、 $50 \times 50\text{ }\mu\text{m}$ のビームで積算回数を 1024 回まで増やすことで、濃度 0.3 ppm の $^{13}\text{CO}_2$ を ± 0.01 ppm(3%)の精度で測定できるようにした。

<結果>

純粋 CO_2 を用いた実験では、ガラス含水量は 0.1 ~ 0.2 wt% であった。 $^{12}\text{CO}_2$ の拡散係数は $5.15 \times 10^{-14}\text{ m}^2/\text{s}$ (750°C) ~ $1.57 \times 10^{-12}\text{ m}^2/\text{s}$ (1000°C)、活性化エネルギーは 148 kJ/mol であった。これは、同様の実験を行った Blank (1994) の結果とほぼ一致していた。また、 $^{13}\text{CO}_2$ の拡散係数は $^{12}\text{CO}_2$ の値とほぼ等しく、有意な拡散分別は認められなかった。一方、 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 混合流体を用いた実験ではガラス含水量は 0.3~3.0 wt% であった。このとき $^{13}\text{CO}_2$ と $^{12}\text{CO}_2$ で拡散プロファイルの形状は大きく異なり、 $^{13}\text{CO}_2$ の拡散係数の方が 18~30% ほど低く、拡散分別が起こっていることが判明した。このことから、含水量の違いが $^{13}\text{CO}_2$ と $^{12}\text{CO}_2$ の拡散分別に影響を与えていることが示唆され、現在検証を行っている。

Keywords: CO_2 , diffusive fractionation, silicic melt

*Corresponding author: kawahara.akira.s3@elms.hokudai.ac.jp

角閃石の主要元素・微量元素組成を用いた マグマの進化過程の解明

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

Investigation of the magma evolution process inferred from major and trace element compositions of amphibole

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

斑晶鉱物の化学・同位体組成は、平衡共存するメルトの物理化学的特性を記録するため、マグマの進化過程のある時点での情報を提供する。最近、多変量回帰分析を用いることで、相平衡論に基づいた伝統的なメルトの物理化学的特性の推定の限界を超える、成果が報告されるようになった。例えば、高温高压実験データを多変量回帰分析することで、角閃石の主要元素組成から晶出時の温度・圧力やメルトの主要元素組成を推定する方法が提案され (e.g., Putirka 2016; Ridolfi & Renzulli 2012; Zhang et al., 2017), これらを火山噴出物中の角閃石に適用する試みが精力的に行われている (e.g., Nagasaki et al., 2017; 石橋ほか 2021)。さらには、組成依存性が高く推定困難であった角閃石・メルト間の微量元素の分配係数も高温・高压実験の多変量回帰分析で推定することが可能となった (Shimizu et al., 2017; Humphreys et al., 2019)。我々は、これらの新たに開発された手法を統合して用いることで、マグマの進化過程のある時間微分における、温度・圧力、主要元素・微量元素組成を推定することを目的に、九州北東部に位置する第四紀由布火山の安山岩中の角閃石の主要元素・微量元素組成を分析した。また、角閃石の微量元素組成分析にあたって、LA-ICP-MS による局所分析法を確立した。角閃石の主要元素組成は EPMA で分析した。

由布火山の安山岩中の角閃石は、相対的に Si に乏しいグループ (5.8-6.2 atomic per formula unit (apfu)) と富むグループ (6.5-7.0 apfu) に分けられ、これらのグループは同一安山岩中に共存する。本研究では、前者を pSi、後者を rSi と呼ぶ。推定した角閃石の晶出温

度圧力条件、および共存メルトの主要元素組成は、pSi が 356–600 MPa, 932–1016°C、玄武岩質からデイサイト質 ($\text{SiO}_2 = 52.3\text{--}62.9 \text{ wt.}\%$) で、rSi が 73–221 MPa, 773–846°C、流紋岩質 ($\text{SiO}_2 = 72.2\text{--}80.3 \text{ wt.}\%$) でそれぞれ異なる範囲が得られた。始原的のマントル規格化パターン (PM パターン) 図において、pSi と rSi と平衡なメルト (以下 pSi メルトと rSi メルトと呼ぶ) は両者とも LIL 元素に富み、HFS 元素が枯渇した典型的な島弧マグマの特徴を示す。しかしながら、pSi メルトは正の Sr の異常と相対的に高 Sr/Y 比 (90–180) で特徴づけられるのに対し、rSi メルトは負の Sr の異常と低 Sr/Y 比 (24–42) を示す。pSi メルトの PM パターンや Sr/Y 比はアダカイトの特徴を持つ姫島火山群のデイサイト (Shibata et al., 2014) と類似する。一方、rSi メルトは姫島火山群の流紋岩 (Shibata et al., 2014) や九重火山の大規模噴火由来のテフラ中の火山ガラス (Albert et al., 2019) と類似する。この類似性は、大規模噴火を起こしうる珔長質マグマの成因として一般的に地殻物質の部分溶融が考えられている (e.g., Kimura et al., 2015) ことから、rSi メルトも地殻物質の部分溶融が起源であると考えられるかもしれない。

以上のことから、由布火山下では、アダカイト質マグマと地殻溶融を起源とするマグマが、それぞれ、異なる深度と温度で存在し、これらマグマの混合が由布火山のマグマ進化に関与していると考えられる。これらのことから、角閃石の主要元素・微量元素組成は複雑なマグマプロセスを経て生成されたマグマの起源を知る上で強力な地球化学的ツールであることを示すと考えられる。

Keywords: amphibole, magma evolution, magma mixing, P-T conditions, Yufu volcano

*Corresponding author: ikuko-okada@hiroshima-u.ac.jp

火道上昇履歴に応じた石基輝石晶相変化の実験的検証

奥村翔太(京都大), 奥村聡(東北大), 三宅亮(京都大)

Crystal habit change of groundmass pyroxenes depending on magma ascent paths revealed by single-step decompression experiments

Shota OKUMURA*(Kyoto Univ.), Satoshi OKUMURA (Tohoku Univ.), Akira MIYAKE (Kyoto Univ.)

近年、マグマの火道上昇中にレオロジーや脱ガス機構が噴火様式に影響することが指摘されている^[1]。この噴火様式分岐条件の理解に重要な上昇履歴は、噴火噴出物の結晶数密度といった岩石組織に記録されている。一般的には減圧脱水で生じた実効過冷却度の増加とともに核形成速度は上昇するが、上昇速度が速すぎることによって結晶数密度が却って低くなる場合があり、桜島大正噴火(プリニー式)の軽石はその一例であると考えられている^[2]。すなわち、このような噴火では結晶数密度から上昇速度を制約できない可能性があるため、他の岩石組織から制約することが求められる。一方で、新燃岳 2011 年噴火(サブプリニー式、ブルカノ式)における研究から、我々は石基輝石結晶の晶相(結晶面の組合せ)が上昇に伴う過冷却度の指標になりうることを示唆した^[3]。サブプリニー式噴火では{110}, {010}からなる六角柱状の石基輝石が多く含まれる一方、ブルカノ式噴火ではさらに{100}が追加された八角柱が主であった。他方、桜島大正噴火において、結晶に富む軽石は六角柱に富んでいたが、結晶に乏しい軽石中からは{110}の卓越した四角柱を確認し^[4]、過冷却度の増大に伴って石基輝石結晶の面の種類が減少することを示唆した。しかしながら、その実験的検証は未だ行われていない。

そこで本研究では、桜島大正軽石を用いた減圧結晶化実験を行い、回収物の石基輝石晶相を観察した。実効過冷却度に応じた晶相変化を明らかにし、マグマ上昇過程の指標として石基輝石晶相が有用か考察した。

減圧実験は東北大学所有の外熱式水熱合成装置で行った。出発物質として、桜島大正軽石の欠片と、それらを完全溶融させた均質なガラスの2種類を用いた。それぞれ Au パイプに水と封入したものを実験試料として、

Keywords: pyroxene, crystal habit, decompression experiment, Sakurajima volcano

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

NNO±1の酸化還元環境、120 MPa, 920 °Cの状態から、等温急減圧(終端圧 120–10 MPa)して保持し、急冷回収した。実験回収物に対して、電界放出形走査型電子顕微鏡による石基輝石結晶の粒径・形状分析を行った。

観察の結果、軽石を出発物質とした実験回収物では、減圧量が大きくなるにつれて輝石晶相が八角柱から六角柱へと変化した。溶融ガラスを出発物質とした実験回収物では、120 MPa で保持して急冷回収した場合は六角柱が主であり、終端圧 10 MPa の回収物では四角柱が主であった。

実験結果から、過冷却度が大きくなるにつれて晶相が八角柱⇒六角柱⇒四角柱へ変化することが確認された。この結果は、結晶に乏しく四角柱が特徴的な桜島軽石のほうが、結晶に富み六角柱が特徴的な軽石よりも過冷却度が高かったことを示唆し、マグマ上昇速度の違いに言及した先行研究^[2]を実証した。一方、天然試料で確認された四角柱の晶相は、溶融ガラスでないとは再現できなかった。この結果は、減圧前の結晶の有無に起因すると考えられる。すなわち、減圧直後に新たに核が形成するよりも先に既存結晶が成長したことで、系に生じた実効過冷却度が緩和されたと推察される。このことは、大正噴火の一部のマグマが、石基結晶に極めて乏しい均質なメルトの状態から一気に上昇したことを示唆する。石基輝石晶相は、火道での停滞のような複雑な上昇履歴を制約する手掛かりにもなることが期待される。

[引用文献]

¹Cassidy *et al.* 2018, *Nat. Commun.*, **9**, 2839.

²Nakamura 2006, *J. Miner. Petrol. Sci.*, **101**, 178–198.

³奥村ほか 2019, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会.

⁴奥村ほか 2020, 日本鉱物科学会 2020 年年会.

[謝辞] 本研究は、日本科学協会の笹川科学研究助成による助成を受けたものである。

Oral presentation

R5: Extraterrestrial materials

Chairperson: Tomoki Nakamura, Yusuke Seto, Shogo Tachibana

Sat. Sep 18, 2021 9:00 AM - 12:15 PM Zoom Session 2

[Chairperson]

Yusuke Seto, Shogo Tachibana: R5-01 - R5-06

Shogo Tachibana, Tomoki Nakamura: R5-06 - R5-13

[R5-01] Comparative consideration of Earth's mineral from three major events: Solid formation of other celestial bodies

*Yasunori Miura¹ (1. Yamaguchi University/Graduate Science (Post))

9:00 AM - 9:15 AM

[R5-02] Crystallographic orientation analysis of olivine in dunitic achondrites: Magmatic crystallization and deformation in protoplanets

*Takashi Mikouchi¹, Atsushi Takenouchi², Akira Yamaguchi³, Masahiro Yasutake⁴, Anthony J. Irving⁵ (1. Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ., 3. NIPR, 4. JASRI, 5. Univ. of Washington)

9:15 AM - 9:30 AM

[R5-03] Igneous body of quenched angrites in comparison with komatiites

*Hideyuki Hayashi¹, Takashi Mikouchi² (1. EPS, U. Tokyo, 2. UM, U. Tokyo)

9:30 AM - 9:45 AM

[R5-04] Constraints on the cooling rate recorded by silica minerals using Mesosiderites

*Haruka Ono¹, Atsushi Takenouchi², Takashi Mikouchi³, Akira Yamaguchi⁴, Naoji Sugiura¹ (1. Chiba Inst. Tech., PERC, 2. Kyoto Univ., Museum, 3. Univ. of Tokyo, Museum, 4. NIPR)

9:45 AM - 10:00 AM

[R5-05] Multi-probe microscopy analysis of NWA 10153 and NWA 6148

*Kakeru Kukihara¹, Masaaki Miyahara¹, Akira Yamaguchi², Yoshio Takahashi³, Yasuo Takeichi⁴, Naotaka Tomioka⁵, Eiji Ohtani⁶ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. NIPR, 3. Tokyo Uni. Sci., 4. KEK, 5. JAMSTEC, 6. Tohoku Uni. Sci.)

10:00 AM - 10:15 AM

[R5-06] Evaluation of Fe valence state change in plagioclase by shock events as inferred from micro-XANES analysis

*Wataru Satake¹, Takashi Mikouchi², Kousuke Kurosawa¹, Haruka Ono¹, Takafumi Niihara², Takafumi Matsui¹ (1. CIT, 2. Univ. Tokyo)

10:15 AM - 10:30 AM

[R5-07] Shock recovery experiments of jarosite

Kohei Kawano², *Masaaki Miyahara¹, Takamichi Kobayashi³, Toshimori Sekine⁴, Hiroki Suga⁵, Yoshio Takahashi⁶ (1. Hiroshima Uni., 2. Sci. Hiroshima Uni., 3. NIMS, 4. Osaka Univ., 5. JASRI, 6. Univ. of Tokyo)

10:45 AM - 11:00 AM

[R5-08] Shock features in Antarctic H6 chondrites

*Atsushi Takenouchi¹, Akira Yamaguchi^{2,3} (1. The Kyoto Univ. Museum, 2. NIPR, 3. SOKENDAI)

11:00 AM - 11:15 AM

[R5-09] Construction of a multi-element XANES library of layered silicates used for water metamorphism analysis in meteorite mother celestial bodies

*Kosuke Inoue¹, Keisuke Fukushi¹, Hiroki Suga³, Yoshio Takahashi², Takahiro Kawai², Yasuo Takeichi⁴ (1. Kanazawa Uni.Sci, 2. Tokyo Uni.Sci, 3. SPring-8, 4. KEK)

11:15 AM - 11:30 AM

[R5-10] The application of the XAFS method and oxidative hydrothermal alteration experiments from reproduced I-type cosmic spherules

*Huimin Shao², Hiroshi Isobe¹, Ginga Kitahara², Akira Yoshiasa¹ (1. Kumamoto Univ., 2. Kumamoto Univ., Grad. Sch. Sci. Tech)

11:30 AM - 11:45 AM

[R5-11] Hydration process of amorphous silicate nanoparticles analyzed by quasielastic neutron scattering at high temperature

*Takuo Okuchi¹, Naotaka Tomioka², Yusuke Seto³, Yuhei Umeda¹, Takeshi Yamada⁴, Hiromu Tamatsukuri⁵, Kaoru Shibata⁵ (1. Kyoto Univ., 2. JAMSTEC, 3. Kobe Univ., 4. CROSS, 5. JAEA)

11:45 AM - 12:00 PM

[R5-12] Oxygen isotope exchange experiments between Ca-, Al-rich inclusion (CAI) melt and carbon monoxide gas

*Daiki Yamamoto¹, Noriyuki Kawasaki², Shogo Tachibana³, Michiru Kamibayashi³, Hisayoshi Yurimoto² (1. JAXA, 2. Hokkaido Univ., 3. Univ. of Tokyo)

12:00 PM - 12:15 PM

地球鉱物の三大極限現象の対比考察:地球外の固体形成

三浦保範 (元山口大)

Comparative consideration of Earth's mineral from three major events: Solid formation of other celestial bodies

Yasunori MIURA (Post Yamaguchi Univ.)

Regional and global phenomena by extreme phenomena in Earth's and other planets etc. are discussed, where the Earth is involved in all types. The formation of global system is predicated on the existence of ocean system. Carbonated sedimentary rocks remain on the Earth. Research and exploration of "uniqueness of celestial materials" are expected in the future works by comparative analyses.

はじめに: 昨年の本学会で地球の基本物質の鉱物の固体物質は流動的な大気圏と海洋圏と反応して本惑星活動の一部を残す固体圏であること、その主反応に炭素含有物が活動して固体圏に残存すること、海水圏のない他惑星（月、火星、小惑星）にも炭素含有物が残存することを報告した。本件では地球の三大現象の活動から固体残存物で形成することを他天体物質と対比的に検討する。

固体鉱物の極限生成条件の分類: 天然現象で極限現象は三大現象（隕石衝突、地震、火山）が地球にすべて発生して変動をしている。他天体では天体衝突と内部振動が主体で火山は各天体で制限される（Table 1）。

極限現象と固体システム圏: 極限三大現象（隕石衝突、地震、火山）はその箇所の「局所現象」で不活動天体では全圈的となる。

海水圏による全圈的固体層の形成: 全圈的な固体圏の形成は海水圏の存在が前提で、地球には大規模な堆積層（石灰岩、砂岩、頁岩）が報告されている。特に石灰岩は炭素含有物が大量に広範囲に関与している。

Keywords: Earth's minerals, Water-system, Carbonate rock, Material differences. yasmiura50@gmail.com

Table 1. Extreme event of Earth and other bodies [1].

Event	Planet and others	Extreme event
Impact (Sky)	Earth , the Moon, Mars, Asteroids	Asteroids (meteorite) Impacts
Quake (Solid)	Earth , the Moon, Mars	Interior quakes (with & without ocean system)
Volcano (Eruption)	Earth (Ocean), Mars (Solid)	Surface (rocks, ocean)

天体の各物質モデルの展開: 天体の軌道観測で天動説が解明された。今後は物質面からの「天体の独自性」が研究や探査などで期待される。

まとめ: 本件は下記のようにまとめられる。

- 1) 天然現象で極限現象には局所と広範囲な現象があり、地球は全てに関与している。
- 2) 全圈的固体圏の形成は海水圏の存在が前提である。地球には堆積層の炭酸岩が残存している。
- 3) 「天体物質独自性」の対比的な研究探査議論などが今後期待される[1-3]。

参考文献: [1] 三浦保範 (1996) 「衝撃波ハンドブック」 (シュブ リンガーフェアラーグTokyo), 1073-1209. [2]

Miura Y. (2018) IMA-2018 (Melbourne, Australia) 2039. [3] Miura Y. (2021) JpGU, PPS04-P18 (Yokohama).

カンラン岩質エコンドライト隕石のカンラン石結晶方位解析： 原始惑星でのマグマ結晶化・変形過程の検証

三河内 岳* (東大・総研博／院理)、竹之内 惇志 (京大・総博)、安武 正展
(高輝度光科学研究センター)、山口 亮 (国立極地研)、Anthony J. Irving
(ワシントン大・地球宇宙科学)

Crystallographic orientation analysis of olivine in dunitic achondrites: Magmatic crystallization and deformation in protoplanets

Takashi Mikouchi* (Univ. of Tokyo), A. Takenouchi (Kyoto Univ.), M. Yasutake (JASRI),
A. Yamaguchi (NIPR), A. J. Irving (Washington Univ.)

はじめに: マグマ溜まり中での結晶集積過程やその後の変形過程により鉱物粒子に結晶方位の配向性が見られることは地球では一般的である。原始惑星起源のカンラン岩質エコンドライト中のカンラン石にも同様の報告がなされており、特にブラチナイトのカンラン石には形態定向配列 (SPO) と結晶方位定向配列 (CPO) が普遍的に見られることが明らかになっている (Hasegawa+ 2017 など)。近年、サハラ砂漠およびその周辺から多くのブラチナイトおよびカンラン岩質で *ungrouped* のエコンドライト隕石が発見されていることから、原始惑星で起こったマグマ結晶化および変形過程の多様性をさらに理解するためにこれらの隕石合計 14 試料中のカンラン石結晶方位解析を新たに行った。

試料と分析手法: 本研究で分析した試料は、11 個のブラチナイト (NWA 3151, NWA 4872, NWA 4874, NWA 4876, NWA 4882, NWA 5969, NWA 5971, NWA 6349, NWA 6474, NWA 7388, NWA 7605) および 3 個のカンラン岩質で *ungrouped* のエコンドライト (NWA 6077, NWA 6962, NWA 13446) で、それぞれの薄片試料の数 $\text{mm}^2 \sim 2 \text{ cm}^2$ ほどの領域を FE-SEM (国立極地研 JEOL JSM-7100M) に付属した EBSD 分析装置で分析した。得られたカンラン石の結晶方位 (空間群: P_{6mm}) は AZtec ソフトで解析し、1 結晶につき 1 方位データとした。それぞれの試料で解析したカンラン石結晶数は 238 個～3603 個で、CPO の議論に十分に有意な数と考えられる。

結果: 分析したブラチナイト 11 個のうち、5 試料には SPO と有意なカンラン石の CPO ($M \text{ index} : 0.071 \sim 0.101$) の両方が見られた。ただし、結晶方位の集中が見られた結晶軸は、 b 軸が NWA 4874 と NWA 5969、 c 軸が NWA 7388、 b 軸と c 軸の両方が NWA 3151 と NWA 7605 と多様であった。明らかな SPO が見られなかった 6 試料については CPO も見られなかった。また、*Ungrouped* のカンラン岩質エコンドライト 3 試料では、NWA 6962 と NWA 13446 には SPO も CPO も見られなかったが、NWA 6077 では弱い SPO と CPO (b 軸, $M \text{ index} : 0.093$) が見られた。

考察と結論: 以上のように、今回分析した合計 14 個のカンラン岩質エコンドライトのうち、半分近くの試料で $b, c, b+c$ 軸のカンラン石 CPO が見られた。ブラチナイトの結果は先行研究とよく一致している (Hasegawa+ 2017)。 c 軸集中の CPO はカンラン石の長軸方向であることから、流れのある溶岩流中などで、カンラン石長軸が揃うような集積過程が考えられる。一方で b 軸集中の CPO は自形のカンラン石での広い結晶面 (柱面) である (010) 面を重力的に上下にして結晶がマグマ溜まりの底に静穏に沈積した集積過程が考えられるが、天体内部での変形による過程も知られている。実際、NWA 6077 は微量元素分析からコンドライトの物質の部分溶融後残渣であると指摘されているため (Burkhardt+ 2017)、原始惑星内部での変形過程により b 軸集中が生じた可能性がある。

Keywords: Dunitic achondrite, Olivine, Crystallographic preferred orientation, EBSD

*Corresponding author: mikouchi@um.u-tokyo.ac.jp

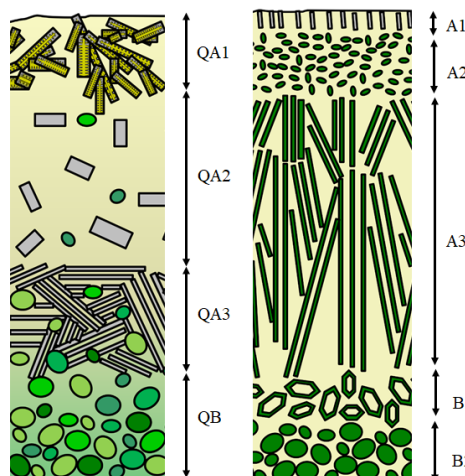
コマチアイトとの対比を通した急冷アングライトの形成場

林秀幸(東大・院理)、三河内岳(東大・総研博)

Igneous body of quenched angrites in comparison with komatiites

Hideyuki Hayashi* (U. Tokyo) and Takashi Mikouchi (U. Tokyo)

はじめに:アングライトは太陽系最古のエコンドライトの一種であり、急冷または徐冷組織を示す。急冷組織を示すアングライトは結晶化年代が特に古く、タイムアンカーとして重要視されている。Hayashi & Mikouchi (2019) は、急冷組織を示すアングライトを岩石組織的に QA1、QA2、QA3 に分類し、それらは冷却速度の大小に従って生じることを示した(下図)。QA1 はカンラン石と灰長石の共晶から成る樹枝状組織を持つ。QA2 は、比較的粗粒で、灰長石がランダムな結晶方位を示す。QA3 は、短冊状の灰長石が複数粒子で、同一の結晶方位を持つ。一部の急冷組織を示すアングライトは、Mg に富むカンラン石外来結晶を含んでいる。



急冷組織を示す
アングライト岩体

コマチアイト岩体

このような組織は、地球上に見られるコマチアイトと類似している。コマチアイト溶岩流の上部では、骸晶状や平板状のカンラン石を特徴的に含むスピニフェックス組織を示す。この組織は、比較的速い冷却速度の下で形成されたと考えられている。コマチアイトの層序は、上部チルドマーゼン(A1)、ランダムスピニフェックス(A2)、平板状スピニフェックス(A3)のように岩相が変化している(Pyke+ 1973)。本研究では、急冷組織を示すアングライトとコマチアイトの組織、冷却速度およびバルク組成をそれぞれ比較し、急

冷組織を示すアングライトの形成場を明らかにすることを試みた。

化学組成:急冷組織を示すアングライトのバルク組成は相関を示しており、Mg に富むカンラン石外来結晶の同化度合いに応じて変化している(Mikouchi+ 2004)。Sahara 9955、D'Orbigny、NWA 1296 および NWA 7203 は純粋なアングライト質マグマと考えられた。

組織と冷却速度:急冷組織を示すアングライトとコマチアイトはそれぞれ、岩体の深さに応じて組織が変化しており、組織や冷却速度が対応している。QA1 は、細粒な粒子サイズという点でA1に対応する。冷却速度はNWA 7203の細粒部分(QA1)では>300 °C/hr、A1では>150 °C/hr (Faure+ 2006) と見積もられ、いずれも岩体内で最も速い冷却速度を持つ。QA2 は、灰長石がランダムな結晶方位を持っており、A2のカンラン石がランダムな結晶方位を持つ点と類似する。冷却速度は、Asuka-881371(QA2)では約50 °C/hrである一方、A2では>10 °C/hr (Faure+ 2006) と見積もられており、類似している。QA3 は、結晶方位の揃い、伸長した灰長石を含んでおり、A3が同様のカンラン石を含んでいる点と類似する。NWA 1670(QA3)では約4 °C/hrである一方、A3では2~5 °C/hr (Faure+ 2006) と見積もられており、よく対応している。

結果と考察:急冷組織を示すアングライトとコマチアイトの組織、冷却速度およびバルク組成を比較したところ、それぞれよく対応する岩相が存在することが明らかになった。このことは、急冷組織を示すアングライトはコマチアイトと同様な形成場で結晶化した可能性を示している。コマチアイトの形成場は、Hill+ (1995) により、フィッシャーからの連続的な噴火であると考えられている。溶岩流は、噴火地点近傍では連続的である一方、末端部では散発的である。アングライト母天体でも同様の溶岩流を生じた可能性がある。その場合、急冷組織を示すアングライトは、NWA 7203が冷却速度の異なる細粒な組織と粗粒な組織を持つことから、溶岩流の冷却速度が、新たな溶岩流が覆い被さることで変化するような、溶岩流の末端部分に由来すると考えられる。

Keywords: Angrite, Komatiite, stratigraphy, cooling rate, xenocryst

*Corresponding author: h.hayashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

メソシデライトを用いたシリカ鉱物が記録する 冷却速度の推定

大野 遼* (千葉工大), 竹之内 惇志 (京大・博物館) 三河内 岳 (東大・総研博), 山口 亮 (極地研), 杉浦 直治 (千葉工大)

Constraints on the cooling rate recorded by silica minerals using Mesosiderites

Haruka Ono*(Chiba Inst. Tech.), Atsushi Takenouchi (Kyoto Univ.), Takashi Mikouchi (Univ. of Tokyo), Akira Yamaguchi (NIPR), Naoki Sugiura (Chiba Inst. Tech.)

はじめに: シリカ鉱物は、幅広い温度圧力条件下において 23 以上の多形を持つことが知られている [1]。例えば、シリカ鉱物の一つであるトリディマイトは、400℃以下で準安定相を含む 8 つの多形を持ち、常温では異なる 3 つの結晶系が存在する [2]。本研究では、これらのシリカ鉱物の特性から、1200-400 °C 以下に至るまで、幅広い温度範囲でシリカ鉱物が熱史を推定するのに有用であることを示してきた [3, 4]。しかし、期待される冷却速度は 10^{-4} °C/yr と非常に遅いため、実験ではシリカ鉱物の相転移による冷却速度の定量的な推定には至らなかった。そこで本研究では、400℃以下の冷却速度を定量的に推定可能な Fe-Ni メタルとシリカ鉱物の両方を含むメソシデライトに着目した。メソシデライトは、メタルとシリカ鉱物だけでなく、800℃程度での冷却速度を定量的に推定可能な輝石も含まれている。そのため、メタルと輝石が示す冷却速度と存在するシリカ鉱物の相や形態を比較することで、シリカ鉱物による高温～低温における定量的な冷却速度を見積もることができると期待される。

結果: 試料には、メソシデライトの中で熱変成度が最も低いと報告された [5] NWA 1878 とその次に低い熱変成度の Vaca Muerta を用いた。Vaca Muerta のシリカ鉱物は、単斜晶系のトリディマイトのみが存在していた。NWA 1878 中では、先行研究 [5] 同様、クリストバライトと石英が確認され、それらは集合体を成していることが新しく観察された。クリストバライトには、高温型から低温型に相転移する際にみられる“fish-scale”と呼ばれる割れが存在していた。クリストバライトには 1 μm 以下の包有物が含まれていた。

考察と結論: 先行研究より、トリディマイトは徐冷によりメルトから晶出する場合とクリストバライトから相転移によって形成される場合がある [4]。Vaca Muerta 中の Fe-Ni メタルから見積もられた冷却速度は 10^{-7} °C/yr と徐冷であり [6]、トリディマイトの存在はその冷却速度と整合的な結果となった。しかし、NWA 1878 中でトリディマイトが存在していないことから、クリストバライト晶出後は速やかに冷却されたことを示唆している。先行研究では輝石の離溶ラメラから、NWA 1878 が 850 °C 程度において 0.01 °C/day 以上の冷却速度を経験したと見積もられている [5]。このことから、クリストバライトは 0.01 °C/day の冷却速度ではトリディマイトに相転移しないことが推測される。一方で、近年新しく見つかった Erg Chech 002 (EC 002) では、クリストバライトとトリディマイトの集合体の存在が報告されており、冷却速度が ~1200-1000°C で 0.003-0.014 °C/day であるとの見積もられている [7-9]。以上のことから、クリストバライトがトリディマイトに相転移する冷却速度は、0.003-0.01 °C/day 以下であることが示唆された。

参考文献: [1] Sosman R. B 1965. *Rutgers University Press*, 388 pp. [2] Graetsch H. and Flörke O. W. (1978) *Z. Kristallogr.* 195, 31-48. [3] Ono H. et al. (2019) *MAPS.*, 54, 2744-2757. [4] Ono H. et al. (2021) *MAPS.*, in press. [5] Kimura M. et al. (2020) *MaPS.* 55:1116-1127. [6] Powell B. N. (1969) *GCA.* 33:789. [7] Mikouchi T. and Zolensky M. K. (2021) *LPS LII*, Abstract # 2548. [8] Yamaguchi A. et al. (2021) *LPS LII*, Abstract #1892. [9] Barrat J. A. et al. (2021) *PNAS* 118:11.

Keywords: Silica, Cooling rate, Tridymite, Cristobalite, Mesosiderite

*Corresponding author: o.haruka527@gmail.com

Nakhlite 隕石 NWA 10153 と NWA 6148 の複合顕微分析

久木原翔*, 宮原正明 (広島大学), 山口亮 (極地研), 高橋嘉男 (東京大学), 武市泰男 (KEK), 富岡尚敬 (JAMSTEC), 大谷栄治 (東北大学)

Multi-probe microscopy analysis of NWA 10153 and NWA 6148

Kakeru Kukihara*, Masaaki Miyahara (Hiroshima Univ.), Akira Yamaguchi (NIPR), Yoshio Takahashi (Tokyo univ.), Yasuo Takeichi (KEK), Naotaka Tomioka (JAMSTEC), Eiji Ohtani (Tohoku univ.)

We conducted petrological and mineralogical studies of the nakhlites NWA 6148 and NWA 10153 to clarify aqueous alteration and stratigraphy in the nakhlites complex. As a result, NWA 6148 and NWA 10153 were originated from that rapidly cooled and solidified near surface, and two different aqueous alteration events likely occurred in NWA 10153.

1. はじめに

火星隕石ナクライトは複数回の溶岩流によって形成され、その後生じた水質変成の痕跡を多く示す。これまで様々なナクライトを用いた岩体の層序や変質に関する研究が行われてきたが、岩体内での変質作用の鉛直方向の変化は未解明である。そこで、ナクライト岩体の層序と鉛直方向での変質作用の変化に新たな知見を加えるため、岩体内での位置が分かっている NWA 10153 と岩体の深部由来と推定されている NWA 6148 の鉱物学的・岩石学的記載を行った。

2. 実験手法

NWA 6148 と 10153 の研磨片を用意し、FE-SEM-EDS による組織観察を行った。化学組成の定量分析には EPMA を用いた。FIB で変質組織の薄膜加工を行い、STXM によって XANES を取得し、化学種解析を行った。その後、TEM/STEM-EDS を用いて変質鉱物の組織観察、化学組成分析、結晶構造解析を行った。

3. 結果と考察

NWA 6148 は主に橄欖石 (約 5.3%)、輝石 (約 39.5%)、メソスタシス (約 55.2%) で構成され、メソスタシス中には斜長石、カリ長石、磁鉄鉱、Fe-Ti 酸化物が確認できた。輝石の組成帯構造には Ca が増加する傾向が見られた。変質はほとんど確認できなかった。これはナクライト中では異例であり、その理由については現在検討中である。

一方、NWA 10153 は主に橄欖石 (約 1.5%)、輝石 (約 39.5%)、メソスタシス (約 35.1%) で

構成され、メソスタシス中には斜長石、カリ長石、黄鉄鉱、Fe-Ti 酸化物が確認できた。変質は橄欖石、輝石、黄鉄鉱の周辺で見られた。輝石周辺での変質は卓越する変質鉱物により①ゲータイト、②ジャロサイト、③サボナイト、④炭酸塩鉱物領域に分けられる。橄欖石の変質組織は現在分析中であり、今後の課題である。目下判明している変質鉱物の組み合わせから、NWA 10153 には塩基性～中性の流体が作用するイベントの後に酸性の流体が作用するイベントがあったと考えられる。一連の変質過程はこれまで調べられたナクライトのものと一致する[1-2]。

NWA10153 と NWA 6148 はメソスタシスの割合が大きいことから、溶岩流の浅部由来である可能性がある。NWA 6148 に見られた輝石中の Ca が増加する傾向は、同じくナクライトの NWA 5790[3]と MIL 隕石[4]に共通しており、これらの隕石が同一の溶岩流イベントで形成した可能性がある。NWA10153 と NWA 6148 の岩体内での位置については今後さらに検討を行う。

引用文献

- [1] Nakamura et al. (2020) Japan Geoscience Union Meeting 2020 PPS10-P13.
- [2] Shiraishi et al. (2019) National Institute of Polar Research the Tenth Symposium on Polar Science OA Antarctic meteorites
- [3] Jambon et al. (2016) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 190, 191–212.
- [4] Mikouchi et al. (2006) 37th LPSC, abstract no.1865.

Keywords: Mars, NWA 10153, NWA 6148, Aqueous alteration, Nakhlites complex

Corresponding author: M210891@hiroshima-u.ac.jp

放射光マイクロ XANES を用いた衝撃による 斜長石中の鉄の価数変化の評価

佐竹 渉* (千葉工大)、三河内 岳 (東大)、黒澤 耕介 (千葉工大)、
大野 遼 (千葉工大)、新原 隆史 (東大)、松井 孝典 (千葉工大)

Evaluation of Fe valence state change in plagioclase by shock events as inferred from micro-XANES analysis

W. Satake* (CIT), T. Mikouchi (Univ. Tokyo), K. Kurosawa (CIT), H. Ono (CIT),
T. Niihara (Univ. Tokyo) and T. Matsui (CIT)

研究背景：マグマの酸素分圧は、形成される鉱物の組合せや化学組成に強い影響を与えることから、火成岩の形成環境について重要な情報を持つ。発表者らは斜長石とマスケリナイト(斜長石が強い衝撃を受けガラス化したもの)中の鉄価数に注目し、放射光 Fe マイクロ XANES (X 線吸収端近傍構造)を用いて分析することで、火星隕石最大のグループであるシャーゴッタイトの酸素分圧を相対的に評価している(Satake+ 2014)。このような測定においては、斜長石中の鉄価数が衝撃の前後で変化しないことを前提とし、実際に少数の衝撃実験試料でそのことを確認しているが、この試料では熱履歴が分からないため、温度の考察ができない。そこで、申請者らが近年行っている 3 次元での衝撃回収実験試料の分析により、その検証がより確かなものになると考えて、衝撃実験試料の Fe マイクロ XANES 分析を実施したのでその結果を報告する。

試料と分析手法：分析試料として、千葉工業大学に設置されている、二段式軽ガス銃を用いた 3 次元での衝撃回収実験によって得られた玄武岩を用いた。この玄武岩は内モンゴル自治区産であり、斜長石の組成は $An_{54-66}Ab_{33-44}$ と、シャーゴッタイト中のマス
Keyword: Shock metamorphism, Plagioclase, XANES

ケリナイトと似た組成を持つ。回収した試料は、iSALE を用いた 2 次元の数値衝突シミュレーションによって、衝突点で 10 GPa、500 K の圧力と温度を経験したと見積もられる。分析手法としては、偏光顕微鏡による斜長石の光学観察、EPMA (JEOL JXA-8900L)による鉱物組成分析、放射光マイクロ XANES 分析(高エネ研、Photon Factory、BL-4A)による斜長石中の鉄の 2 価 3 価比の測定(ビーム径: 約 5 μm)を行った。

結果と考察：偏光顕微鏡の観察の結果、回収実験後の試料中において、衝突点付近の領域にある斜長石に、強い波動消光が見られた。EPMA による分析の結果、衝撃後の斜長石の組成は $An_{48-61}Ab_{37-50}$ であった。顕微鏡観察により、他の鉱物などの包有物が含まれておらず、強い波動消光を示す斜長石の粒子を XANES 分析に選んだ。XANES 分析の結果は、衝突前の斜長石の $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ 比の値は 11-20%、衝突後の試料の値は 11-20%であり、衝突前後で $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ 比の値は変わらなかった。この結果から、少なくとも 10 GPa、500K の環境下では、鉄の 2 価 3 価比は変化しないと考えられる。しかし、火星隕石はより大きな衝撃を受けているため、より高圧・高温を経験した試料の分析が必要である。

Corresponding author. Satake, E-mail: wataru.satake@p.chibakoudai.jp

ジャロサイトの衝撃回収実験

川野晃平, 宮原正明* (広島大・理), 小林敬道 (NIMS), 関根利守 (大坂大・工), 菅大暉 (JASRI), 高橋嘉夫 (東京大・理)

Shock recovery experiments of jarosite

Kouhei Kawano, Masaaki Miyahara*, (Hiroshima Univ.), Takamichi Kobayashi (NIMS), Toshimori Sekine (Osaka Univ.), Hiroki Suga (JASRI), and Yoshio Takahashi (Tokyo Univ.)

Shock recovery experiments of jarosite and natrojarosite were conducted in the shock pressure range of 13–41 GPa to clarify shock-induced dehydration. Based on the XRD/DTA analysis of recovered samples, jarosite decomposes into hematite (+magnetite) and FeSO_4 with the dehydration of OH above ~23 GPa.

1. はじめに

火星探査機マーズ・エクスプレスは可視光・赤外線分光器により3価の鉄の硫酸塩が火星表面に存在することを突き止めた[1]。火星探査車オポチュニティはメスバウアー分光装置を用いて火星表土に鉄明礬石(ジャロサイト: $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)が含まれることを明らかにした[2]。ジャロサイトの存在は火星表層で起きた水-岩石反応の痕跡の1つと見なされている。

火星では今なおメテオロイドによる衝突が起きている。含水硫酸塩鉱物は加熱すると分解し脱水反応が起きる。衝突に伴う衝撃圧縮がジャロサイトに加わると加熱時同様の脱水反応が起きると予想される。しかし、ジャロサイトを用いた衝撃回収実験はなく、分解脱水を起こす衝撃圧や分解反応は未知である。そこで、本研究ではジャロサイトとソーダ鉄明礬石(ナトロジャロサイト: $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)の衝撃銃実験を行い、脱水圧力と分解反応を明らかにした。

2. 実験試料と実験手法

ジャロサイトは草津白根山の北東に位置する茶つぼみ公園にて採集したものを使用した。ナトロジャロサイトはギリシャのKamariza 鉱山のものを使用した。試料を乳鉢で粉碎しよく乾燥して吸着水を取り除き衝撃実験試料とした。粉末試料を SUS304 のコンテナに封入し、衝撃銃実験は NIMS の一段式火薬銃を使用し、衝撃圧はインピーダ

ンスマッチング法で求めた。実験は衝撃圧 13–41 GPa の範囲で行った。衝撃実験後、コンテナから粉末試料を回収し、XRD と DTA/TG 分析を行った。

3. 結果と考察

13 GPa の衝撃圧を加えたジャロサイトの XRD パターンは出発物質とほとんど変わらないが、ピークの半値幅がわずかに大きくなっていた。22.6 GPa ではジャロサイトのピークの半値幅がさらに大きくなり、ヘマタイトのピークが現れた。33.0 GPa ではジャロサイトのピークが消失し、ヘマタイトに加えマグネタイトの弱いピークが現れた。41.0 GPa ではヘマタイト、マグネタイトと Szomolnokite ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)のピークが現れた。

以上の結果と DTA 分析から、ジャロサイトは約 23 GPa 以上でヘマタイト、 FeSO_4 、 K_2SO_4 (非晶質)に分解し、OH が脱水し始めることが判明した。Szomolnokite は FeSO_4 が空気中で水和し生成したものである。マグネタイトはヘマタイトの分解生成物と推定される。

一方、ナトロジャロサイトは 32.6 GPa でも分解は完了しておらず、分解にはジャロサイトに比べて高い衝撃圧が必要かもしれない。

引用文献

- [1] Gendrin et al., Science, **307**, 1587 (2005).
- [2] Squyres et al., Science, **306**, 1698 (2004).

Keywords: Mars, jarosite, shock experiment, dehydration
Corresponding author: miyahara@hiroshima-u.ac.jp

南極産 H6 コンドライトの衝撃変成組織

竹之内 惇志* (京大・総博), 山口 亮 (極地研, 総研大)

Shock features in Antarctic H6 chondrites

Atsushi. Takenouchi* (The Kyoto Univ. Museum) and Akira Yamaguchi (NIPR, SOKENDAI)

過去の日体運動を推定するために、これまで衝撃変成組織観察と Ar/Ar 年代測定により隕石の衝突史の解明を行ってきた[e. g., 1].

L コンドライトは比較的数量多くの試料で高压鉱物の存在が報告されている[2]. 高压鉱物の有無[2]と Ar/Ar 年代の報告[3]見ると、L コンドライトではく5 億年前や 16 億年前といった若い衝撃変成年代を示している試料 (e. g., Taiban, Mbale, Peace River, Seagraves (c)) が高压鉱物を含む傾向がみられる[e. g., 1]. 一方、高压鉱物を含む H コンドライトの衝撃変成年代は報告されておらず、高压鉱物を生成するような天体衝突現象が H コンドライト母天体上でいつ発生したのかは未だ明らかではない。

H コンドライトの衝撃史を明らかにするために、これまで約 30 個の H コンドライトの組織観察と Ar/Ar 年代分析を進めてきた。本研究では新たに分析に加えた 3 つの H6 コンドライトの衝撃変成組織の観察結果について報告する。

試料は A 12363, A 10174, Y 981909 の 3 つで、いずれも国立極地研究所から貸与された薄片試料を用いた (A 12363, 51-1 A10174, 41-1, Y 981909, 51-1)。組織観察は国立極地研究所の走査型電子顕微鏡 (FE-SEM, JEOL JSM-7100F) を用い、鉱物相同定には電子顕微鏡に付属する電子線後方散乱回折 (EBSD) 解析装置 (AZtec, Oxford Instruments) を使用した。

A 12363: 薄片全体に細粒な不透明鉱物が散らばっており (silicate darkening)、斜長石が硫化鉄中で針状に結晶化した組織や、クロマイトの融食組織など高温の経験を示唆する組織がみられた。カンラン石や輝石は弱い波状消光を示し、細い衝撃溶融脈も観察された。脈内部は細粒なカンラン石・輝石の自形結晶と他形の不透明鉱物及びガラスの集合であり、高压鉱物は観察されなかった。これらは衝撃溶融脈が徐冷または再加熱を経験して形成した組織であると考えられる。

A 10174: ネットワーク状の太い衝撃溶融脈

が観察された。溶融脈周囲では斜長石の EBSD パターンが不明瞭となるが、脈から離れると明瞭なパターンを示した。衝撃溶融脈が断層のように切られた組織が観察され、2 回以上の衝撃変成作用を経験していることが示唆された。衝撃溶融脈は細粒で等粒状の輝石やカンラン石と、その間を埋める不透明鉱物・ガラスで構成されており、高压鉱物は観察されなかった。

Y 981909: 斜長石がマスケリナイト化しており、カンラン石や輝石は波状消光と弱いモザイク化を示した。溶融脈内部の見た目は A 10174 と類似するが、ringwoodite, wadsleyite, garnet などの高压鉱物が豊富に存在した。Ringwoodite-wadsleyite は脈内部と周囲のカンラン石を置き換えており、garnet は自形結晶で脈内部に形成していた。

A 12363 は全体的に高温の経験を示唆しており、衝撃変成組織はその熱によりリカバリーされている。衝撃変成作用と加熱作用が同一のイベントか否かは明らかではないが、強い加熱を伴う衝撃イベントの存在を示唆する。一方、Y 981909 は高压鉱物を保持するため、溶融脈は高压下で冷却固化している。そのため Y 981909 が記録する衝撃イベントは局所的な加熱のみを伴っており、A 12363 とは異なる衝撃イベントを記録している。A 10174 は熱的影響が A 12363 よりは弱く Y 981909 よりは強い衝撃変成作用を経験し、その後、いずれの衝撃イベントよりも弱い衝撃変成作用を経験している。

本研究では 3 つの H6 隕石がそれぞれ異なる 4 つの衝撃イベントを記録していることを明らかとした。今後、これらの隕石の Ar/Ar 年代分析を進め、各隕石の衝撃変成作用がいづつ起きたのかを明らかにする。

参考文献: [1] Takenouchi et al. (2020) The 11th Symp. on Pol. Sci. abst. [2] Tomioka and Miyahara (2017) *MaPS*, 52, 2017-2039. [3] Swindle et al. (2014) *Archaeology to Planet. Sci.* 378:333-347.

Keywords: Shock history, Ordinary chondrite, high-pressure phases

*Corresponding author: takenouchia24@gmail.com

隕石母天体における水質変成作用の解析に用いる層状ケイ酸塩の マルチエレメント XANES ライブラリの構築

○井上皓介¹、福士圭介²、菅大暉³、河合敬宏⁴、高橋嘉夫⁴、武市泰男⁵（¹金沢大学大学院自然科学研究科、²環日本海域環境研究センター、³JASRI/SPRing-8、⁴東京大学大学院理学系研究科、⁵高エネルギー加速器研究機構）

Construction of a multi-element XANES library of layered silicates used for water metamorphism analysis in meteorite mother celestial bodies

*K. Inoue¹, K. Fukushi², K. Morida¹, H. Suga³, T. Kawai⁴, Y. Takahashi⁴, Y. Takeichi⁵ (¹ Graduate School of Science, The University of Kanazawa, ² Institute of Nature and Environmental Technology, ³ JASRI/SPRing-8 ⁴ Graduate School of Science, The University of Tokyo, ⁵ High Energy Accelerator Research Organization)

【はじめに】隕石には、含水鉱物の一種である層状ケイ酸塩が含まれていることがある。層状ケイ酸塩は液体の水の存在下で生成する鉱物であるため、隕石中における層状ケイ酸塩の存在は過去に地球外天体で生じた水循環の存在を意味する。層状ケイ酸塩は構造元素の含有量や配位位置によって様々な鉱物種が存在し、この鉱物種の違いは生成環境に関連づけられる。故に、隕石試料に含まれる層状ケイ酸塩の鉱物種の同定から、地球外天体の水環境を推定できる可能性がある。だが、隕石試料は得られる試料の量に限りがあるため、少ない情報から多くの知見を推定できる新たな判断指標の構築が必須である。本研究では微小領域から情報を得る手法として「走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)」に注目した。STXM は局所領域での元素の存在状態を分析するツールであり、元素が構造中のどの部分に配位しているかなどの情報を有している為、層状ケイ酸塩の種類を推定できる可能性を秘めている。また STXM は電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)と比べ、より微小な領域下でスペクトルを検出して鉱物の存在状態を確認することが可能である。加えて、層状ケイ酸塩粒子もナノスケールサイズほど微小である為、EPMA 以上に正確な鉱物相の同定を行う事が可能である。本研究では地球上の様々な層状ケイ酸塩を標準試料とし、構成元素の X 線吸収スペクトルと試料の特徴とを集約することで、STXM における層状ケイ酸塩同定の判断指標の基準となるライブラリの構築を目指した。

【試料】ライブラリ構築のための標準試料として、2 八面体型のモンモリロナイト 3 種類、鉄モンモリロナイト、ノントロナイト 4 種類、イライト、白雲母、カオリナイト 2 種類、ハロイサイト、パイロフィライト、及び 3 八面体型のサポナイト 3 種類、鉄サポナイト、ヘクトライト、アンチゴライト、クリソタイル、鉄蛇紋石、クリノクロア、タルクを用意した。また、これらの標準試料ライブラリが実際に STXM に適用可能か確かめる実証分析用試料として、マーチソン隕石試料、タギシュレ

イク隕石試料、火星隕石ナクライト試料を用意した。

【方法】試料に対し、鉱物相同定のために粉末 X 線回折を、鉱物化学分析のために蛍光 X 線分析を行った。構成主要元素の X 線吸収スペクトル取得は、高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory の BL-19B で行った。尚 BL-19A が STXM 本体で BL-19B は同じビームを用いたバルク試料用 XAFS となっているが、標準試料が想定上ほぼ 100% の層状ケイ酸塩であることから、わずかに存在する不純物を分析するリスクや測定にかかる時間を考慮し、標準試料においては STXM 本体ではなくバルク試料用の XAFS を上記 25 個の層状ケイ酸塩試料の構成元素である Si, Al および Mg の K 端について X 線吸収端近傍構造(XANES)スペクトルを得た。また、各隕石試料について集束イオンビーム(FIB)を用いて加工し、BL-19A の STXM を用いてナノスケール下での画像マッピングを行った。得られたマップ内で元素ごとに範囲を限定して AlMg におけるスペクトルを測定した。また見いだされた AlMg のスペクトルに対しては解析ソフト REX2000 を用いて標準試料のスペクトルをフィッティングさせ、その際の合致度の高いもののほど存在する可能性の高い鉱物であるとして鉱物同定を行った。

【結果と考察】標準試料の分析において、Si ではスペクトルの試料間での明瞭な違いは見られなかったが、Al では四面体に配位する Al と八面体に配位する Al を区別することが可能な、Mg では 3 八面体型と 2 八面体型を区別して更に 3 八面体型のうち 1:1 構造と 2:1 構造を区別することが可能なスペクトルが検出された。隕石試料の STXM 分析においては、全ての試料で層状ケイ酸塩由来と考えられる AlMg のスペクトルが見いだされた。詳細な分析結果及び考察について、発表の際に報告する。

The application of the XAFS method and oxidative hydrothermal alteration experiments from reproduced I-type cosmic spherules

Huimin Shao (Kumamoto Univ.), Hiroshi Isobe* (Kumamoto Univ.), Ginga Kitahara (Kumamoto Univ.), and Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ.)

The formation mechanism of hematite spherules in Meridiani Planum on Mars was widely discussed by researchers (Misra et al., 2014; Morris et al., 2005; Nie et al., 2020). Misra et al. (2014) proposed a possibility that the hematite spherules may be derived from cosmic spherules. Therefore, we carried out experiments on reproduced I-type cosmic spherules

(Shao et al., 2020) by oxidative hydrothermal alteration experiments. The starting material was oxidized with the oxygen fugacity controlled by $\text{Mn}_2\text{O}_3 - \text{Mn}_3\text{O}_4$ solid buffer in the hematite stability field. The sulfuric acid solution and deionized water were used to control pH values to be 4 and 7, respectively. The vessels were heated at 150°C and 200°C for 10 days and 30 days. The detailed experimental conditions are shown in the table.

Experimental conditions				
Exp.	Tem (°C)	Dur (days)	pH	CO ₂
1	150	10	7	√
2	200	10	7	×
3	150	10	4	×
4	200	10	4	×
5	150	30	7	√
6	150	30	7	×
7	200	30	7	√
8	200	30	7	×

SEM and EDS analysis revealed that the hematite, magnetite, wustite, and Fe-Ni metal were the main mineral of run products. Fe K-edge XAFS measurements were performed using beamline NW-10A in fluorescence mode at the Photon Factory, KEK, Tsukuba, Japan. The shift of the first derivative spectra peak position from low energy to a higher energy value suggests that the oxidation degree increased as follows: 1. Starting material, Exp.1, Exp.3, and Fe metal; 2. Fe_3O_4 and Exp.4; 3. Exp.2, Exp.8, and Fe_2O_3 . It could be inferred that Exp.1 and 3 were nearly not oxidized; Exp.4 contains mainly magnetite; Exp.2 and 8 are almost completely transferred to hematite. According to the above results, the run products from 150°C 10 days show not a big difference from the starting materials both in pH4 or 7. However, when the temperature at 200°C (10 days), the run products were oxidized to be magnetite (in pH4), or hematite (in pH7). At the same time, under 200°C pH7 condition, both 10 days and 30 days are identical spectra to hematite. The oxidation behavior of reproduced I-type cosmic spherules showed that relatively slow oxidation on metallic spherules could progress under around 200°C. Moreover, the run product under the neutral condition could be oxidized to a higher oxidation state than acidic condition (pH4). From our experiments, it is possible to form hematite from extraterrestrial solid Fe-Ni metal spherules by oxidative hydrothermal conditions. Hence, we suggest that the slow oxidation on melted and quenched droplets derived from iron meteorite bodies may also create hematite minerals in a similar process on the Martian surface.

Keywords: Martian hematite, oxidative hydrothermal alteration, XAFS, cosmic spherules

Corresponding author: isobe_hrs@kumamoto-u.ac.jp

非晶質微粒子の高温水質変成過程の中性子準弾性散乱

奥地拓生¹, 富岡尚敬², 瀬戸雄介³, 梅田悠平¹, 山田武⁴, 玉造博夢⁵, 柴田薫⁵
(¹京都大・複合研, ²JAMSTEC・高知コア研, ³神戸大・院理, ⁴CROSS, ⁵原子力機構)

Hydration process of amorphous silicate nanoparticles
analyzed by quasielastic neutron scattering at high temperature

Takuo Okuchi^{*1}, Naotaka Tomioka², Yusuke Seto³, Yuhei Umeda¹, Takeshi Yamada⁴, Hiromu Tamatsukuri⁵ and Kaoru Shibata⁵ ¹Kyoto Univ., ²JAMSTEC, ³Kobe Univ., ⁴CROSS, ⁵JAEA)

We previously demonstrated that quasielastic neutron scattering is uniquely effective for analyzing atomic-scale hydrogen transport in hydrous minerals. In the current study, this scheme has been applied for analyzing atomic-scale reaction and transport processes of water within amorphous silicate nanoparticle medium. We obtained the results at temperatures to ~500 K where hydrated amorphous medium starts to crystallize into layered hydrous mineral structure. Microscopic mechanisms of water storage and transport in such hydrous media were revealed, which have implication for understanding of aqueous alteration and water transport processes in asteroids occurring in the early solar system.

地球の進化において水は特別な役割を果たしてきた。地球の水は誕生期に微惑星などから供給された後に、内部で分配され、輸送、貯蔵されてきた。我々は J-PARC などの高強度中性子施設において、地球に供給された後の水の分配・輸送・貯蔵を理解するための中性子散乱実験を進めてきた^[1-4]。その過程で、地球に届く以前の水の研究にも中性子が強力な道具になると考えて、本研究を着想した。

水をつくる元素である水素は、最も軽くて動きやすい元素である。一方で水素は中程度の結合力を持ち、長さや結合角度が柔軟な、水素結合を形成することができる。含水鉱物は地球内部の水の貯蔵と輸送の主たる媒質である。その結晶構造の内部では、水素結合の働きによって、動きやすい水素が巧みに保持される^[1,2]。このような水素は隣接原子間程度の距離において、水酸基の配向の静的・動的な切替わり、イオンあるいは欠陥としての高速の拡散など、多様なダイナミクス(移動または運動、分子振動とは異なる)を示す。これらの水素のダイナミクスの解析のために、中性子準弾性散乱法が特に有効であることを私たちは発見して提示してきた^[3,4]。

それでは地球に届く以前の水の重要な貯蔵と輸送の媒質の一つである、非晶質の含水(または水和)ケイ酸塩の水素は、どのようなダイナミクスを示すのであろうか。準弾性散乱法では、水素原子核によって非干渉性散乱された中性子の運動量とエネルギーの変

化を通して、水素のサイト間跳躍の距離と頻度を解析する。そこから水素のダイナミクスを、体積拡散や表面拡散などの素過程に仕分けて調べることができる。この手法は非晶質物質に対しても結晶質物質と同程度に有効である^[5]。そこで本研究では、吸着した水分子との反応を経て徐々に結晶化しつつある、非晶質ケイ酸塩の状態を高温その場で解析した。その結果、水質変成過程における水素の貯蔵と輸送の状態がわかってきた。

誘導熱プラズマ装置で合成した平均粒径 70nm の Mg_2SiO_4 組成の非晶質ケイ酸塩^[6]に水蒸気を吸収させて試料を合成した。この試料を目標温度まで加熱した後に保持して、反応を進めた後に、さらに温度を保持しながら準弾性散乱の計測を行った。得られた結果から二種類の水素のダイナミクスの存在が示された。一方はケイ酸塩と水の界面、もう一方はその界面で閉じられた nm オーダーの空間に存在する水分子と考えられる。非晶質の媒質中の水素の貯蔵と輸送の状態は、結晶質のものと大きく異なる可能性が高いといえる。講演では以上の結果の詳細を説明する。

References: [1] 奥地拓生ほか (2017) 日本結晶学会誌, 59, 309. [2] Purevjav et al. (2020) IUCrJ, 7, 370. [3] Okuchi et al. (2018) J. Appl. Cryst. 51, 1564. [4] 奥地拓生 (2021) 日本結晶学会誌, 63, 129. [5] 奥地拓生ほか (2018) 日本鉱物科学会年会 R5-12. [6] Imai (2012) PhD Thesis, Osaka Univ. Keywords: amorphous silicate, aqueous alteration, hydrogen dynamics, quasielastic neutron scattering.

*Corresponding author: okuchi@ri.kyoto-u.ac.jp

難揮発性包有物メルトと CO ガスとの酸素同位体交換実験

山本大貴* (JAXA)、川崎教行 (北大)、橘省吾 (東大)、上林海ちる (東大)、
塚本尚義 (北大)

Oxygen isotope exchange experiments between Ca-, Al-rich inclusion (CAI) melt and carbon monoxide gas

Daiki Yamamoto* (JAXA), Noriyuki Kawasaki (Hokkaido Univ.), Shogo Tachibana (Univ. of Tokyo),
Michiru Kamibayashi (Univ. of Tokyo), Hisayoshi Yurimoto (Hokkaido Univ.)

始原的隕石中の Ca, Al に富む難揮発性包有物 (Ca-, Al-rich inclusion; 以降 CAI) は太陽系最初期に形成した高温鉱物の集合体である (e.g., Grossman, 1972; Connelly et al., 2012)。CAI の構成鉱物内・鉱物間には、質量非依存型の酸素同位体不均質が見られ、その成因の一つには再加熱・熔融時におけるメルト-ガス間の酸素同位体交換反応が挙げられる。 (e.g., Yurimoto et al., 1998; Kawasaki et al., 2018)。Yamamoto et al. (under review) は、模擬 CAI メルト-低圧 H₂O ガス間の酸素同位体交換実験をおこない、メルト中の酸素自己拡散係数 D やメルト表面での同位体交換効率 α を決定した。しかし、¹⁸O に富む端成分である CO ガスと CAI メルトとの酸素同位体交換速度論は理解されていない。そのため、本研究では CAI メルト-低圧 CO ガス間の酸素同位体交換実験をおこなった。

同位体交換実験には、CO ガスボンベとマスフローコントローラーからなるガス導入機構を備えた高温加熱真空炉を用いた。Type B CAI の平均化学組成 (Stolper, 1982) の CAI 模擬物質を出発物質として、¹⁸O に富む低圧 CO ガス環境下 ($P_{CO} = 0.1, 0.5, 1$ Pa) で 1420°C で加熱した。加熱後試料は FE-SEM 及び二次イオン質量分析計 (Cameca ims-1280HR) で分析した。

回収試料はガラスと少量のスピネルからなり、

全ての加熱条件でガラス中の酸素同位体組成は、加熱時間とともに液滴表面が ¹⁸O に濃集し、内部から液滴表面に向かうにつれ ¹⁸O に富む同位体ゾーニングを示した。このことはメルト表面での同位体交換過程と内部への拡散過程が同時に進行していることを示す。また CO ガス圧増加に伴い表面から内部への ¹⁸O 濃度勾配が急になっており、これは表面での同位体交換過程が高い CO ガス圧条件ほど速いためであると考えられる。酸素同位体プロファイルは、表面濃度非定常三次元拡散方程式 (Crank, 1975) で説明可能であり、得られた D ($\sim 1.41 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) は、H₂O との同位体交換実験で決定した値 ($\sim 1.62 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) とほぼ一致する。一方、 α は、 10^{-3} – 10^{-4} 程度であり H₂O ガスとの場合 (~ 0.28) より 2-3 桁小さく、CAI メルト-CO ガスとの同位体交換速度は、H₂O ガスとの場合に対して圧倒的に遅いことがわかった。これに対して H₂O-CO ガス間の同位体平衡は、メルト-ガス間の同位体交換が起こる前に達成されるため (Alexander, 2004)、CAI メルト-ガス間の同位体交換速度は、H₂O と同位体平衡となった CO ガスによって大きく増大されず、CAI メルト-H₂O との同位体交換速度で決定されることがわかった。

Keywords: CAI melt, CO, Oxygen isotopic exchange

*daiki@planeta.sci.isas.jaxa.jp

Oral presentation

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

Chairperson: Takuya Echigo (秋田大学), Norikatsu Akizawa (Atmosphere and Ocean Research Institute, The Univ. Tokyo)

Sat. Sep 18, 2021 9:30 AM - 12:15 PM Zoom Session 3

[Chairperson]

Takuya Echigo: R7-01 - R7-05

Norikatsu Akizawa: R7-06 - R7-10

-
- [R7-01] Fertile Iherzolite in the Upper Zone of Horoman peridotite complex
Yumeno Kogure², *Eiichi Takazawa¹, Hitomi Kimura¹ (1. Niigata Uni. Sci., 2. Niigata Uni. Grad.)
9:30 AM - 9:45 AM
- [R7-02] About notation of mineral names seen in junior high school science textbooks
*Shintaro Hayashi¹, Shin-ichi Kawate², Michio Kiji³, Satoshi Miyajima⁴ (1. Akita. Univ. Edu., 2. Musashi High School, 3. Ritsumeikan Senior High School, 4. Kumagaya High School)
9:45 AM - 10:00 AM
- [R7-03] High purity elemental separation technique for LREEs from silicate matrix
*Bidisha Dey¹, Tomoyuki Shibata¹, Masako Yoshikawa¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)
10:00 AM - 10:15 AM
- [R7-04] Geology and iron mineralization in the Akatani skarn deposit, Shibata city, Niigata Prefecture.
*Kotaro Seno¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹, Shogo Aoki¹ (1. Akita Univ.)
10:15 AM - 10:30 AM
- [R7-05] Ancient melting event recorded in fore-arc peridotite
*Norikatsu Akizawa¹, Akira Ishikawa², Ryo Fujita², Teruaki Ishii³ (1. AORI, Univ. Tokyo, 2. Tokyo Tech., 3. Shizuoka Univ.)
10:30 AM - 10:45 AM
- [R7-06] Petrology of the serpentized peridotite from Hayama Blet in Miura peninsula
*Natsue Abe^{1,2} (1. JAMSTEC, 2. Kanazawa Univ.)
10:45 AM - 11:00 AM
- [R7-07] Geology and Epithermal gold-silver mineralization of Bousawa deposit in Akita, Japan
*Kazuki Hirata¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹, Shougo Aoki¹ (1. Akita Univ.)
11:00 AM - 11:15 AM
- [R7-08] Geology and Au mineralization of the Hata deposit, Akita, Japan
*Yuki Konuma¹, Yasushi Watanabe¹, Takuya Echigo¹ (1. Akita Uni. In.)
11:15 AM - 11:30 AM
- [R7-09] Fine structures of omphacite in CaO-Na₂O-CO₂ rich fluid
*Shugo Ohi¹, Shusuke Kinoshita², Yohei Igami², Akira Miyake², Takao Hirajima² (1. Shiga

Uni. Education, 2. Kyoto Uni. Science)

11:30 AM - 11:45 AM

[R7-10] U-Pb age of the Oritate travertine from Unazuki area, Toyama, Japan.

*Mayuko Fukuyama¹, Masatsugu Ogasawara² (1. Akita Univ., 2. GSJ, AIST)

11:45 AM - 12:00 PM

[discussion] 総合討論

12:00 PM - 12:15 PM

幌満かんらん岩体上部の肥沃なレルゾライトについて

木暮優芽斗 (新潟大院)・高澤栄一* (新潟大・理)・木村仁美 (新潟大・理)

Fertile lherzolite in the Upper Zone of Horoman peridotite complex

Yumeto Kogure (Niigata Univ. Grad.), Eiichi Takazawa* (Niigata Univ. Sci.), Hitomi Kimura (Niigata Univ. Sci.)

幌満かんらん岩体は北海道中軸部の日高変成帯最下部に位置し、ポロシリオフィオリイト起源とされる変ハンレイ岩を隔てて日高主衝上断層と接している。同岩体ではこれまで多くの研究がなされ、中央海嶺およびプレート衝突域の深部におけるマントルプロセスが議論されてきた。筆者らのグループは、これまで幌満岩体上部の代表的なセクションに沿うかんらん岩および苦鉄質レイヤーの全岩化学組成に注目し、岩体上部におけるメルトの抽出およびメルト-マントル反応について詳細な検討を行ってきた[1]。本講演では、それらの結果を踏まえ、幌満岩体下部との比較を行い、幌満かんらん岩体のマグマプロセスの変遷について検討する。

幌満岩体上部は幌満川に沿って連続する他、主にアポイ岳〜ピンネシリ稜線部や坊主山付近より北方域に分布する。幌満川に沿って露出するのは、岩体上部の最下部であり、それよりも上位の層準を観察するには、幌満川に注ぐ支流および稜線に露出する限られた数の露頭に頼らざるを得ない。それに対し、筆者らのグループが研究対象とした不毛の沢セクションには、岩体上部の約263mが連続して露出し、岩体上部の斜長石レルゾライト、ハルツバージャイトおよび苦鉄質レイヤーの層状構造および連続的な組成変化を観察するのに適している。

全岩主成分組成では、Depleted MORB mantle (DMM [2])よりも玄武岩質メルト成分に肥沃な斜長石レルゾライトが頻出することが不毛の沢セクションの特徴である。とくに、数センチ厚の苦鉄質レイヤーの薄層が多く観察されるところでは、上記のDMMよりも肥沃な斜長石レルゾライトが多く、苦鉄質レイヤーをもたらしたメルトによる母岩のかんらん岩の再肥沃化作用を示唆する。しかしながら、再肥沃化する前のかんらん岩はどの程度メルト成分に枯渇したかんらん岩であったのか(つまり、レルゾライト、あるいは

ハルツバージャイト)については不明である。数センチ厚の苦鉄質レイヤーの薄層の全岩組成には、微量元素のコンドライト規格化パターンにおいて、SrやEuの正の異常が認められることから、斜長石が安定な比較的浅部のマントルにおいて、これらの苦鉄質レイヤーが形成した可能性が考えられる。苦鉄質レイヤー、およびメルト成分に肥沃な斜長石レルゾライトが頻出する層準では、Takahashi (2001)[3]によって報告された斜長石の濃集するパッチ状の集合体も分布することから incipient melting の可能性も考えられる。その場合、肥沃な斜長石レルゾライトが形成されたのは、幌満かんらん岩体上昇時ではなく、Yoshikawa and Nakamura (2000)[4]やSaal et al. (2001)[5]で報告された約1億年前の部分溶融、もしくは、かんらん岩と苦鉄質メルトの混合による再肥沃化のイベントに由来する可能性も考えられる。これらの可能性に制約を与えるには、岩体上部の肥沃なかんらん岩の Re-Os 同位体組成の検討が必要であろう。

これまで、岩体下部の代表的な層序(坊主セクション [6])では、最も肥沃な斜長石レルゾライトの微量元素組成がDMMと同等であり、他のかんらん岩はそれよりも枯渇した組成を示す。レルゾライトやハルツバージャイトは不適合元素にエンリッチしたものが多く、肥沃化作用とは異なる交代作用によるものと考えられる。岩体上部でも、ハルツバージャイトは不適合元素にエンリッチしており、交代作用と再肥沃化作用との関係については今後の検討課題である。

引用文献: [1] Kogure and Takazawa (2020) JpGU-AGU Joint Meeting 2020, SCG64-P04. [2] Workman and Hart (2005) EPSL, 231, 53-72. [3] Takahashi (2001) J. Petrol., 42, 39-54. [4] Yoshikawa and Nakamura (2000) JGR, 2897-2901. [5] Saal et al. (2001) J. Petrol., 42, 25-37. [6] Takazawa et al. (2000) GCA, 64, 695-716.

Keywords: Horoman peridotite, orogenic lherzolite, refertilization, partial melting

*Corresponding author: takazawa@geo.sc.niigata-u.ac.jp

中学校理科教科書における鉱物名の表記について

林信太郎（秋大）、川手新一（武蔵高校）、貴治康夫（立命館高校）、宮嶋敏（熊谷高校）

About notation of mineral names seen in junior high school science textbooks

Shintaro Hayashi(Akita Univ.), Shin-ichi Kawate(Musashi High School), Michio Kiji (Ritsumeikan Senior High School) and Satoshi Miyajima (Kumagaya High School)

5社から発行されている、現行学習指導要領における最新の中学校理科教科書について、教科書中での鉱物名の表記についてチェックした。鉱物科学会の教育普及委員会活動では、5社の中学校理科教科書について、その内容や表記の鉱物科学的妥当性のチェックを行なっている。義務教育の教科書は広く使われ多くの国民の目に触れるため、教科書における記述は重要である。今回はその中で発見された鉱物名について報告する。

このチェックの結果、中学校理科教科書における鉱物名の表記は、漢字表記、漢字混じりのカタカナ表記の2種類があり、教科書会社ごとに異なることが明らかになった。いずれの教科書についても主要な造岩鉱物の表があり、鉱物名、代表的な写真、その鉱物の特徴が掲載されている。例えば、石英の表記では、D社は「石英」とのみ表記され、A社は「セキエイ（石英）」と表記されている。このように鉱物名の表記は漢字、漢字カタカナ混じりの2種類があることがわかる。チェックした教科書のうち、3社が漢字表記、2社が漢字混じりのカタカナ表記である。前者の典型例は、「石英、長石、黒雲母、角閃石、輝石、カンラン石、磁鉄鉱」後者の典型例は「セキエイ、チョウ石、クロウンモ、カクセン石、キ石、カンラン石、磁鉄鉱」である。

このように、鉱物名の表記方法は、教科書間で統一が取れていないことが明らか

になった。

この不一致には弊害がある。特に2点だけ指摘したい。第一に中学生の学習への影響である。「セキエイ」「石英」のどれを答えたり、覚えたりすれば良いのか分からずに、生徒に余分な負担をかけてしまうことである。第二に大学における教員養成での問題である。教科書がバラバラな表記を使っている状態では、すべてのパターンについて触れる必要がある。例えば、角閃石は「角閃石」「カクセン石」「角セン石」と3パターンもあり煩雑である。

このような不一致は解消していく必要があると著者らは考える。例えば、生物の和名は「カンラン」「クロユリ」「トゲナシトゲトゲ」などカタカナ表記で統一されている（かつて日本鉱物学会では鉱物名の和名表記をカタカナで統一しようとしていたことがあった（森本ほか、1975））。

もし仮に、鉱物科学会で「教科書に使用する鉱物名のガイドライン」のような統一的な基準を示しておけば、将来の教科書改訂の際に参考にされる可能性が高く、この表記上の不一致は解消される可能性が高い。鉱物科学会において広く議論する必要があるだろう。

なお、岩石名についても様々な表記があり、表記の統一が必要である。

High purity elemental separation technique for LREEs from silicate matrix

Bidisha Dey¹, Tomoyuki Shibata¹, Masako Yoshikawa¹

(1: Hiroshima Uni. Sci.)

Rare earth elements (REEs) are difficult to separate from each other due to their similarity in chemical characters. Elemental separation is essential for isotopic analysis in thermal ionisation mass spectrometry or multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry to generate precise and accurate isotopic data. REE isotope geochemistry can be limited for the want of an efficient method which can prepare and analyse several REEs from rare materials such as minerals, xenoliths, or extra-terrestrial material, as well as bulk silicate rock samples. We have developed a technique, improving on previous efforts (i.e., Kagami & Yokoyama, 2016), which can separate La, Ce, Nd and Sm as well as Ba from a single aliquot of sample using two columns and minimum processing time. We have used miniaturised columns to efficiently process small amount of material while minimising the possibility of contamination. We have used AG50W-X8 from BioRad® and Ln spec resin from Eichrom® to efficiently separate the REEs from each other. The eluent used is a mixture of dilute HNO₃ (0.2M) and NaBrO₃ (20mM) which is very effective in separating LREEs, especially Ce from Nd. Previous works have used similar approaches to separate Ce from Nd, but with concentrated HNO₃ (~10M) which is difficult to work with due to its corrosive nature which damages lab equipment and is dangerous to handle on regular basis. Methods with conc. HNO₃ also require an extra step to separate LREEs (i.e., La, Nd, Sm) from each other. The merit of the dilute mixture is that it can elute the individual LREEs in a single step and with high degree of separation between REEs. This method can easily be combined with other elemental separation techniques such as Pb-Sr or Hf separation technique to use the same sample aliquot for measurement of these isotopes, thus reducing wastage of sample material. Results show > 90% recovery yield for all of the target elements with accurate values for ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd isotopic ratios for GSJ basalt standard JB-2. The method is relatively fast and cost effective, as well as showing high purity and recovery yield and is suitable for processing rare silicate material as well as bulk rocks.

Reference:

Kagami, S., & Yokoyama, T. (2016). Chemical separation of Nd from geological samples for chronological studies using ¹⁴⁶Sm–¹⁴²Nd and ¹⁴⁷Sm–¹⁴³Nd systematics. *Analytica Chimica Acta*, 937, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.07.004>

Keyword: REE geochemistry, Nd isotope geochemistry

Corresponding author: bidisha-dey@hiroshima-u.ac.jp

新潟県新発田市赤谷スカルン鉱床の地質と鉄鉱化作用

瀬野 洸太郎・渡辺 寧・越後 拓也・青木 翔吾 (秋田大・国際資源)

Geology and iron mineralization in the Akatani skarn deposit, Shibata city, Niigata Prefecture.

Kotaro Seno*, Yasushi Watanabe, Takuya Echigo, Shogo Aoki (Akita Univ.)

赤谷スカルン鉱床は、新潟県新発田市の新潟県及び山形県県境の飯豊山地南西側に位置し、主に赤鉄鉱を主とする鉄スカルン鉱床は世界的に稀であり、日本では赤谷鉱床以外、岩手県和賀仙人鉱床で認められている。鉱床母岩は前期ジュラ系の足尾帯の結晶質石灰岩（一部苦灰岩）やチャート、泥質変成岩からなり、後期白亜紀の二王子岳花崗岩や前期中新世のドレライトが母岩に貫入、これらを被覆または貫入する前期中新世の流紋岩類が分布する。主な赤鉄鉱鉱床は二王子岳花崗岩に伴う proximal skarn 及び distal skarn に胚胎し、前期中新世の流紋岩にも鉱体は伴われる。本研究では、野外踏査により地質図の作成及びスカルンの分布を把握し、採取した試料の肉眼及び顕微鏡観察による記載や粉末 X 線回折および SEM-EDS により鉱物同定を行い、スカルン鉱物の累帯配列及び鉄鉱化作用との関連を明らかにした。

二王子岳花崗岩に伴う proximal skarn には細粒磁鉄鉱から自形針状赤鉄鉱が晶出する鉱体（帯磁率： 21×10^{-3} SI）が胚胎し、母岩中の distal skarn には自形針状赤鉄鉱の磁鉄鉱化が認められる鉱体（帯磁率： $200 \sim 520 \times 10^{-3}$ SI）（Fig. 1-A）が胚胎する。ドレライトの proximal skarn には細・粗粒磁鉄鉱から自形針状赤鉄鉱が晶出する鉱体（帯磁率： $52 \sim 430 \times 10^{-3}$ SI）（Fig. 1-B）が認められ、赤鉄鉱を主とする鉱体（自形黄鉄鉱やカオリナイトを多量に含む）（帯磁率： $0.01 \sim 2.1 \times 10^{-3}$ SI）も認められる。このスカルン帯では、灰鉄輝石の透閃石化及び珪灰鉄鉱化や結晶質石灰岩の苦灰岩化が、肉眼・薄片観察及び粉末 X 線回折結果より認められる。二王子岳花崗岩は $0 \sim 0.09 \times 10^{-3}$ SI の帯磁率を示す。二王子岳花崗岩の distal skarn が分布する簗立沢では磁鉄鉱化した赤鉄鉱鉱石中に黄鉄鉱（一部白鉄鉱化）やカオリナイト、緑泥石

が産するほか、黄銅鉱に Ag-Bi-Pb-S 鉱物が包有されることが鏡下観察で認められる。

当鉱床に近接する二王子岳花崗岩は帯磁率の結果より、チタン鉄鉱系花崗岩に区分される。赤鉄鉱鉱体の産状から、本鉱床は二王子岳花崗岩やドレライト、流紋岩の貫入に伴う 3 期の形成時期があり、それぞれ磁鉄鉱の赤鉄鉱化 (martitization) や赤鉄鉱の磁鉄鉱化 (hypogene secondary magnetite) を伴う鉄鉱体を形成している。磁鉄鉱の赤鉄鉱化には 2 つの過程があることが考察される。

このように、赤谷鉱床は異なる複数の鉱化作用による酸化還元反応によって、異種の赤鉄鉱に富む鉱床が形成したと結論付けられた。先行研究で提案された各説（初生熱水から赤鉄鉱が生成、または流紋岩によって赤鉄鉱が生成、または磁鉄鉱の生成後二次的に赤鉄鉱が生成）だけでなく、これら全ての説および赤鉄鉱の生成後二次的に磁鉄鉱が生成したという新たな説において鉄鉱化作用が認められたことも明らかになった。

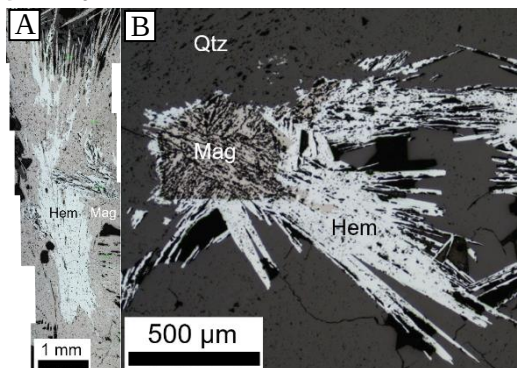


Fig. 1: 鉄鉱石の反射顕微鏡写真

- (A) 一部磁鉄鉱化した針状赤鉄鉱。花崗岩の distal skarn 中の鉱体（帯磁率： 520×10^{-3} SI）でみられる。
 (B) 赤鉄鉱がオーバーグロースした磁鉄鉱。ドレライトの proximal skarn 中の鉱体（帯磁率： 200×10^{-3} SI）でみられる。〈Hem: 赤鉄鉱, Mag: 磁鉄鉱, Qtz: 石英〉

Key words: Fe skarn deposit, hematite, magnetite, Ninoujidake Granite, magnetic susceptibility

Corresponding author: koutarou-apophyllite.323@outlook.jp

前弧域マントルが記録する古溶融イベント

秋澤紀克(東大・大海研)・石川晃/藤田遼(東工大)・石井輝秋(静岡大)

Ancient melting event recorded in fore-arc peridotite

Akizawa N.* (AORI, Univ. Tokyo), Ishikawa A./Fujita R. (Tokyo Tech.), Ishii T. (Shizuoka Univ.)

1. はじめに

前弧域では、前弧火成活動に関連しない、より古い溶融イベントを記録したマントルが存在すると報告されている (Parkinson et al., 1998, Nature 281, 2011-2013)。さらに近年、Os 同位体と Yb を用いた溶融-年代モデルの適応により、ボニナイトのソースは不均質であり、一部太古代 (~3600 Ma) に溶融したマントルの寄与があると推定された (Umino et al., 2017 Isl. Arc 439, 110-119)。本研究では、前弧域マントルの溶融時期に関連した不均質性の実態を正確につかむため、伊豆-小笠原-マリアナ海溝の前弧域で採取したカンラン岩の全岩化学組成分析・Re-Os 同位体分析を実施した。

2. サンプル採取位置・岩石記載・分析結果

本研究では、伊豆-小笠原海溝とマリアナ海溝の会合部西方に位置する母島海山 (白鳳丸 KH-82-4 次航海、KH98-1 次航海、KH03-3 次航海) と南部マリアナ海溝斜面 (白鳳丸 KH98-1 次航海) で採取された合計 16 のハルトバーガイト-ダナイトサンプルを使用した。強熱減量 (LOI) は、6.6-15.4 wt% であり、変質や蛇紋石化を被っている。

全岩主要元素組成を分析したところ、Mg/Si は 1.1-1.3、Al/Si は 0.005-0.025 程度を示し、様々なセッティングで採取されるカンラン岩がつくる組成トレンドの中でも枯渇した組成範囲に収まった。

$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ は広い組成範囲を示した (0.122-0.241)。Re 含有量 (0.004-2.2 ng g^{-1})・ $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ (~16.8)・ $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 間には

Keywords: Fore-arc peridotite, Hahajima seamount, Mariana trench, Harzburgite, Lherzolite

*Corresponding author: akizawa@aori.u-tokyo.ac.jp

正の相関関係が認められた。

3. 議論

全岩主要元素組成から判断すると、本研究で用いたカンラン岩は枯渇していると言える。一般的に、枯渇したカンラン岩は Re 含有量が低いと期待される。しかし、本研究ではそれと反する結果が得られた。Re 含有量が高いサンプルでは、 $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ ・ $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 共に高く、溶融時、もしくは溶融後に Re/Os が擾乱を受けたことを示唆する。

一方で、Re 含有量の低い、擾乱の影響が小さいサンプルは、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ が 0.122 と低く、過去に溶融して Re がほとんど抜けてしまったと期待される (Re 枯渇年代 = T_{RD} は約 750 Ma)。これは、前弧域マントルの溶融時期に不均質性があったことを支持する。

Umino et al. (2017) は、ボニナイトのソースとして (1) 約 1500-1700 Ma に 20-30% の溶融を被ったマントルと (2) 約 3200-3600 Ma に 7-10 % の溶融を被ったマントルの 2 つがあると提唱した。しかし、本研究で用いたカンラン岩からはそれほど古い溶融イベントを記録するものは見出すことができなかった。同様に、伊豆-小笠原-マリアナ海溝前弧域で採取されたカンラン岩の Re-Os 同位体を分析した Parkinson et al. (1998) が報告した $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ は 0.119-0.127 程度であり、最も古い T_{RD} は約 1230 Ma であった。太古代の溶融年代を報告した Umino et al. (2017) では、擾乱の影響を加味しないモデル計算を適応しているが、その方法に問題があったのではないかと考えられる。

三浦半島葉山帯に産する蛇紋岩の岩石学的特徴

阿部なつ江 (JAMSTEC/金沢大学)

Petrology of the serpentinized peridotite from Hayama Blet in Miura peninsula

Natsue Abe* (JAMSTEC/ Kanazawa Univ.)

We report the petrological characteristics of serpentinized peridotite from the Nobi Beach, southern zone of the Hayama Group in Miura Peninsula, one of Circum-Izu serpentinite belt. The serpentinized peridotite of the Hayama Group is characterized by a relatively low-temperature and common occurrence of hydrous minerals as spinel inclusions and the high $\text{Fe}^{3+}/\Sigma\text{Cation}$ of spinel. On the other hand, the Nobi Beach sample rarely has hydrous minerals and shows slightly higher 2-Py equilibrium temperature (about 980°C) and lower $\text{Fe}^{3+}/\Sigma\text{Cation}$ than other Hayama Group samples. This suggests that the serpentinized peridotites in the Hayama Group are either horizontally heterogeneous in the original mantle or differences in the peridotites' ascending and cooling processes.

三浦半島葉山層群に産する蛇紋岩ブロックや蛇紋岩化かんらん岩の転石について、記載を行ったのでその岩石学的特徴を報告する。対象とする試料は、荒井・石田(1987)によって“環伊豆地塊蛇紋岩類”と命名された蛇紋岩類に属する。環伊豆地塊蛇紋岩類の特徴は、荒井(1994)や高橋ほか(2008)などで詳細に記載されている。それらは、少量の単斜輝石を含むハルツバージャイト～レルゾライトで、しばしば Ca に富む斜長石や、希に初生的な含水鉱物(フロゴパイト、パーガサイト)を含み、クロムスピネルはほぼ $\text{Cr}\# = 0.4\sim 0.6$ に集中していることである(荒井, 1994)。葉山層群の蛇紋岩は、環伊豆地塊蛇紋岩類中で瀬戸川帯の蛇紋岩と類似して、低温型～高酸化度で特徴付けられる(Uchida & Arai, 1978; 江藤, 1986)。

野比海岸付近の北岳断層周辺に存在することが、浅見ほか(1992)により報告されており、それらは付近の地質構造から、三浦半島の葉山層群南帯からの転石である可能性が指摘されている。野比海岸に露出する蛇紋岩ブロックと転石計 10 個の蛇紋岩試料について詳しい記載を行った。これらの試料は、斜長石ハルツバージャイトであり、カーボネイト化している部分や希に珪質化している部分があるが、比較的蛇紋岩度が低く、初生鉱物であるかんらん石も残存して

いる。かんらん石 Fo 値は約 91、クロムスピネルの $\text{Cr}\#$ は $0.4\sim 0.6$ であり、他の葉山層群の蛇紋岩類とほぼ同様であった。しかしクロムスピネルの $\text{Mg}\#$ は約 0.6、 $\text{Fe}^{3+}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ 原子比は 0.1 以下であり、葉山層群の蛇紋岩よりはむしろ嶺岡層群中のものに類似する。さらに両輝石地質温度計(Witt-Eickshen & Seck, 1991)による平衡温度は約 980°C で、環伊豆地塊蛇紋岩類の高温型と低温型の間間的な温度を示す。これらのデータを元に、野比海岸蛇紋岩類の起源を考察すると、葉山層群とは異なる別の蛇紋岩対が付近に存在していた可能性がある。

[引用文献]

- 浅見茂雄・蟹江康光・有馬眞(1992) 横須賀市博研報(自然), 40, 21-23
 荒井章司・石田高 (1987) 岩鉱, 82, 336-344
 荒井章司 (1994) 静岡大地球科学研究報告, 20, 175-185.
 江藤哲人(1986) Sci. Rep. Yokohama National Univ., Sec. II, 33, 68-105.
 Uchida, T. & Arai, S. (1978) Jour. Geol. Soc. Jap., 84, 561-570.
 Witt-Eickschen & Seck (1991) Contrib. Mineral. Petrol. 106, 431-439

Keywords: Circum-Izu Serpentine Belt, Serpentinized peridotite, Hayama Group, Nobi Beach

*Corresponding author: abenatsu@jamstec.go.jp

秋田県仙北市坊沢鉱床の地質及び 浅熱水性低硫化型金銀鉱化作用

平田和希・渡辺寧・越後拓也・青木翔吾 (秋田大・国際資源)

Geology and Epithermal gold-silver mineralization of Bousawa deposit in Akita, Japan

Kazuki Hirata*, Yasushi Watanabe, Takuya Echigo, Shougo Aoki (Akita Univ.)

秋田県仙北市坊沢鉱床の周辺に分布する新第三系下部中新統桂湊層および桂湊層に胚胎する坊沢鉱床は約20Maの年代を示し、日本海拡大初期の珪長質火山活動に伴って坊沢鉱床が形成されたことが明らかになっている。本研究では、坊沢鉱床周辺における詳細な地質調査及びXRD分析によって鉱床が形成された地質背景と鉱化流体の組成、石英脈の記載から鉱化作用が生じた条件を明らかにすることを目的とした。

野外踏査では365カ所で露頭の記載、258カ所でサンプリングを行った。桂湊層の岩相は主に、火山豆石を含む凝灰岩・稀に炭化木片を含む軽石質火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩・凝灰質泥岩からなる、貫入岩(斑状珪長質火山岩)はその分布から平行岩脈群を呈していると考えられる。

サンプリングした試料から定方位試料を作成しXRD分析を行い熱水変質鉱物の同定を行った結果、変質帯はカオリナイト帯・セリサイト-カリ長石帯・緑泥石帯の3つに区分された。カオリナイト帯とセリサイト-カリ長石帯は鉱床周辺に見られ、カオリナイト帯はセリサイト-カリ長石帯に重複している。また、凝灰質泥岩を除くほぼすべての岩相(116カ所)に $2\theta = 6^\circ$ ($d = 14-15\text{\AA}$) 付近に最強線である(001)反射を示す、エチレングリコール処理で変化しないピークがみられた。他の熱水変質鉱物の回折ピークがみられない試料の示差熱分析を行ったところ、バーミキュライトに類似したDTA曲線が得られた(Fig. 1)。さらに、同じ試料を 500°C で1時間加熱処理した後にXRD分析したところ、(001)ピークが $2\theta = 9^\circ$ ($d = 10\text{\AA}$) 付近に移動したので、本研究地域における 6° ($14-15\text{\AA}$) 付近に最強線を示す粘土鉱物はバーミキュライトであると結論づけられる。

坊沢鉱床の廃石でみられる石英脈の試料の薄片を偏光顕微鏡で観察し、鉱物組み合わせと組織を基にステージ区分を行った結果、石英脈は主にカリ長石と銀黒バンドを含む累被状脈・熱水角礫岩脈・葉片状石英脈からなることが観察された。鉱石鉱物はエレクトラムと輝銀鉱からなり、Pseudo-acicular組織を呈すカリ長石と共生してみられる。廃石のため各サンプル間の直接的なステージ順序は不明であるが、観察結果からは金銀鉱化作用に繰り返しがあったと考えられる。

鉱化流体は鉱床近傍の変質鉱物組み合わせと脈中のカリ長石からは 200°C 以上のアルカリ-中性流体がであったことを示している。石英脈の組織は金銀鉱化作用が沸騰によって生じたことを示唆しており、蒸気加熱変質起源のカオリナイトの分布と一致している。本研究地域の桂湊層にみられる岩相とバーミキュライトは鉱床形成後、同地域が陸上風化を蒙ったことを示し、坊沢鉱床がアジア大陸縁辺の陸域環境で形成されたことを示唆する。

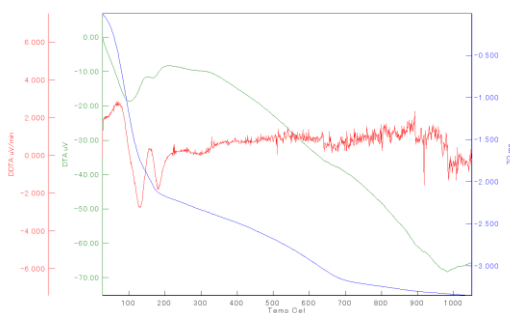


Fig 1. 軽石質火山礫凝灰岩を水銀処理した試料の示差熱分析結果。DTA 曲線(緑)は 100-200・600・900-1000°C付近に吸熱反応を示すピークが認められバーミキュライトと類似する。

Key words: Vermiculite, DTA, Early Miocene, Epithermal Au-Ag deposit, XRD

Corresponding author: m6021116@s.akita-u.ac.jp

秋田県大仙市畑鉱床の地質と金鉱化作用

小沼優希・渡辺寧・越後拓也(秋田大・国際資源)

Geology and Au mineralization of the Hata deposit, Akita, Japan

Yuki Konuma*, Yasushi Watanabe, Takuya Echigo (Akita Univ.)

新第三紀に形成された、金・銀のほかに銅・鉛・亜鉛などの硫化物にも富み、重晶石や石膏などの硫酸塩鉱物を産出する熱水鉱床が主に東北日本に広く分布している。その鉱物組み合わせは黒鉱型鉱床の特徴を有しているが、鉱床の形態は鉱脈型鉱床の特徴をしめす。本研究では、黒鉱型鉱床と鉱脈型鉱床の特徴を併せ持つ鉱床における金の鉱化作用を明らかにするため、秋田大仙市にある畑鉱床周辺の地質調査、熱水変質鉱物の同定、鉱石鉱物の顕微鏡観察、鉱物化学分析、流体包有物マイクロサーモメトリおよび塩濃度測定を行った。

鉱床周辺の地質は上部中新世船川層であり、珪長質凝灰岩・暗灰色泥岩・火山角礫岩及びラピリストーンの3相が分布し、直方輝石ダイサイト質溶岩が堆積層の上部に被覆する。鉱床を胚胎するのは珪長質凝灰岩である。

鉱体下部と上部の鉱石を比較するため、鉱体下部(標高255.4m)から採鉱された鉱石からなる3番坑捨石場と、鉱体上部に位置し地表で確認できる5番坑(標高210m)から試料を採取した。3番坑で採取した鉱石は方鉛鉱や閃亜鉛鉱の硫化物に富む鉱石であり、5番坑で得られた鉱石は銀黒を伴う石英脈であり重晶石を多量に伴う。金は硫化物に富む3番坑の鉱石中に多く見られ、5番坑の鉱石の銀黒部には金はずかで、輝銀鉱が主として認められる。

粉末XRD分析による熱水変質鉱物同定の結果、熱水変質鉱床周辺と5番坑の銀黒を伴う鉱石の母岩はセリサイト変質を被

っていることが判明した。また、方鉛鉱や閃亜鉛鉱などの硫化物に富む3番坑鉱石はセリサイト変質に加えてカリ長石変質を伴っていた。この違いは、鉱体下部を形成した熱水は中性～アルカリ性の熱水であったが、鉱床上部に移動するにつれて中性～酸性に変化したことを示す。

石英と重晶石中の流体包有物を用いて鉱化流体の均質化温度と塩濃度を測定した結果、5番坑鉱石の均質化温度は177.4～230.2℃、塩濃度は2.90～6.01%、3番坑鉱石の均質化温度は209.8～250.2℃、塩濃度は5.11～6.16%であった。鉱床下部では塩濃度が高く、均質化温度も高い結果になった。

SEM-EDSによる鉱物化学分析の結果、5番坑鉱石は閃亜鉛鉱中の鉄含有量は0.13～0.225atom%でエレクトラム中の金の含有量は57.1～58.5%であった。3番坑鉱石の閃亜鉛鉱中の鉄の含有量は0.26～0.57atom%となり、エレクトラム中の金の含有量は60.2～69.3atom%である。エレクトラムターニッシュ法と閃亜鉛鉱地質温度計に基づくと、本鉱床における金鉱化作用は、熱水中の金がHS⁻錯体を形成して運搬される低硫化系熱水性鉱床に近い性質を持つと考えられる。

以上の結果から、畑鉱床の金鉱化作用は低硫化系の網状鉱脈型鉱床と分類され、熱水中の硫酸イオンが鉱体下部から上部へ増加する過程で、金の溶解度が下がることによって金が沈殿したと結論づけた。

Key words: epithermal Au deposit, low sulfidation, base metal sulfide, barite, sea water

Corresponding author: m6021104@s.akita-u.ac.jp

CaO-Na₂O-CO₂に富む流体から析出した

オンファス輝石の微細組織観察

大井修吾* (滋賀大教育)、木下周祐、伊神洋平、三宅亮、平島崇男 (京大)

Fine structures of omphacite in CaO-Na₂O-CO₂ rich fluid

Shugo Ohi* (Edu. Shiga), Shusuke Kinoshita, Yohei Igami, Akira Miyake and Takao Hirajima (Kyoto Univ.)

1.はじめに：

オンファス輝石 (Omphacite, Omp)は、diopside(Di) - jadeite (Jd) 系で中間程度の化学組成を持ち、高温下ではM1席のMg, AlおよびM2席のCa, Naの配列が無秩序でC2/cとなり、低温になると配列が秩序化し相転移が起こり、低温ではP2/nの空間群が安定であると考えられている(Carpenter, 1980; CMP, 71, 289-300)。C2/c相が秩序化した際に出現可能性な空間群はP2/n, P2/c, C2, P2であるが(Carpenter 1978, CMP 67, 17-24)、ごく一部の低温試料を除き、P2/c, C2, P2の観察例はない。

木下・平島(2016, JpGU)は北海道幌加内地域の神居古潭変成岩中に発達するCaO-Na₂O-CO₂に富む淡緑色脈(構成鉱物はapatite, albite, Omp/Di, pumpellyite, aragonite/calcite, chlorite)中のOmp/Diは連晶組織を示し、OmpはJd₃₁₋₄₂Ac_{m18-25}Di₃₈₋₅₅の組成範囲でAl-poor, 中間, Al-richの3領域に区分できることを示した。また、上述のOmpの一部は透過型電子顕微鏡(TEM)観察からC格子を示した(木下他, 2017, JpGU)。今回は、同一試料について追加のTEM観察を行ったので、その結果を報告する。

2. TEM観察で見出した3種類の微細組織：

TEM観察でも、Ompは3領域に分類する

ことができ、それぞれに特徴的な微細組織を認めた。

微細組織1：[010]から観察すると、転位が多く、主にC2で現れる反射と一部C2/cやP2/nと思われる電子線回折図形が得られた。

微細組織2：[010]から観察すると、(100)に平行な離溶ラメラを認めた。Ca-rich相の回折図形は主にP2/nで、一部ではP2/nの反射とC2の反射が同時に現れるP2の電子線回折図形が得られた。Ca-poor相の回折像はC2/cであった。

微細組織3：[001]から観察すると、(010)に平行なC2/cとP2/cのラメラを認めた。しかし、化学組成マッピング像ではこの組織を確認できなかった。

3.考察と結論：

TEMを用いた化学組成分析で得られた微細組織1, 2, 3のバルク組成はおよそ木下・平島(2016, JpGU)のAl-rich, Al-poor, 中間領域と一致する。また脈を構成する鉱物組合せからその形成条件は<300°C & <0.8GPaであり、この条件下でのOmpの安定相は3領域ともP2/nである。流体から最初に析出するOmpの空間群はC2/c相であり(Carpenter 1978)、その後、安定相であるP2/nに転移する過程において、Omp領域のわずかな化学組成の差を反映して、P2/c, C2, P2などの準安定相が残ったと考えられる。

Keyword: omphacite, CO₂-rich fluid, TEM

Corresponding author: s-ohi@edu.shiga-u.ac.jp

下立トラバーチンの炭酸塩鉱物U-Pb年代

福山繭子 (秋田大)・小笠原正継 (産総研)

U-Pb age of the Oritate travertine from Unazuki area, Toyama, Japan.

Mayuko Fukuyama (Akita Univ.) *・Masatsugu Ogasawara (GSJ, AIST)

富山県黒部市下立地区には、一般に”オニックスマーズブル”と呼ばれ装飾用石材として利用されるトラバーチンが産する。過去の研究では、下立トラバーチンを整合に覆う砂岩層から得られたジルコンについて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) U-Pb年代測定が行われ、 104 ± 1 Maが得られているが (久保, 2017)、下立トラバーチンからの年代は得られていない。そこで、本研究では、この下立トラバーチンのU-Pb炭酸塩鉱物年代測定を実施し、その形成年代を検討した。U-Pb年代測定には、秋田大学理工学研究科に設置されたLA-ICP-MS (NWR193UCとAgilent 7700x) を用いた。下立トラバーチンのU/Pb比は1.1~2.2と低く、またウランは $0.2 \mu\text{g/g}$ と乏しい。一次標準試料には91500ジルコン (Wiedenbeck et al., 2004) とWC-1 (Roberts et al., 2017) を使用した。

U-Pb年代測定を行なった下立トラバーチンのうち、試料によってはU-Pb同位体系が保存されず年代値を得られないものもあるが、1試料からは 62 ± 26 Ma (MSWD=1.1)との結果が得られた。この地域に分布する太美山層

群の溶結凝灰岩からは70Maの年代が得られている (金子ほか, 2019)。下立トラバーチンは太美山層群に見られる白亜紀末の火成活動に伴って形成された可能性がある。また、試料の元素マップを作成し、U濃度の変化の指標となる元素についても検討した。

謝辞

宇奈月町下立財産区議会、長谷川晴夫議長には野外調査の便宜を図っていただき、また装飾用石材として保管されていたトラバーチン試料を提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

文献

金子ほか(2019)地質学雑誌, 125, 781-792. 久保(2017)日本地質学会講演要旨. Roberts et al. (2017) Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 18, 2807-2814. Wiedenbeck et al. (2004) Geostandards and Geoanalytical Research, 28, 9-39.

Keywords: travertine, U-Pb age, carbonate mineral, LA-ICP-MS

*Corresponding author: mayuko@gipc.akita-u.ac.jp

12:00 PM - 12:15 PM (Sat. Sep 18, 2021 9:30 AM - 12:15 PM Zoom Session 3)

[discussion] 総合討論

Oral presentation

S3: Tectonics of East Asia (Special Session)

Chairperson: Kosuke Kimura (KOSEN, Kure College), Kaushik Das (Hiroshima Univ. Sci.)

Sat. Sep 18, 2021 10:00 AM - 12:00 PM Zoom Session 1

[Chairperson]

Kosuke Kimura: S3-01 - S3-03

Kaushik Das: S3-04 - S3-06

[S3-01] Zircon U-Pb dating of granitoids in western Nagasaki, southwest Japan

*Yukiyasu Tsutsumi¹, Kenichiro Tani¹ (1. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

10:00 AM - 10:15 AM

[S3-02] Multi-stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia

*Takeshi Imayama¹, Ryoichi Kawabata¹, Takenori Kato², Chang Whan Oh³, Kenji Horie⁴, Mami Takehara⁴ (1. Okayama Univ. of Sci., 2. Nagoya Univ., 3. Jeonbuk National Univ., 4. NIPR)

10:15 AM - 10:45 AM

[S3-03] Tonoshiki breccia recording the signature of the closure of Maizuru back-arc basin during Permian-Triassic boundary

*Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}, Kenta KAWAGUCHI³, Jun-ichi ANDO^{1,2} (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. HIPER, 3. Jeonbuk Nat. Univ., Korea)

10:45 AM - 11:00 AM

[S3-04] Mixing process of oceanic crust of BAB spectrum and continental crust in the Maizuru belt, SW Japan

*Yasutaka Hayasaka¹ (1. Hiroshima Univ. Sci.)

11:00 AM - 11:15 AM

[S3-05] Age variation of granitoids of Tsuwano Complex, SW Japan

*Kosuke Kimura¹, Yasutaka Hayasaka², Tomoyuki Shibata², Kaushik Das², Kenta Kawaguchi³ (1. KOSEN, Kure College, 2. Hiroshima Univ. Sci., 3. Jeonbuk Nat. Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM

[S3-06] The tectonic evolution of the Northeast Asia including Korea and Japan from Permian to Cretaceous

*Chang Whan Oh¹ (1. Jeonbuk National Univ., Republic of Korea)

11:30 AM - 12:00 PM

長崎県西部の花崗岩類のジルコン U-Pb 年代

堤 之恭・谷 健一郎 (国立科学博物館)

Zircon U-Pb dating of granitoids in western Nagasaki, southwest Japan

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

Zircons U-Pb ages were obtained from granitoids in western Nagasaki Prefecture. Considering the ages, it is thought that granitoids in Enoshima Island and Irose Shoal emplaced ~100 Ma whereas Oseto and Otate emplaced in ~97 Ma and Oseto suffered later activity in ~90 Ma. These ages are equivalent of the granitoids in the Ryoke belt. The Oseto granodiorite contacts the Nagasaki Metamorphic Complex which is equivalent of the Sanbagawa belt, across the Yobukonoseto fault system. These data will be important when considering the framework of Kyushu.

長崎県の西彼杵半島と五島列島との間は「相の島帯」とよばれ、花崗岩を含む先第三紀基盤岩が伏在している。西彼杵半島西端の大瀬戸花崗閃緑岩と、「大立島背斜」に沿って東から小立島、大立島、色瀬、江島に花崗岩質岩の露出が確認できる。これらの花崗岩質岩についてジルコン年代測定を行った。その結果、江島・色瀬・大立島の花崗岩試料からは年代を得られた。しかし小立島のジルコン年代は明確なピークを成さず、また大瀬戸花崗閃緑岩の年代は分散が大きく、有効な年代とは言い難い (右図)。

年代的には、より西の江島・色瀬が約 100 Ma, 大立島が約 97 Ma を示し、この間にギャップが存在すると思われる。また、大瀬戸花崗閃緑岩は約 97 Ma に形成されたものが後 (90 Ma 頃?) の熱影響を被っている可能性がある。

これらの年代は北部九州を含む領家花崗岩の年代に対応し、大瀬戸花崗閃緑岩は呼子ノ瀬戸断層系を介して三波川帯に対応する長崎変成岩と接する。この事実は、九州の地体構造を論じる上で意味を持つと考えられる。

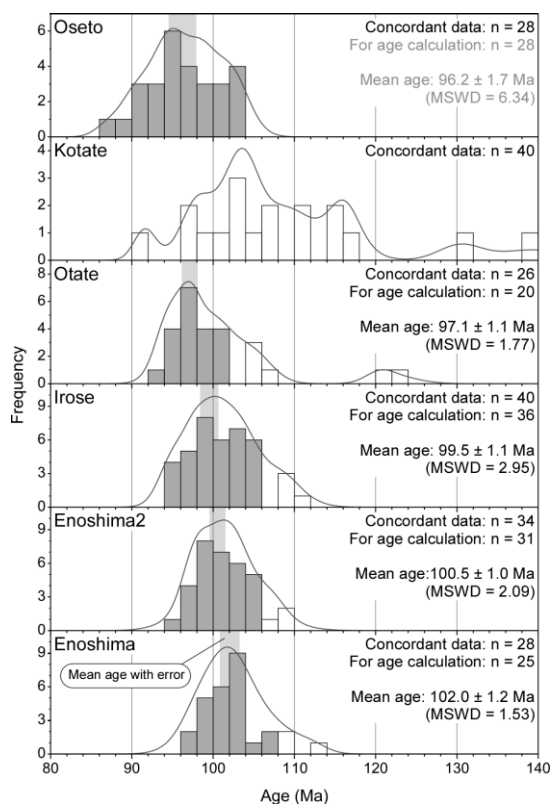


Figure. Histograms of age data of the samples. Errors of weighted mean ages are 95% conf.

Keywords: zircon, U-Pb age, granitoid, Nagasaki, Ryoke

*Corresponding author: ytsutsu@kakhaku.go.jp

日本列島隠岐片麻岩類の複数変成史：古原生代変成作用 と北東アジアのテクトニクス

今山武志, 川端凌市(岡山理大), 加藤丈典(名古屋大), Oh Chang Whan(全北大), 堀江憲路, 竹原真美(極地研)

Multi-stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia

Takeshi Imayama*, Ryoichi Kawabata (Okayama Univ. of Sci.), Takenori Kato (Nagoya Univ.),
Chang Whan Oh (Jeonbuk Univ.), Kenji Horie, Mami Takehara (NIPR)

Metamorphic P–T conditions, monazite chemical ages, and zircon U–Pb ages from the gneisses exposed in the Oki belt, Japan, were integrated to unravel the multi-stage metamorphic history of the belt. Microstructural observations combined with obtained P–T conditions and metamorphic ages reveal three distinct stages of metamorphism: M1, M2, and M3. The M1 stage occurred c. 1.85 Ga with high-T granulite-facies metamorphism (793–803°C and 9.8–12.3 kbar and 738–755°C and 9.1–12.0 kbar in the southwestern and southeastern Oki gneisses, respectively). The age of the M1 stage is well recorded in monazites included in large garnet porphyroblasts and low Th/U metamorphic rims in zircons from the Oki gneisses. The M1 metamorphism was overprinted by c. 230 Ma metamorphism (M2), which occurred at granulite-facies conditions (817–829°C and 9.0–10.3 kbar) in the southwestern Oki gneisses and at upper amphibolite-facies conditions (693°C and 5.3 kbar) in the southeastern Oki gneisses. Monazites in small garnets, euhedral zircons, and outermost rims of zircons crystallized during this stage. The final metamorphism occurred as retrograde amphibolite-facies recrystallization (M3) at conditions of 558–638°C and 3.7–4.8 kbar. The inherited cores in zircons yield ages from Paleoproterozoic to Paleoproterozoic but lack Paleozoic ages. The detrital zircon distribution and the Paleoproterozoic metamorphic event in the Oki belt support the idea that the Oki gneisses are fragments of a Precambrian terrane rather than Paleozoic sediments derived from the terrane. Combined with previous studies, we concluded that the c. 1.85 Ga M1 high-T granulite-facies metamorphism in the Oki belt could be related to that of the Jiao-Liao-Ji belt in the eastern North China block via the northern Gyeonggi and Nangrim Massifs on the Korean Peninsula, whereas the c. 250–230 Ma M2 stage could be associated with collision between the North and South China blocks. The Oki belt geologically corresponds to the northern Gyeonggi Massif in South Korea due to their similar Paleoproterozoic and Triassic tectonothermal events.

Keywords: Multi-stage metamorphic history, Oki belt, Paleoproterozoic metamorphic event, Triassic tectonic event

*Takeshi Imayama: imayama@ifst.ous.ac.jp

Tonoshiki breccia recording the signature of the closure of Maizuru back-arc basin during Permian-Triassic boundary

Ngombi Mavoungou, L.^{1*}, Das, K.^{1,2}, Hayasaka, Y.^{1,2}, Kawaguchi, K.³, Ando, J.^{1,2}

- (1) Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, Japan.
- (2) Hiroshima Institute of Plate Convergence Region Research, Hiroshima.
- (3) Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Republic of Korea.

Tonoshiki Formation, a breccia-dominated unit which is made up of different sized extremely angular clasts occurred in Maizuru back-arc basin that closed during Late Permian. One of the dominant types is a breccia dominated by mafic rock clasts derived from the Yakuno ophiolites. Recently, clasts with different features, mostly felsic shallow crustal rocks fragments, have been found in the breccia. These two types of breccia might not only differ in terms of their petrology, but they are likely to also present different geochronological and microstructural characteristics. In this study, we report the depositional timing and some microstructural features for Tonoshiki breccia. The detrital zircon LA-ICP-MS dating of Tonoshiki breccia provide Latest Permian maximum depositional ages of 259 and 251 Ma for the mafic-rock clast-rich type and the felsic-rock block-dominated unit, respectively. These characteristics of Tonoshiki breccia suggest its formation as a result of two phases of tectonic activity-induced debris flow occurring during Late Permian. The optical microscopic observation of 2 specimens of Tonoshiki breccia reveal several microstructural features for both types. The two types of Tonoshiki breccia commonly display internal fracturing within several single clasts (e.g., tonalitic, rhyolitic rock fragments). Moreover, evidence of hydraulic fracturing has been found in both types of the breccia. In contrast, following two different types of veins are prominent for both types. Prehnite-pumpellyite and quartz-filled veins are found in the mafic rock-clast rich unit whereas a network of multi-directional calcite-filled fractures are present in some felsic rock fragments. The examination of a Triassic sandstone sample of the Fukumoto Formation under optical microscope does not reveal any evidence of hydraulic fracturing. This provides a possible constraint for the timing of veins formation in Tonoshiki breccia. The development of veins was triggered by fluid overpressure that possibly occurred during the last evolutionary stage of Maizuru back-arc basin represented by the collision with the eastern margin of the East Asian continent, which marks the present Maizuru terrane. The Permo-Triassic transition in Maizuru-back-arc basin is characterized by the deposition of Tonoshiki breccia during two pulses of tectonic activity and is accompanied by hydraulic fractures affecting the breccia. Hydraulic fracturing might represent the tectonic signature related to the closure of the basin.

Keywords: Basin closure, Hydraulic fracturing, Late Permian, Maizuru back-arc basin, Tonoshiki breccia.

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

舞鶴帯における背弧盆性海洋地殻と大陸地殻の混合過程

早坂康隆* (広島大)

Mixing process of oceanic crust of BAB spectrum and continental crust in the Maizuru belt, SW Japan

Yasutaka Hayasaka* (Hiroshima Univ.)

舞鶴帯の構成：舞鶴帯は模式地の舞鶴-大江地域において北帯、中帯、南帯に三分される。北帯は圧碎花崗岩類を主とし、変斑れい岩-ドレライトや少量の泥質片麻岩を伴い、南帯は変斑れい岩-ドレライト主体で、圧碎花崗岩を伴う火成岩複合岩体からなる。その間に存在する中帯には主としてペルム系舞鶴層群と、これを不整合に覆うトリ阿斯系夜久野層群、難破江層群が分布し、変斑れい岩や圧碎花崗岩などのレンズ状小岩体がテクトニックに「貫入」している。舞鶴帯を構成する変斑れい岩-ドレライトや圧碎花崗岩類などは、一括して夜久野岩類と呼ばれている。

夜久野岩類の起源と年代：南帯の夜久野岩類は、前期石炭紀の約 340 Ma に形成された海洋プレート内にペルム紀前・中期の 290-270 Ma に形成・成長した海洋内島弧地殻起源である（早坂ほか, 1996）が、石炭紀の海洋地殻の大部分は背弧盆起源である（Suda et al., 2014）。北帯は模式地の舞鶴-大江地域で断層によって東部の舞鶴花崗岩（Ca. 280-240 Ma）と西部の桑飼岩体（Ca. 440-400 Ma, 290 Ma）に分けられる（池田・早坂, 1994; Fujii et al., 2008; Tsutsumi et al., 2014）。これらを近隣の大陸地殻と比較すると、桑飼岩体はロシア沿海

州のハンカ地塊に、舞鶴花崗岩は飛騨帯のペルム紀-ジュラ紀花崗岩類と共に、北朝鮮北東端の咸北帯の豆満江複合岩体に対比される。桑飼複合岩体の西方延長は岡山県久米地域の取首山岩体（Ca. 490-300 Ma; 原田ほか, 2015）である。中帯の夜久野岩類は、大部分 290-270 Ma の背弧盆起源の変斑れい岩（小出, 1986）や花崗岩類からなるが、津和野地域には新太古代-古原生代、およびシルル・デボン紀の花崗岩類やメタコーツァイトなどからなる大陸クラトン起源の津和野コンプレックスが伴われる。（木村ほか, 2019; Kimura et al., 2021）。

海洋地殻と大陸地殻の混合プロセス：中帯の西方延長である福山市北部の山野層群などに厚さ 50 m 以上の半遠洋性赤色珪質粘土岩が伴われることから、中帯の起源となった背弧盆は現在の四国海盆ほどの広さになって海洋性の地殻を伴っていたと推定される。そこに大陸クラトンの断片が伴われるのは、日本海のように、大陸縁内で形成・拡大する際に大和堆のような大陸地殻の断片を取り残した背弧盆が収束したためと考えられる。その後舞鶴帯は幅の広い右横ずれ運動によってメラランジュ化した。

Keywords: Maizuru belt, Yakuno complex, Tsuwano complex, closure of back-arc basin

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

舞鶴帯津和野コンプレックス花崗岩質岩の年代の多様性

木村光佑* (呉高専), 早坂康隆, 柴田知之, ダス カウシク (広島大), 川口健太 (全北大学校)

Age variation of granitoids of Tsuwano Complex, SW Japan

Kosuke Kimura* (KOSEN, Kure College), Yasutaka Hayasaka, Tomoyuki Shibata, Kaushik Das (Hiroshima Univ.), and Kenta Kawaguchi (Jeonbuk National Univ.)

島根県津和野地域の舞鶴帯から見出された新太古代-古原生代の花崗片麻岩, 花崗岩類やメタコーツァイトなどからなる津和野コンプレックス(木村ほか, 2019; Kimura et al., 2021)のうち, 特に花崗岩類の年代バリエーションをより広く詳細に把握するため, 津和野地域西部に露出する戸谷川岩体(新称)の花崗岩質岩 5 試料, 部栄岩体の花崗岩質岩 1 試料のジルコン, および戸谷川岩体のメタコーツァイト 1 試料の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代を LA-ICP-MS を用いて測定した。

戸谷川岩体は西北西-東南東方向に伸びた長さ約 1 km, 幅約 100 m のレンズ状小岩体であり, 戸谷川沿いに露出する。メタドレライトと花崗岩質岩を主体とし, メタコーツァイトを伴う。花崗岩質岩は主に石英, 斜長石, カリ長石からなり, いずれも強いカタクラシスを被っているが, 火成岩組織を残している。メタコーツァイトは少量のカリ長石を伴う。

戸谷川岩体の花崗岩質岩 2 試料からは 1842 ± 9 Ma と 771 ± 5 Ma の単一年代がそれぞれ得られた。別の 2 試料からは, 波動累帯構造を示すリム部から 479 ± 5 Ma の年代 ($\text{Th/U} < 0.1$) が, コアから約 915–845 Ma と約 815–755 Ma の inherited 年代がともに得られ

た。更に 1 試料からは約 490–400 Ma の年代が得られた。また部栄岩体からは 1760 ± 11 Ma の年代が得られた。一方, メタコーツァイトからは約 2705–2140 Ma ($n = 21/102$) のコンコダント年代が得られ, 約 2675 Ma に最大のピークを持つ。また約 1850 Ma にも Th/U 比が 0.1 未満のコンコダントなデータが 1 点認められる。

戸谷川岩体の花崗岩質岩は VAG の特徴を示し, 771 Ma のものは特に高い A/CNK(>1.5) を示す。一方, 部栄岩体のもは A タイプ花崗岩であり, WPG の特徴を示す。

戸谷川岩体にも古原生代の花崗岩類およびメタコーツァイトが分布していることが明らかとなった。戸谷川岩体から得られた 915–755 Ma の年代は, 南中国地塊で最大のピークを形成しているが北中国地塊の南縁にも知られており, 韓半島の京畿地塊北部から狼林地塊南部に延長している (Lee et al., 2020)。また 1.8–1.75 Ga の A タイプ花崗岩は例えば北中国地塊南縁で知られており (Bai et al., 2021), コロンビア超大陸の分裂に伴うリフトの活動との関連が指摘されている。今後アジア大陸との精密な対比によって, 津和野コンプレックスの起源を制約する。

Keywords: Maizuru Terrane, Tsuwano Complex, Zircon U-Pb age

*Corresponding author: koske.kimura@gmail.com

The tectonic evolution of the Northeast Asia including Korea and Japan from Permian to Cretaceous

Chang Whan Oh (Dept. of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea)

The Permo-Triassic collision between the North and South China Cratons (NCC and SCC) occurred in the Korean Peninsula (KP). The tectonic model in which the collision was considered to occur along the Hongseong-Odesan collision belt in the Gyeonggi Massif (GM), is most suitable one because it can explain most recent new geological findings and Korea-China correlation. During the collision, the subduction began along the south margin of the SCC. Another Permo-Triassic collision between the NCC and Khangka Block occurred along the Dumangang belt in the northeast KP. Whereas the subduction zone was maintained in the east coast of the northern KP, forming the Paleozoic-Triassic subduction complex which is now the Paleozoic subduction complex in the southwest Japan. During the Permo-Triassic time, the collision and post collision related igneous activities occurred in the northern GM, Nangrim Massif and Kwanmo Massif, whereas the subduction related igneous activities occurred along the southern margin of the KP. During Jurassic before 190 Ma, the subduction related igneous activities occurred in the southern and eastern margins of the KP and the Hida and Oki belts in Japan. After 190-180 Ma, the subduction related igneous activities stopped in Japan and the southeastern and eastern margins of the KP, representing movement of arc front towards west and northwest with decreasing subduction angle. During 180~150 Ma, the igneous activities occurred regionally in the northeast China and inner part of the Korean Peninsula, representing a flat subduction under the Northeast Asia which continued until 145 Ma. After 145 Ma, the Cretaceous igneous activities moved southeastwards from Beijing through Shandong and Liaoning areas to KP until 80 Ma. The Cretaceous igneous activities occurred due to the mantle uplift caused by slab roll-back. The southeastwards movement occurred due to the movement of location where mantle uplift with destruction of flat subducted oceanic slab. On the other hand, the subduction related Cretaceous igneous activities occurred from 128 Ma in Japan, which is not coincide with a southeastwards trend of decreasing age of the Cretaceous igneous activities. These data indicate that the subducted slab below Japan was disconnected from that under the KP at 128 Ma due to extension tectonic regime in the Northeast Asia and then began to subduct separately under Japan. The extensional regime was stopped at 80 Ma with stopping of mantle upwelling related igneous activities in the KP and was changed into compressional regime with subduction related igneous activities occurred along the southern margin of the KP and in Japan.

Key words; Permo-Triassic collision, Jurassic flat subduction, Cretaceous slab roll-back, Northeast Asia

Corresponding author; ocwhan@jbnu.ac.kr

Poster presentation

R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R2P-01] Inhibitory effect of vaterite transition to calcite in the freezing environment.

*Noboru Furukawa¹, Hinako Okita¹ (1. Chiba Uni. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R2P-02] Dynamics of Guest Molecules of Melanophlogite and Chibaite

*Kouta Hiranuma¹, Koichi Momma³, Maho Kageyama², Yui Shiraishi², Hidekazu Okamura¹, Naoki Noguchi¹ (1. Tokushima Univ. Tech., 2. Tokushima Univ. Sci And Tech., 3. Nat'l. Mus. Nat. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

凍結環境が Vaterite の Calcite 化の抑制に与える影響.

古川 登, 沖田ひなこ (千葉大・理)

Inhibitory effect of vaterite transition to calcite in the freezing environment.

FURUKAWA Noboru, OKITA Hinako (Chiba Univ.)

炭酸カルシウムの多形の一つである vaterite は、地表の環境では不安定なため、特に水を伴った天然での産出は極めてまれである。しかしパミール高原北部, アライ山域のアイスコアとカナダのエルズミア島 Borup Fiord Pass では、温泉水から沈殿したと考えられる天然の vaterite が見いだされており、1) 温泉水に伴う硫酸塩の存在 (石膏と共存), 2) 氷河に伴う低温環境, が vaterite の保存に影響した可能性が指摘されている。

このうち、溶液中の硫酸塩の存在が vaterite の calcite への転移を抑制する効果があることは実験的に確かめられているが (Fernández-Díaz et al. 2010), 250 時間程度で calcite に変化する。このため、生成時から百数十年が経過しているパミール高原のアイスコアの vaterite は、硫酸塩の存在だけでは説明できない。

そこで、発表者らは、溶液に浸漬した合成 vaterite を 25℃, 4℃, -26℃ に設置し、calcite への転移する様子を観察した。

出発物質の vaterite は、攪拌した 60℃ の 0.5M

Keyword: vaterite, calcite, degree of frost, glacier

furukawa@faculty.chiba-u.jp

K₂CO₃ 溶液に 0.1M CaCl₂ 溶液を滴下して作成した。マイクロチューブにこの vaterite と溶液を入れ、3 日, 7 日, 14 日後に回収した。溶液は超純水, 0.5M K₂CO₃ 溶液, 0.5M K₂CO₃ + 0.25M K₂SO₄ 溶液の 3 種類を用いた。溶液は、25℃, 4℃ では液体, -26℃ では凍結し固体 (氷) であった。生成物は XRD で測定した。

25℃ の試料では超純水の 3 日後の試料にわずかに vaterite が残っていた以外はすべて calcite に変化していた。4℃ では、14 日後でも vaterite が残っていたが、時間の経過とともに calcite の量が増加していた。-26℃ では 14 日後でもすべての試料で出発物質からの変化は見られなかった。各温度において、溶液の種類による結果の差異は、ほとんど見られなかった。

このことから、パミール高原とエルズミア島にみられる vaterite は凍結した環境下に置かれていたため、現在まで保存されたと考えられる。

Fernández-Díaz et al. (2010) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74 6064–6076

メラノフロジャイトと千葉石のゲスト分子の分子ダイナミクス

平沼こうた* (徳島大), 門馬綱一 (国立科学博物館), 景山真帆,
白石柚衣, 岡村英一, 野口直樹 (徳島大)

Dynamics of Guest Molecules of Melanophlogite and Chibaite

Kouta Hiranuma* (Tokushima Univ.), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.),
Maho Kageyama, Yui Shiraishi, Hidekazu Okamura, Naoki Noguchi (Tokushima Univ.)

メラノフロジャイト(MEP)と千葉石は、サイズの異なる複数種類の SiO_2 ケージ(籠)が組み合わさって、包接化合物構造をとる。このケージ内には、ゲスト分子として様々な気体分子を取り込んでおり、ゲスト分子のサイズと熱振動の温度依存性の相関関係を調べるのに適した研究対象であると言える。本研究ではラマン分光法と赤外分光法を用いて、10K から室温までの低温条件で、それぞれの鉱物のゲスト分子の振動状態がどのように変化するかを調べた。

MEP はイタリアの Fortullino, Livorno 産のものとロシアのサハリンの Zamiraylova Golova 岬で産出したものを、千葉石は長野県で産出したものを測定した。測定の結果、MEP のゲスト分子はメタン、二酸化炭素であり、千葉石のゲスト分子はメタン、エタン、プロパン、イソブタンであることが分かった。両鉱物に含まれる炭化水素の CH 伸縮振動のラマンシフトの温度依存性とケージに対するゲスト分子のサイズの関係を示したのが上図である。比較のために、この図には MEP と同型のメタンハイドレート(MH)と

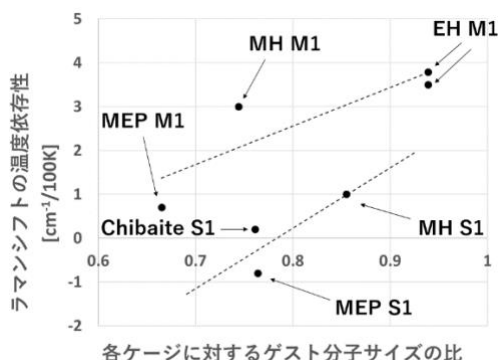


図 ラマンシフトの温度依存性とケージに対するゲスト分子のサイズの関係^[1]

エタンハイドレート(EH)のデータも載せてある。

S1 ケージのゲスト分子に比べて、M1 ケージのものはラマンシフトの温度依存性が大きい傾向にあると言える。本発表では、ゲスト分子とケージ間の相互作用の温度依存性と、ゲスト分子のケージの占有率について議論する。

Reference

[1] G. Fuseya *et al.* *RSC Adv.* **8**, 3237, 2018

Keywords: melanophlogite, chibaite, Raman spectroscopy, infrared spectroscopy

*Corresponding author: c612133019@tokushima-u.ac.jp

Poster presentation

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

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R3P-01] Measurements of local stress using TEM in-situ observation

*Akira MIYAKE¹, Yohei Igami¹, Toru Matsumoto¹, Satoko Motai³, Ryuichi Nomura² (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ., 3. Yamagata Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-02] Re-evaluation of phase transitions in bismuth

*Shigeaki Ono¹ (1. JAMSTEC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-03] Pressure-induced phase transitions of tridymite by Raman spectroscopy

*Masami Kanzaki¹ (1. Okayama U. IPM)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-04] Carbon isotope fractionation during the formation of Diamond from Stearic acid under HP-HT condition

*Hideaki Kawamura¹, Hiroaki Ohfuji¹, Madhusoodhan Satish-Kumar², Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-05] Phase boundary between diasporite and δ -AlOOH

*Akio Suzuki¹ (1. Tohoku Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-06] In-situ IR measurements of bridgmanite single crystal at high pressure using DAC

*Noriyoshi Tsujino¹ (1. Okayama Univ., IPM)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-07] Water contents of magma as functions of pressure and temperature at the uppermost lower mantle

*OKUMURA KOTA¹, Toru INOUE¹, Sho KAKIZAWA¹, Masamichi NODA¹, Takaaki KAWAZOE¹, Tomoko SATO¹, Toru SHINMEI², Tetsuo IRIFUNE² (1. Hiroshima Univ. Adv. Sci. Eng., 2. Ehime Uni. GRC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-08] Partial molar volume of Fe₂O₃ in magma at high pressure

Rintaro Ban¹, *Akio Suzuki¹, Tatsuya Sakamaki¹ (1. Tohoku Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R3P-09] Refractive index measurement of SiO₂ glass at high pressure

*Takeshi Sakai¹, Hideto Mimori¹ (1. Ehime Univ., GRC)

9:30 AM - 6:30 PM

透過型電子顕微鏡内その場圧縮観察における 電子回折を用いた局所応力測定

三宅亮・伊神洋平・松本徹（京大・理），甕聡子（山形大），
野村龍一（京大・白眉）

Measurements of local stress using electron diffraction in in-situ TEM indentation experiments

Akira Miyake, Yohei Igami, Toru Matsumoto (Kyoto Univ.), Satoko Motai (Yamagata Univ.),
and Ryuichi Nomura (Kyoto Univ.)

【はじめに】

材料科学の分野では、透過型電子顕微鏡内で変位または荷重をかけることによる材料の圧縮試験や破壊実験が多く行われている。しかし、これらの多くは、実験装置が制御する荷重と試料の大きさ（面積）より応力を計算していることがほとんどである。そこで、本研究では、電子回折図形から格子の圧縮率を決定し、それをもとに微小領域での応力を求めることを目的としておこなった。

【手法】

試料として、シリコンおよびダイヤモンドの単結晶を用いた。集束イオンビーム加工装置（Thermo Fisher Scientific 社製 Helios NanoLab G3 CX）を用いて、晶帯軸がほぼ[01-1]、圧縮面が(001)、圧縮方向が[001]になるような厚さ約 100 nm のシリコン薄膜試料と、太さが約 100 nm のシリコンピラー試料およびダイヤモンドピラー試料を作製した。作製した試料に対して、透過型電子顕微鏡内でのその場圧縮実験を荷重制御により行った。圧縮実験は、電界放射型透過型電子顕微鏡（JEOL 社製 JEM-2100F）内で試料に対してダイヤモンド圧子を押し込むことが可能な専用ホルダ（Bruker 社製 Hysitron PI95 TEM PicoIndenter）を使用して行った。実験は、40 ~ 500 μN の荷重で行った。

電子回折図形は、圧縮実験の前後と、圧縮実験中に取得し、実験終了後に Digital Micrograph (AMETEK Gatan 社製) と ReciPro (Seto, <http://pmsl.planet.sci.kobe-u.ac.jp/~seto/>) を用いて解析を行った。また、得られた圧縮率からの応力（圧力）の推定は、Pandya et al.

(2012)を用いた。

【結果と考察】

シリコン薄膜試料を用いた実験では、圧縮方向の(001)の面間隔が縮んでいることがわかった。一方、圧縮方向と垂直な方向である[110]方向は、ほとんど変化がないことがわかった。電子線入射方向の変化については、今回は情報を得ることはできなかった。線膨張係数からの換算で、荷重 40 μN の実験では圧縮方向に約 1.7 GPa、100 μN では約 2.4 GPa、200 μN では約 3.7 GPa の応力を得ることができた。電子線入射方向については結晶格子が伸びている可能性もあるが、今回はほぼ無視できると仮定すると、体積膨張率からの換算では荷重 200 μN で 1.1 GPa の応力がでたことになる。また、インデント（圧子）が接していると思われる場所から、圧縮方向に沿っていくつかの異なる領域で応力を見積もったところ、圧子から離れるに従い応力が徐々に減衰していることがわかった。

ダイヤモンドピラーを用いた荷重 100 μN の圧縮実験では、圧縮方向に約 30 GPa の応力を得ることができた。一方、圧縮方向と垂直な方向には、ほとんど変化がないことがわかった。

今後の課題として、圧子の先端の形状およびどこに接しているかを明らかにするなど挙げられる。

【引用文献】

Wang et al., (2015) Scripta Materialia, 98, 40;
Pandya et al. (2012) J. Phys.: Conf. Ser. 377 012097

Keywords: electron microscope, in-situ experiment, nano-deformation

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

ビスマス相転移境界の再評価

小野 重明 (海洋研究開発機構)

Re-evaluation of phase transitions in bismuth

Shigeaki Ono* (JASTEC)

We investigated the phase transitions in bismuth at high pressures and high temperatures using the multi-anvil press and the synchrotron X-ray diffraction technique. The stability of each phase was identified by observing the powdered X-ray diffraction data. The transition pressure between Bi-III and Bi-V determined in our study was 7.6 GPa at room temperature, which was in general agreement with that observed in previous high-pressure experiments.

量子ビームを利用した高压実験では、装置で発生する圧力は、比較的正確に見積もることができる。一方、量子ビームの併用が困難な研究手法が多々あることや、量子ビームの利用機会が限られていることなどの理由から、今後も精力的に室内実験研究が行われることが予想される。そこで問題となるのは、室内実験における圧力情報の正確さであろう。地球内部科学においては、圧力は深度の情報に対応するからであり、緻密な研究を進める上では、きわめて正確な実験圧力条件を知ることが不可欠である。そこで本研究においては、室内実験で頻繁に利用されるビスマスの圧力校正用相転移反応について、相転移圧力の再決定を行い、従来から使われている相転移圧力データとの比較を行った。

高压実験では、マルチアンビル型装置を用い、放射光X線回折実験を行った。実験はKEKのPFAR-NE7A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を用いた。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。

Fig. 1 には、実験から得られた相転移境界を示した。過去の研究の中では、室温での相転移圧力は、7~8.2GPa のばらつきがあるが、本研究では、7.6GPaと見積もられた[1]。よく利用されている相転移圧力である 7.7GPa より、若干低い圧力である。しばしば、室温条件での相転移実験では、相転移カイネティクスの影響で、熱力学的な相境界が正確に決定で

きず、カイネティクスに支配された相境界を報告してしまう事例が起こっている。我々の研究の特徴は、高温条件での実験データも利用することにより、相転移カイネティクスの影響を小さくすることができる点である。以上のような理由から、高压実験で圧力定点として利用されているビスマスの III-V 相転移圧力は、7.6GPa を提案する。

References

- [1] S. Ono (2018) High-pressure phase transition of bismuth, *High Pressure Research*, 38:4, 414-421, DOI: 10.1080/08957959.2018.1541456

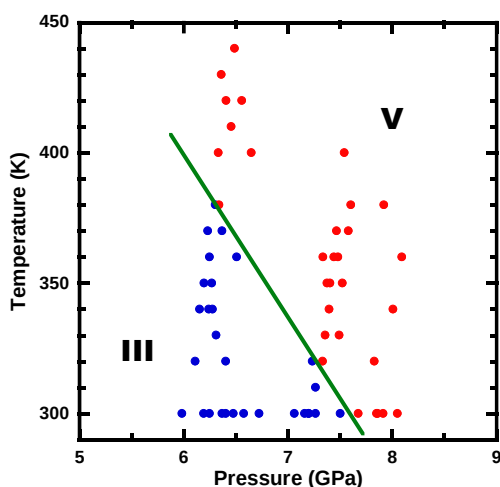


Fig. 1. Experimental results and phase boundary between Bi-III and Bi-V.

Keywords: Bismuth, Phase transition, High pressure

*Corresponding author: sono@jamstec.go.jp

ラマン分光法によるトリディマイトの圧力誘起相転移研究

神崎正美 (岡大・惑星研)

Pressure-induced transitions of tridymite by Raman spectroscopy

Masami Kanzaki* (IPM, Okayama U.)

The pressure-induced phase transitions of tridymite (MC, MX-1, PO-10) were investigated by in-situ Raman spectroscopy. Starting from MC, the phase transition to PO-10 was observed at about 0.3 GPa, and new Raman peaks appeared at 1.5 GPa. The similar transitions were observed for MX-1 and PO-10, and PO-10 was always recovered. This observation suggests that the rare PO-10 in the meteorite may have been altered by shock events from the more common MC.

諸言：トリディマイトには多数の多形があるが、従来隕石からはMCだけが報告されてきた。しかし、最近になってPO-10と思われる多形も報告されるようになってきた。PO-10がMCとは異なる温度履歴により生じた可能性があるが、圧力による転移の可能性もある。貫井・中澤(鉱物学雑誌特別号2,1980)はMCからPO-10への転移を0.5 GPaで報告している。ただ彼らの報告では転移は可逆となっており、PO-10は常圧には回収できない。本研究はこの報告の追試、実験圧力の拡大、他の多形についても調べることを目的で行なった。

実験方法：MCについては合成方法の異なる2種の結晶を、MX-1はMCを粉砕したもの、PO-10については火山岩から得た天然結晶を使った。それぞれ試料をDACを使って室温で加圧した。メタノール・エタノール混合液を圧力媒体とした。顕微ラマン分光法を使って相の同定を行なった。

結果と議論：MCから出発した場合、0.3 GPa付近でMCのラマンピークが消え、PO-10のピークが現れた。その後、425 cm⁻¹のピークが圧力とともに強度を増していった。1.5 GPaにおいて、多数のピークが低波数側に現れた(Fig. 1)。このラマンスペクトルは既存のシリカ高压相等のものとは一致しないので、新しい高压相と考えられる。この相は最高実験圧の8.7 GPaまで観察された。減圧時にはこの高压相が0.8 GPa付近まで観察され、徐々にPO-10へ変わっていった。しかしMCへは戻らず、回収されたのはPO-10であった。MX-1もまずPO-10へ転移して、その後はMCと同じ振る舞いをして、PO-10が回収された。

PO-10から始めた場合には、0.2 GPaでMC同様に425 cm⁻¹付近のピークの強度が増加し始めた。1.6 GPa付近で低周波数領域で似た変化が生じ、高压相に転移したと思われる。減圧時にはPO-10に戻った。

PO-10の回収については貫井・中澤(1980)と異なる結果が得られた。その理由は不明であるが、PO-10が圧力によってMCから生じ得ることが示された。隕石中のPO-10はこのルートで生じた可能性がある。高压相については構造を含めてさらに調べる予定である。

Keywords: tridymite, Raman spectroscopy, pressure-induced phase transition

*Corresponding author: mkanzaki@okayama-u.ac.jp

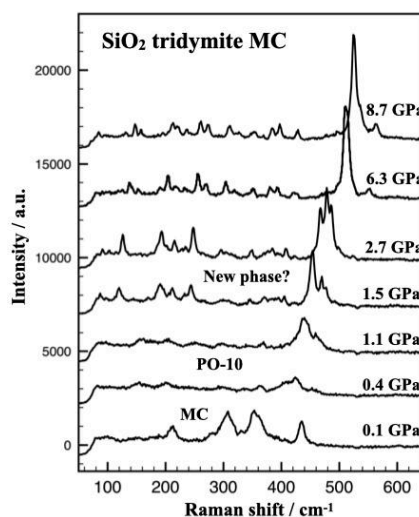


Figure 1. Selected in-situ high-pressure Raman spectra starting from tridymite MC at 24 °C

ステアリン酸からのダイヤモンド生成に伴う 炭素同位体分別効果 ~C-H-O 流体の炭素同位体組成決定へ向けた予察的検討~

川村英彰^{*1}, 大藤弘明¹, M Satish-Kumar², 鈴木昭夫¹ (¹東北大, ²新潟大)

Carbon isotope fractionation during the formation of Diamond from Stearic acid under HP-HT condition

Hideaki Kawamura^{*}, Hiroaki Ohfuji, M Satish-Kumar, Akio Suzuki (¹Tohoku Univ., ²Niigata Univ.)

We performed a series of high-pressure and high-temperature experiments using multi-anvil apparatus to investigate carbon isotope fractionation between solid carbon (Diamond / Graphite) and C-H-O fluid (mainly composed of CH₄ and H₂O) fluid as decomposition products of Stearic acid. We aim to indirectly estimate the carbon isotope fractionation by measuring the carbon isotopic composition of solid carbon produced during the decomposition of stearic acid.

1. はじめに

ダイヤモンド・炭酸塩鉱物・流体 (C-H-O 流体と呼ばれる CH₄ などを含む流体) の 3 種類の物質は地球表層から深部への炭素の運搬において重要な役割を担う可能性があり、過去に様々な議論がなされてきた。特にダイヤモンドは私たちが実際に手に取れる形として、形成当時の地球深部環境に関する情報を多分に保持すると考えられるため、その形成場や形成プロセスを解明することは極めて重要であると言える。天然ダイヤモンドの記載研究に着目すると、そのバルク炭素同位体組成 $\delta^{13}\text{C}$ はマントル起源の炭素の同位体組成である -5‰ 付近から -30‰ 程度まで大きく変動することが報告されている (Cartigny et al., 2005, Cartigny et al., 2010)。これは異なる同位体組成を持つ炭酸塩鉱物 (無機源) や C-H-O 流体 (有機源) がマントルの炭素に混合している結果を示唆するものであるが、混合によって生じたダイヤモンドが多様な同位体組成を示すその詳細なメカニズムは明らかになっていない。

そこで本研究では、沈み込み帯に沿った地球深部環境下における炭酸塩鉱物-C-H-O 流体の相互作用を、炭素同位体をトレーサーに用いた高温高压実験によって検討することを目指す。今回はその前段階として、実験の出発物質であるステアリン酸 (C-H-O 流体

の発生源) が高温高压下で分解した際の炭素同位体分別効果に関する結果を報告する。

2. 実験手法

ステアリン酸 (C₁₈H₃₆O₂) は高温高压下で主に C-H-O 流体と固体炭素に分解し (Yamaoka et al., 2004), 固体炭素は温度圧力条件によってダイヤモンドもしくはグラファイトとして回収されることが報告されている。(Kawamura and Ohfuji, 2020)。

高压実験には 1500 t マルチアンビル装置を使用し、ペレット状にしたステアリンを Pt カプセル中に封入した。圧力温度条件は 10 GPa および 17 GPa, 800°C および 1600°C で実施した。回収試料の同位体分析は新潟大学にて同位体比質量分析計を用いて実施した。

3. 結果と考察

実験前のステアリン酸試料の $\delta^{13}\text{C}$ は約 -28‰ であった。炭酸塩の $\delta^{13}\text{C}$ が約 0‰ であることを考慮すると、炭酸塩が無機源の ^{13}C に富み、流体が有機源の ^{12}C に富むような実験を想定した場合、有意な差である。出発物質のステアリン酸と実験回収試料の固体炭素の同位体組成分析結果から、ステアリン酸の分解時に生成した流体の同位体組成を間接的に見積もることを目指す。今後これらの結果を基に、C-H-O 流体-炭酸塩系での高温高压実験のトレーサーとして炭素同位体の導入を実現することが期待される。

Keywords: Diamond, High pressure, C-H-O fluid, Carbon isotope, Carbonate

^{*}Corresponding author: kawamura.hideaki.q7@dc.tohoku.ac.jp

Phase boundary between diaspore and δ -AlOOH

鈴木昭夫(東北大院理)

Phase boundary between diaspore and δ -AlOOH

Akio SUZUKI (Tohoku Univ.)

Phase boundary between diaspore and δ -AlOOH was investigated using in situ X-ray powder diffraction technique and a large volume press. Experiments were carried out using a Kawai-type multi-anvil apparatus (MAX-III) installed at the AR-NE7A station at KEK (High Energy Accelerator Research Organization) in Japan. X-ray diffraction data were collected using a pure-Ge solid-state detector by the energy-dispersive method. Tungsten carbide cubes with 22mm edges were used. The size of the truncated corners was 3 mm. Semi-sintered zirconium oxide was used as the pressure-transmitting medium. A cylindrical heater was manufactured using the BN Composite EC (Denka, Co. Ltd.). The sample temperature was monitored using a W97Re3-W75Re25 thermocouple. The starting material was a mixture of diaspore, δ -AlOOH and NaCl. δ -AlOOH was synthesized at 18 GPa and 1000 K for 30 min from natural diaspore from Turkey. Pressure was determined using an equation of state of NaCl. Time-resolved X-ray diffraction measurement confirmed the stable phase at the experimental conditions. This study shows that the phase boundary between diaspore and δ -AlOOH locates around 15 GPa. The detail is mentioned in the on-site presentation.

Keywords: aluminum oxyhydroxide, high pressure, AlOOH, phase boundary, hydrous phase

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

ダイヤモンドアンビルセルを用いたブリッジマナイト単結晶の高圧その場 IR 観察

辻野典秀 (岡山大学惑星研)

In-situ IR measurements of bridgmanite single crystal at high pressure using DAC

Noriyoshi Tsujino* (IPM, Okayama Univ.)

In this study, in-situ IR measurements of bridgmanite single crystal were conducted up to 20 GPa. Wavenumber of OH bands of $\sim 3390\text{ cm}^{-1}$ is decreasing with increasing pressure.

1. はじめに

無水鉱物中に水は OH 基として取り込まれ、極微量でも鉱物物性に大きな影響を与える。この物性の変化は鉱物中の水素位置と密接に関係すると考えられ、無水鉱物中の水素位置に関する研究が行われている。しかしながら、その多くは大気圧下の水素位置を基に議論され、高圧条件下における無水鉱物中の水素位置の変化に言及した例は限られている。そこで、本研究では高圧下でブリッジマナイト単結晶の IR その場観察を行い、IR スペクトルの圧力変化を観察することを試みた。

2. 実験手法

その場 IR 測定には高圧発生装置としてダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた。試料には合成した(Mg,Fe)SiO₃-ブリッジマナイト単結晶を用いた。ブリッジマナイト単結晶の c 軸が赤外光に対して平行方向となるように試料室内に設置した。圧力媒体には赤外光に対して透明な KBr を用いた。圧力測定にはルビー蛍光法[1]を用い、圧力条件は 0.6~20 GPa の範囲である。

3. 結果

加減圧過程でのブリッジマナイトの IR スペクトルを Fig. 1 に示す。、 $\sim 3390\text{ cm}^{-1}$ の OH バンドは圧力とともに大きく低波数側へシフトすることが観察された。また、この圧力依存性は含水ウォズレアイトの同程度波数のものと同程度であることが明らかとなった。また、今回観察された OH バンドは b 軸にそろっていることが単結晶の IR 測定から明らかとなった。

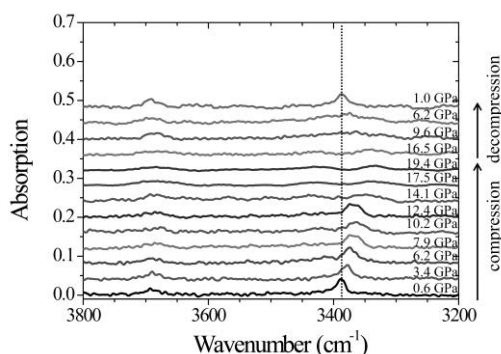


Figure 1. Pressure dependence of IR spectra of hydrous bridgmanite using DAC

Keywords: bridgmanite, in-situ IR measurement, high pressure

Reference: [1] Mao et al.: J. Geophys. Res., (1986).

*Corresponding author : tsujino@okayama-u.ac.jp

下部マントル最上部におけるマグマ中の含水量の 温度・圧力依存性の解明

奥村晃太*、井上徹、柿澤翔、野田昌道、川添貴章、佐藤友子
(広島大・院先進理工)、新名亨、入船徹男 (愛媛大・GRC)

Water contents of magma as functions of pressure and temperature at the uppermost lower mantle_

Kota OKUMURA*, Toru INOUE, Sho KAKIZAWA, Masamichi NODA, Takaaki KAWAZOE,
Tomoko SATO (Advanced Science and Engineering, Hiroshima Univ.),
Toru SHINMEI, Tetsuo IRIFUNE (GRC, Ehime Univ.)

近年の地震学的観測から、660 km 地震波速度不連続面直下に低地震波速度領域の存在が明らかにされており (Schmandt et al. 2014)、高圧含水鉱物の脱水溶融の可能性が指摘されている。ではこの領域で含水マグマが存在するとすれば、その含水量はどの程度になるであろうか。本研究ではこの疑問に答えるべく、下部マントル最上部条件下で生成されるマグマ中の含水量を実験的に明らかにした。

高温高圧実験は愛媛大学GRC及び広島大学超高压研究室設置の川井型高压発生装置 (ORANGE-3000及びMAPLE-600) を使用して行った。下部マントル最上部条件を再現するため圧力は25 GPaに固定、温度は1200~1700°Cの範囲で実験を行った。出発物質にはpyrolite組成に水を加えたものを採用し、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂SiO₄、CaSiO₃、MgO、Mg(OH)₂の混合粉末を用いた。試料の含水量は8.3 wt%と14.8 wt%の2種類を用意した。分析には、EPMAを用いてマグマ及び共存する各固相の化学組成を明らかにした(ただしH₂Oは除く)。そしてその分析結果から、マスバランス計算により溶融度及びマグマ中の含水量を算出した。

Key words: Water content in magma, Phase diagram, Uppermost lower mantle

Corresponding author: m214267@hiroshima-u.ac.jp

図1に求められた溶融度から見積もったマグマ中の含水量、すなわち含水リキダスラインを示す。例えば下部マントル最上部の温度を1650°Cとすると、マグマ中の含水量は約23 wt%と推定できる。Sakamaki(2017)ではマグマの密度の立場から、この領域で重力的に安定であるためには含水量が8 wt%以下であるべきと報告している。したがってこの領域で含水マグマが重力的に安定に存在することは困難であると考えられる。

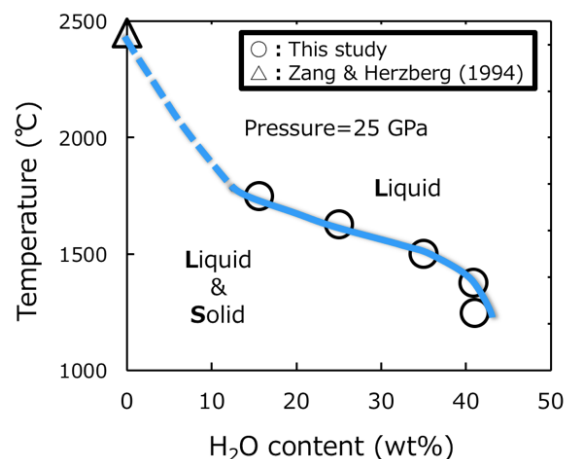


Fig 1: Hydrous liquidus line in pyrolite-H₂O pseudo-binary system at 25GPa

マグマ内に存在する Fe_2O_3 の高圧下での部分モル体積

坂凜太郎, 鈴木昭夫*, 坂巻竜也 (東北大学・理)

Partial molar volume of Fe_2O_3 in magma at high pressure

Rintaro BAN, Akio SUZUKI*, Tatsuya SAKAMAKI (Tohoku Univ.)

Understanding of the magma behavior is essential for discussing igneous activities not only on the surface but also in the interior of the Earth. Based on geophysical observations, the presence of magma is proposed in the deep mantle. Previous studies indicate the existence of high concentration of Fe_2O_3 in the lower mantle. Although the knowledge of the behavior of Fe_2O_3 in the magma has become essential for discussing in the deep mantle, i.e., at high pressure and temperature, there is no data on it. In this study, we report partial molar volume of Fe_2O_3 in silicate melts calculated from the density of Fe_2O_3 -bearing silicate melt measured by sink-float method.

Keywords: partial molar volume, magma, sink-float method

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

高圧下における SiO₂ ガラスの屈折率測定

境毅*, 三守秀門 (愛媛大・地球深部研)

Refractive index measurement of SiO₂ glass under high pressure

Takeshi Sakai*, Hideto Mimori (GRC, Ehime Univ.)

Refractive index of SiO₂ glass was successfully measured up to 70 GPa using optical interferometric signals in the diamond anvil cell. The refractive index of SiO₂ glass increases linearly with density up to 20 GPa. At pressures above 20 GPa, however, it begins to deviate from the linear relationship and becomes consistent with that of Stishovite. This trend corresponds to the change in the coordination number of Si in SiO₂ glass from 4 to 6. It shows that refractive index measurements under high pressure can provide insight into the structural changes of SiO₂ glass under high pressure.

1. はじめに

核 - マントル境界のようなマントル深部でもマグマが存在する可能性が議論されており、高圧下におけるマグマ (ケイ酸塩メルト) の物性を知ることはマントルダイナミクスを考える上で重要である。SiO₂ はケイ酸塩メルトの主成分であり、その構造に対し支配的役割を担う。そのため SiO₂ ガラスをモデル物質とした構造や密度に関する研究が数多くなされてきた。しかし、それらの多くは放射光 X 線を用いた回折法 (e. g., Kono et al., 2020) や吸収法 (Petitgirard et al., 2017) によるものが多い。そこで我々は密度と密接な関係のある屈折率に着目し、屈折率から高圧下における非晶質物質の構造変化について知見を得ることを目的として、SiO₂ ガラスの高圧下屈折率測定を試みた。

2. 手法

高圧発生にはダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた。DAC に可視光を照射すると上下アンビル間で光学的干渉が起こる。この干渉スペクトルは試料厚みと屈折率によって記述されるため、試料厚みが分かれば屈折率を決定することができる。干渉スペクトルを利用した高圧下での屈折率測定には、Cavity 法と標準試料法の 2 つの方法を用いた。Cavity 法は、我々が新たに開発した手

法で、DAC のキュレット面に集束イオンビーム加工装置 (FIB) を用いて窪み (cavity) を作り、この cavity のある場所とない場所の 2 ヲ所で干渉スペクトルを測定し、干渉の条件式を連立方程式として解くことで屈折率を求める方法である。標準試料法では、キュレット面の中心に対して対照的な位置に標準試料と測定試料の 2 つの試料をそれぞれ封入する。標準試料から試料厚みを決定し、光学干渉スペクトルから屈折率を得る方法である。標準試料には高圧下における屈折率が既知である H₂O (Dewaele et al., 2003) を用いた。

3. 結果と考察

Cavity 法で 60 GPa まで、標準試料法で 70 GPa までの屈折率測定に成功した。屈折率は約 40 GPa まで急速に上昇した後、それ以上の圧力では上昇傾向が緩慢になるという特徴が観察された。各圧力での SiO₂ ガラスの密度を状態方程式 (Petitgirard et al., 2017) から見積もると、比較的低下下では屈折率は密度に対して線形関係にあり Quartz や Coesite と整合的だが、20 GPa 以上で線形関係からずれ始め Stishovite の屈折率と合う方向に変化した。この密度 - 屈折率関係の傾向の変化は、高圧下における Si の配位数変化 (4→6) に対応すると考えられる。

Keywords: Refractive index, Diamond anvil cell, SiO₂ glass, coordination number

Corresponding author: sakai@sci.ehime-u.ac.jp

Poster presentation

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R4P-01] Distribution of calcite-aragonite on skeletons of scleractinian coral

*Satoko Motai¹, Saki Harii², Naotaka Tomioka³, Motoo Ito³ (1. Yamagata Univ., 2. Univ. Ryukyus, 3. JAMSTEC)

9:30 AM - 6:30 PM

[R4P-02] Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

*Gen Takahashi¹, Taiga Okumura¹, Michio Suzuki², Toshihiro Kogure¹ (1. Univ. Tokyo, Sci., 2. Univ. Tokyo, Agri.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R4P-03] **Measurement of the cation exchange selectivity of saponite**

*Yohei Noji¹, Keisuke Fukushi², Hiroto Tokumon² (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Kanazawa Univ. Sci)

9:30 AM - 6:30 PM

サンゴ骨格中のカルサイト-アラゴナイト分布

甕聡子 (山形大・理), 波利井佐紀 (琉大・熱生研),

富岡尚敬, 伊藤元雄 (JAMSTEC)

Distribution of calcite-aragonite on skeletons of scleractinian coral

Satoko Motai *(Yamagata Univ.), Saki Harii (Univ. Ryukyus),

Naotaka Tomioka, Motoo Ito (JAMSTEC)

造礁サンゴ（イシサンゴ目）は主に熱帯・亜熱帯の浅海で体内の褐虫藻と共生する動物であり、炭酸カルシウムで構成される外骨格を持つ。これまで骨格はアラゴナイトの多結晶集合体であると考えられてきた。しかし近年になって、南極海に生息する褐虫藻を持たない種や海水の元素組成比が現在と異なる白亜紀には、カルサイトもサンゴ骨格構成鉱物であることが報告されている（Stolarski et al., 2007; Stolarski et al., 2021）。本研究では、サンゴの石灰化における多形選択の過程について検証するため、カルサイトの析出しやすい環境下でサンゴを飼育し、骨格中の鉱物相分布を観察した。

カルサイトを形成させるため、共生藻から隔離した造礁サンゴ幼生（*Acropora* sp.）を Mg/Caモル比=5.0、2.4の海水中で保持した。その後、ペプチド試薬（Hym-248）を添加し稚ポリプへと変態させ石灰化を開始させ、1~2週間飼育した。生体部は次亜塩素酸ナトリウムで除去した。得られた骨格は、6回対称の隔壁からなる典型的なコラライトと底盤を持つ骨格構造を有することを光学顕微鏡で確認した。骨格を樹脂包埋し、その成長方向に断面が出るように研磨した。高知コア研究所に設置されている分析走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）で元素マッピングを行い、骨格中のCa、Mg分布を確かめた。その後、同試

Keywords: reef-building coral, biomineralization
*Corresponding author: motai@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

料をラマン顕微鏡(RAMANtouch, Nanophoton, Osaka)で測定し、鉱物相の同定を行った。

SEM-EDS分析では、骨格の底盤の一部と隔壁の骨格中心部にMgの濃集が認められた。ラマン分析において、Mg濃集部分はカルサイト、Mg濃度が低い部分はアラゴナイトのスペクトルを示した。カルサイト-アラゴナイト境界の両相混合領域は幅5 μm 以下である。骨格の幅50 μm と8日間の飼育期間から骨格成長速度は $\sim 3 \mu\text{m/day}$ と概算され、遷移は2日以内で起きると推測される。底盤は石灰化初期に形成される。また、隔壁は中心部から外部に向かって骨格が形成されることが知られている(Cuif et al., 2003)。よって、カルサイトは周囲のアラゴナイトより先に析出し、一度サンゴ生体内でアラゴナイト析出条件を満たすとその環境が維持されと考えられる。多形選択に関わる要因として、有機物テンプレート、Mg/Caモル比が提唱されている（Kitano 1962; Cuif et al., 2003）。本研究の結果は両仮説と矛盾しない。そのため、鉱物相遷移部のより詳細な微細組織観察を通じ、仮説の検証を行うことが今後の課題となる。Stolarski et al., 2007, Science, 318, 92–94. Stolarski et al., 2021, Proc. Natl. Acad. Sci., 118, e2013316117. Cuif et al., 2003, Geochim. Cosmochim. Acta., 67, 75–83. Kitano, 1962, Bull. Chem. Soc. Jpn., 35, 1973–1980.

魚類耳石を構成する vaterite の結晶学的特徴

高橋玄（東大・院理）、奥村大河（東大・院理）、

鈴木道生（東大・院農）、小暮敏博（東大・院理）

Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

Gen Takahashi (Univ. Tokyo, Sci.) *, Taiga Okumura (Univ. Tokyo, Sci.),

Michio Suzuki (Univ. Tokyo, Agri.) and Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo, Sci.)

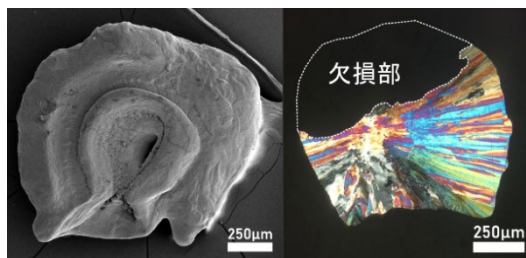
魚類の内耳中には耳石と呼ばれる塊状の炭酸カルシウム結晶が存在し、加速度や音に対するセンサーとしての機能を担っている。一般的な硬骨魚類には礫石、扁平石、星状石と呼ばれる3つの耳石があるが、礫石と扁平石は aragonite、そして星状石は vaterite というように異なる結晶多形を取ることが多い。vaterite は準安定相で溶解度が高く、溶液中では時間と共に calcite などの安定な多形へ相転移する。何故魚類耳石では vaterite が形成され安定に存在し得るのか、その理由はわかっていない。しかし、有機物の寄与などのバイオミネラリゼーション特有のプロセスが重要な役割を果たしていると考えられる。

本研究では魚類耳石における vaterite の形成機構を解明するため、まずその結晶学的特徴を調べた。試料には一般的な硬骨魚類の例として金魚(*Carassius auratus*)の星状石を主に使用し、また3つの耳石全てに vaterite が含まれる特殊な例としてベステルチョウザメ(*Acipenser ruthenus* × *Huso huso*)の扁平石も使用した。

まず、これらの試料を粉末化し XRD と TG-DTA による測定を実施した。魚類耳石の vaterite の XRD におけるピーク位置や TG-

DTA における calcite への転移温度は無機的に合成された vaterite と同じであった。一方、XRD の各ピークの半値幅が耳石由来の vaterite ではより狭くなった。この特徴は金魚とチョウザメの両方で見られた。

金魚の星状石はアスペクト比が概ね3:1の円盤状の形をしている(図1)。その円周を含む面に相当する薄片を作製し、偏光顕微鏡による観察(図2)及びEBSDによる結晶方位測定を行った。尚、EBSDの解析には Kamhi (1963)による vaterite の平均構造 ($P6_3/mmc$, $a = 4.13, c = 8.49 \text{ \AA}$) を用いた。結果として金魚の星状石を構成する vaterite は中心から半径方向へ放射状に伸長し、それらの結晶は概ね a 軸が半径方向に c 軸は円周方向に向くという特徴が見られた。



(左) 図1: 金魚星状石の SEM 像

(右) 図2: 金魚星状石薄片の偏光顕微鏡写真

Keywords: biomineralization, calcium carbonate, otolith

*Corresponding author: gen_takahashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

サポナイト層間における陽イオン交換選択係数の測定

野路陽平*(金沢大学), 福士圭介(金沢大学), 徳門弘都(金沢大学)

Measurement of the cation exchange selectivity of saponite

Yohei Noji* (Kanazawa Univ), Keisuke Fukushi (Kanazawa Univ), Hiroto Tokumon (Kanazawa Univ)

現在の火星は寒冷・乾燥化した惑星であるが、約 40 億年前は温暖な時期があり、表面では大規模な水循環が存在していたことが明らかとなっている。NASA の火星探査ミッション Mars2020 の探査車パーシビアランスはかつて湖沼があったジェゼロクレーターに降り立ち、探査している。ジェゼロクレーターには、湖沼堆積物にサポナイトなどの水の作用で生成した二次鉱物が存在することが確認されている。溶液中でサポナイトは構造内の層間陽イオンを溶液内の陽イオンと交換しやすいという性質を持つ。したがって、サポナイトの層間陽イオン組成からサポナイトの陽イオン交換選択係数を用いることで、かつて接触していた間隙水の水質を制約することが可能である。スメクタイトの陽イオン交換選択係数は古くから測定されているが、その多くは地球上で広範に存在するモンモリロナイトのものであり、火星など地球外天体で普遍的に存在するサポナイトではほとんど測定例がない。そこで本研究ではサポナイトによる陽イオン選択係数を実験的に求め、これまで報告されているスメクタイトの選択係数と比較することを目的とした。

実験はクニミネ工業株式会社の合成サポナイトであるスメクトン-SA を用いた。イオ

ン交換実験に先立ち層間陽イオンが完全 Na^+ 型のサポナイト懸濁液を作成した。遠心管に、作成した Na^+ 型サポナイト懸濁液、溶液のカリウムイオン濃度が順に 4~20 mM 程度になるように、KCl 溶液を添加し、その後、全量が 40mL になるようにイオン交換水を添加した。作成した懸濁液を 25°C の温度条件下で、24 時間インキュベーター内でミックスローターにより攪拌し、反応させ、遠心分離機にて固相と液相に分離した。さらに、液相をろ過したものを ICP-OES にて K^+ , Na^+ , Mg^+ の濃度測定を行い、測定した K^+ , Na^+ 濃度から Na^+ - K^+ 選択係数を求めた。

実験の結果、KCl の添加量を増やすと層間に取り込まれる K^+ の量が増加し、溶液中の Na^+ の量も増加するという相関関係がみられた。この測定したイオン濃度の値から求められた Na^+ - K^+ 選択係数は先行研究よりも優位に低い値であった。この結果から、スメクタイト族の中でもサポナイトは層間陽イオンの交換が行われにくいという可能性があることが示唆された。サポナイトは液体の水を持つ太陽系天体に普遍的に存在する。今後サポナイトの層間組成を利用した水質復元を行うにあたって、陽イオン選択係数を再考する必要があるかもしれない。

Keywords: Saponite, Cation selectivity

*E-mail: y_noji0219@stu.kanazawa-u.ac.jp

Poster presentation

R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R6P-01] Temperatuer and pressure conditions of intrusive and emplacement processes of the Sakainokami plutonic body, Northeast Japan

*Satoshi Suzuki¹, Nobuo Asai¹, Kazuo Nakashima¹, Takashi Yuguchi¹ (1. Yamagata Uni.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-02] Petrography of the granitic and metamorphic rocks in Minami-Zao and Kuriko areas, central part of Abukuma Belt, Northeast Japan

*Jun-ichi Maruyama¹, Shin-ichi Kagashima² (1. Yamagata Uni. Sci., 2. Yamagata Uni.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-03] Zircon U-Pb ages of the plutonic rocks in the eastern part of the Abukuma Mountains

*Masumi Mikoshiba¹, Yutaka Takahashi¹, Kazuya Kubo¹, Tohru Danhara², Hideki Iwano², Takafumi Hirata³ (1. AIST, 2. Kyoto Fission-Track Co. Ltd., 3. Univ. Tokyo Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-04] Genesis and development processes of fractures in granite: petrographic indicators of hydrothermal alteration

*Takashi Yuguchi¹, Eiji Sasao², Yuya Izumino¹ (1. Yamagata Uni. Sci., 2. JAEA)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-05] Cathodoluminescence oscillatory zoning of anhedral K-feldspar from equigranular Toki granite

*Mai Nonaka¹, Takashi Yuguchi¹, Satoshi Suzuki¹, Takumi Iuura¹, Kazuo Nakashima¹, Tadao Nishiyama² (1. Yamagata Uni. Sci., 2. Kumamoto Uni.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-06] Petrography and whole-rock geochemical compositions of mafic rocks occurring in the Kajishima, Shisaka Islands, Ehime Prefecture

*Kazuya Shimooka¹, Satoshi Saito¹ (1. Ehime Uni., Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R6P-07] Relationship between cathodoluminescence images and titanium and aluminum concentrations in quartz from the Okueyama granite

*MINORI WATANABE¹, TAKENORI KATO², YASUHIRO OGITA³, TAKASHI YUGUCHI¹ (1. Yamagata Univ., 2. Nagoya Univ., 3. JAEA)

9:30 AM - 6:30 PM

北上山地、堺ノ神深成岩体の形成プロセスの解明： 岩石学的研究による貫入・定置プロセスの 温度・圧力条件

鈴木哲士・浅井信夫・中島和夫・湯口貴史（山形大）

Temperature and pressure conditions of intrusive and emplacement processes of the Sakainokami plutonic body, Northeast Japan

Satoshi Suzuki*, Nobuo Asai, Kazuo Nakashima, Takashi Yuguchi
(Yamagata Univ)

北上山地の地質構造は中・古生界の堆積岩類とそれに貫入する深成岩類で構成され(生出ほか, 1989), その深成岩類は斑レイ岩～花崗岩まで広く分布する(片田ほか, 1971). 研究対象である堺ノ神深成岩体は複雑な岩相変化を示すことが報告されており(Kato and Hama, 1976), 堺ノ神岩体は北上山地のミニチュアモデルとして捉えることができる. また, 堺ノ神岩体は Kato and Hama (1976)によって, 野外調査と鏡下観察から3つの岩相に分類されている. 本報告では堺ノ神岩体の形成プロセスを解明するために, 空間的に疎のないようにサンプリングを行い(サンプル112個), 得られた空間的な岩石情報(露頭観察, 鏡下観察, モード, 全岩化学組成)から岩相の再区分を実施した. これに加えて, 再区分した岩相ごとに地質温度計・圧力計を適用し, 貫入・定置プロセスにおけるマグマの固結温度・圧力条件について検討する.

岩相区分では空間的な岩石情報から, 黒雲母含有両輝石普通角閃石斑レイ岩(A岩相), 黒雲母普通角閃石モンゾ斑レイ岩～閃緑岩(B岩相), 黒雲母普通角閃石花崗閃緑岩の優黒質(C岩相)と優白質(D岩相), そしてこれまで報告例のない貫入岩体(E岩相)の5つに分類した. これに加えて, 再区分し

た岩相に対して Schmidt (1992)の Al-in-角閃石圧力計, Blundy and Holland (1990)の斜長石・角閃石温度計を適用した.

地質温度計・圧力計ではコアからは貫入時の温度・圧力, リムからは定置した温度・圧力がそれぞれ得られると仮定し, マグマの固結温度・圧力条件を議論した. その結果, A, B, C, E岩相のコアの温度・圧力では誤差範囲内にプロットされ, およそ温度が880 °C, 圧力は650 MPa ($\rho=2.7 \text{ g/cm}^3$ と仮定すると深度は約25 km)で結晶化が開始し, 温度・圧力の低下と共に結晶化が進む. 一方でD岩相では, およそ温度が750 °C, 圧力は390 MPaから晶出し始め(深度は約15 km), 温度・圧力の低下と共に結晶化が進むことから, 他岩相とは異なる貫入・定置プロセスを有すると解釈できる. また, リムでは全ての岩相で温度は650～700 °C, 圧力が200～400 MPaの水に飽和した場合の花崗岩のソリダス線(Thompson and Algor, 1977)付近に集中してプロットされた. そこで, 温度・圧力それぞれで全ての岩相の加重平均を求めたところ, 温度 $687 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, 圧力 $285 \pm 16 \text{ MPa}$ を示した. つまり, 堺ノ神岩体は深度10～11 kmの水に飽和した環境下に定置したと解釈できる.

Keywords: Sakainokami plutonic body, lithofacies, geothermometer, geobarometer.

*Corresponding author: s211681d@st.yamagata-u.ac.jp

阿武隈帯中部，南蔵王地域・栗子地域の 白亜紀花崗岩類・変成岩類の岩石学的研究

丸山純一，加々島慎一（山形大）

Petrography of the granitic and metamorphic rocks in Minami-Zao and Kuriko areas, central part of Abukuma Belt, Northeast Japan

Jun-ichi Maruyama* and Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.)

東北日本の地質帯の一つである阿武隈帯は白亜紀の花崗岩類を主体として構成される。阿武隈帯の花崗岩類は，南部の阿武隈山地にまとまって分布するのに対し，中部では散在して分布する。本研究の対象地域は阿武隈帯中部に位置する南蔵王・栗子地域であり，花崗岩類・変成岩類が露出している。栗子地域では丸山(1979)により花崗岩類の Rb-Sr 含有量について朝日山地のものと比較が行われているが，以降は同地域における岩石学的研究がほとんど行われていない。しかし，阿武隈帯全体の火成活動を解明し，起源物質である下部地殻の特性を明らかにするうえで，阿武隈帯中部の基盤岩類の岩石学的研究は重要である。

本研究は，南蔵王地域・栗子地域の花崗岩類・変成岩類について，岩石記載，全岩化学組成分析を行い，その成因を明らかにすることを目的としている。福島県福島市北西の摺上川，烏川流域において花崗岩類・変成岩類を合計 23 試料採取した。

花崗岩類はモード組成より花崗岩～トータル岩に分類される。烏川では，局所的に花崗岩が花崗閃緑岩に非調和に貫入している。主成分鉱物は石英，斜長石，カリ長石，黒雲母，角閃石，副成分鉱物はアパタイト，ジルコン，白雲母，および二次鉱物として緑簾石

がみられる。一部サンプルは激しく変質しており，黒雲母の緑泥石化，斜長石のソーシユライト化がみられる。変成岩類は黒雲母片麻岩，角閃石-黒雲母片麻岩，ザクロ石-黒雲母片麻岩，珪線石-白雲母-黒雲母片麻岩，堇青石-ザクロ石-黒雲母片麻岩，角閃岩が確認される。鉱物組み合わせは珪線石±白雲母±ザクロ石±堇青石±角閃石±黒雲母±石英±斜長石±カリ長石である。

花崗岩類の全岩化学組成分析の結果，SiO₂ 量は 59.4 wt.%～73.0 wt.%を示す。判別図により火山弧花崗岩，アルミナ飽和度は 0.9 から 1.3 の範囲にプロットされる。阿武隈帯中部に散在する他の花崗岩類との比較を行ったところ，主要元素は他岩体のトレンドと調和的であるが，微量元素のうち Sr においては 3 つの異なるトレンドがみられる。3 つのトレンドごとの地理的な分布をみると，それぞれ蔵王地域，白布～猪苗代地域，南陽～日山の 3 つの地域に分けることができる。これはマグマの起源物質の不均質性，マグマ形成過程の違いが反映されていると考えられる。

引用文献

亀井ほか，2003，地質学雑誌；丸山ほか，1979，地質学論集；吉田ほか，2016，日本地質学会第 123 年学術講演要旨

Keyword: Abukuma Belt, granitic rock

Corresponding author: jm.abcd.223.z@gmail.com

阿武隈山地東部に分布する深成岩類の ジルコン U-Pb 年代

御子柴真澄*・高橋 浩・久保和也（産総研地質調査総合センター）・
檀原 徹・岩野英樹（京都フィッシュントラック）・平田岳史（東京大学）

Zircon U-Pb ages of the plutonic rocks in the eastern part of the Abukuma Mountains

M. U. Mikoshiba*, Y. Takahashi, K. Kubo (GSJ, AIST), T. Danhara,
H. Iwano (Kyoto Fission-Track), and T. Hirata (Univ. Tokyo)

阿武隈山地には、花崗岩類を主体とする深成岩類が広く分布しており、古くから研究されてきた（渡辺ほか, 1955; 田中, 1989 など）。

近年、阿武隈山地の深成岩類について、ジルコンの U-Pb 年代が数多く報告され（Kon and Takagi, 2012; Kon et al., 2015; Ishihara and Orihashi, 2015; Takahashi et al., 2016 など）、これらは 121–96 Ma の年代を示すことが明らかになった。また、山地東縁の花崗岩類からは石炭紀末の年代も報告された（Tsutsumi et al., 2010; Tsuchiya et al., 2014 など）。しかし、山地東部の深成岩類の年代値の報告はまだ少ない。今回、阿武隈山地東部に分布する花崗岩類のジルコン U-Pb 年代測定を行ったのでその結果を報告し、花崗岩類の貫入時期などについて考察する。

先第三系の地帯構造区分として、阿武隈山地主要部とその北方延長は阿武隈帯、阿武隈山地東縁の畑川破砕帯から東側とその北方延長は北上帯に区分されている（久保・山元, 1990）。畑川破砕帯以西の阿武隈帯の花崗岩類は、貫入関係から古い順に、角閃石黒雲母花崗閃緑岩、角閃石含有黒雲母花崗閃緑岩、黒雲母花崗岩、白雲母黒雲母花崗岩などが分布する。畑川破砕帯とその東方の双葉破砕帯の間の北上帯には、石英閃緑岩、角閃石黒雲母花崗閃緑岩、黒雲母花崗岩などが分布し、複数の岩体に区分されている（久保ほか, 1990, 1994, 2002）。

Keywords: Plutonic rocks, Abukuma Belt, Kitakami Belt, U-Pb age, zircon

*Corresponding author: masumi-mikoshiba@aist.go.jp

今回、阿武隈帯の花崗岩類のジルコン U-Pb 年代として、中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩（福島県いわき市及び田村市）で 112.1 ± 0.9 Ma 及び 103.5 ± 1.5 Ma の値が得られた。また、中粒淡紅色黒雲母花崗岩（いわき市）で 108.7 ± 1.0 Ma、細一中粒灰色黒雲母花崗岩（浪江町）で 111.6 ± 0.7 Ma の年代値が得られた。さらに、畑川—双葉破砕帯間の北上帯において、前期白亜紀の火山岩類に貫入する国見山花崗閃緑岩（中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩、南相馬市）で 118.4 ± 0.9 Ma、国見山花崗閃緑岩を貫く八丈石山花崗岩（中—粗粒黒雲母花崗岩、浪江町）で 111.5 ± 0.8 Ma の年代値が得られた。

今回得られた年代は、すべて前期白亜紀に相当する。阿武隈帯の花崗岩類のうち、広く分布する中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩の年代値は幅があり、マグマの活動が比較的長期間続いたことを示す。また、黒雲母花崗岩の年代値はいずれも 110 Ma に近く、これまでの報告と調和的であった。

さらに、今回得られた北上帯の花崗岩類の U-Pb 年代は、貫入関係と調和的であり、鉱物の K-Ar 年代（久保ほか, 1990）に比べ若干若いか誤差の範囲内で一致する。Ishihara and Orihashi (2015) は、南方の花崗閃緑岩から 108–106 Ma の年代値を報告したが、今回の測定ではより古い年代値が得られ、北上山地深成岩類との類似性が示唆された。

花崗岩中の割れ目発生・発達プロセスの解明：

熱水変質を指標としたアプローチ

湯口貴史 (山形大)*・五十公野裕也(山形大)・笹尾英嗣 (原子力機構)

Genesis and development processes of fractures in granite:
petrographic indicators of hydrothermal alteration

Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.)*, Yuya Izumino (Yamagata Univ.), Eiji Sasao (JAEA)

花崗岩体中には普遍的に割れ目が生じており、その割れ目を通路として岩体内の物質移動が生じる。このため、岩体内の割れ目分布の評価は物質移動特性の解明へと繋がる。物質移動特性の解明は、高レベル放射性廃棄物の地層処分や石油などの地下貯蔵の安全性評価において重要な課題である。本研究では、物質移動への寄与が大きく、肉眼で観察可能な割れ目であるラージスケール割れ目と鉱物の熱水変質（黒雲母の緑泥石化・斜長石の変質）の程度、そして鉱物中の微小空隙の3者の関係について解明した。

岩石試料は土岐花崗岩体のボーリング孔である06MI03号孔（瑞浪超深地層研究所）から採取した。06MI03号孔では、ラージスケール割れ目の情報が収集されており、割れ目頻度の異なる24試料を研究対象とした。これらの試料には黒雲母の緑泥石化と斜長石の変質が普遍的に観察される。

変質の程度を試料間で比較するためには変質の程度を定量的に表す基準が必要となる。

今日まで花崗岩の変質の強弱は、変質鉱物の出現や量比（ポイントカウンティングによる薄片のモード）の記載によってその程度が表される。しかし、ポイントカウンティングによるモードは変質鉱物以外の鉱物データも含むため、それだけで変質の程度を十分に評価できているとは言えない。そこで変質の程度の評価のために、対象とする鉱物のBSE像の画像解析により鉱物中の変質領域と鉱物面積を取得し、その比を変質インディケータとして定義した。鉱物中の微小空隙面積もまたBSE像の画像解析によって導出した。

3者の関係は2つの傾向を示す：①変質インディケータと微小空隙が正の相関を有する傾向、そして②ラージスケール割れ目の発達する岩石領域では変質インディケータと微小空隙がともに大きくなる傾向を見出した。①の傾向は、鉱物の変質の発達が、鉱物中の微小空隙の量に支配されているということ、②の傾向は、変質インディケータが割れ目分布の評価に有効な指標となることを示す。

Keywords: Macroscopic fracture; Microvoid; alteration indicator; biotite chloritization; Toki granite.

*Corresponding author: takashi_yuguchi@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

等粒状花崗岩の他形カリ長石のカソードルミネッセンス

オシラトリゾーニングの新知見 —土岐花崗岩体を例に

野中麻衣（山形大学）*・湯口貴史（山形大学）・鈴木哲士（山形大学）・
井村匠（山形大学）・中島和夫（山形大学）・西山忠男（熊本大学）

Cathodoluminescence oscillatory zoning of anhedral K-feldspar from equigranular Toki granite

Mai Nonaka*, Takashi Yuguchi, Satoshi Suzuki, Takumi Imura, Kazuo Nakashima (Yamagata Univ.),
Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.)

花崗岩中の鉱物のカソードルミネッセンス（CL）像解析は、鉱物の形成・成長を明らかにすることができ、花崗岩質マグマの冷却過程の解明に有用である。カリ長石のオシラトリゾーニングはメガクリストやフェノクリストにおいて報告されるものの（Vernon and Paterson, 2008; Vernon, 2010）、等粒状花崗岩において報告例はない。本研究では、等粒状花崗岩である土岐花崗岩中の他形カリ長石において、CL オシラトリゾーニング（波状累帯構造）を新たに見いだした。カリ長石のオシラトリゾーニング形成の知見は、マグマ溜り中の鉱物成長（メルトと鉱物間の元素分配）に加えて、マグマ溜り自体の化学的進化の解明に資するデータを与える。

研究対象である土岐花崗岩体は、白雲母黒雲母花崗岩、ホルンブレンド黒雲母花崗岩、黒雲母花崗岩の3岩相で構成される。ボーリングコア試料からサンプリングを行い、各岩相から3試料（計9試料）の岩石試料を研究対

象とした。これらの試料には他形カリ長石が普遍的に産出する。

研究手法としては、偏光顕微鏡による薄片観察、SEM-CL（JEOL: IT100A+Gatan MiniCL）によるBSE像及びCL像の取得、EPMA（JEOL: JXA-8900）を用いた化学分析（元素マッピングとライン分析）を行った。

土岐花崗岩体の他形カリ長石に対して、以下の2つ知見が得られた。①CL像観察より、これまでに報告例のないオシラトリゾーニングが観察された。このオシラトリゾーニングからカリ長石の成長開始地点が評価できる。②元素マッピングとライン分析の結果より、CL像の高輝度域ではバリウム、チタン、アルミニウム、ナトリウムの含有量が相対的に多く、シリコンとカリウムの含有量が乏しい傾向が得られた。特に、チタンとバリウムの含有量と輝度の正の相関が顕著であり、オシラトリゾーニングの生成は、これらの元素のメルトからの供給に支配される。

Keywords: cathodoluminescence; K-feldspar; oscillatory zoning; Toki granite.

*Corresponding author: s215046m@st.yamagata-u.ac.jp

愛媛県四阪島梶島に分布する白亜紀苦鉄質岩類の 岩石記載と全岩化学組成

下岡和也・齊藤哲(愛媛大・院理工)

Petrography and whole-rock geochemical compositions of mafic rocks occurring in the Kajishima, Shisaka Islands, Ehime Prefecture

Kazuya SHIMOOKA*, Satoshi SAITO (Ehime Univ.)

Mafic rocks have been thought to be genetically related to large igneous activity which forms Cretaceous granitoid batholith in southwest Japan. In this study, we describe petrographic characteristics and newly acquire whole-rock geochemical compositions of mafic rocks in the Kajishima, Ehime prefecture. The mafic rocks can be divided into troctolite, gabbro, gabbro-norite, and mafic dyke based on field observation and petrography. They show whole-rock SiO_2 contents of 43–50 wt % which are in the range of that of mafic rocks ($\text{SiO}_2 = 41–66$ wt %) associated with Cretaceous granitoid batholith in southwest Japan. The mafic rocks occurring in Kajishima are probably representative of the Cretaceous mafic rocks in southwest Japan.

西南日本白亜紀花崗岩類の成因として、エンリッチマンントル由来苦鉄質下部地殻構成岩の部分溶融が有力視されている(Nakajima et al., 2004)。「フレアアップ期」とも称される白亜紀大規模珪長質火成活動の解明には、花崗岩質マグマの起源物質の候補となる苦鉄質岩類の岩石学的・地球化学的な特徴を把握することが必要不可欠である。

愛媛県新居浜市の北約20kmの瀬戸内海に位置する梶島は、南北800m、東西500mの無人島であり、全島が斑れい岩類や苦鉄質岩脈といった苦鉄質岩類から構成されている。当地域の苦鉄質岩類については、堀内(1985)による詳細な記載岩石学的研究が報告されているが、それ以降はKagami et al. (1988, 2000)による同位体岩石学研究がなされたのみであり、これまでの全岩化学組成データの報告も限られている(Kagami et al., 2000)。そこで本研究では、梶島に分布する苦鉄質岩類について新たに岩石記載と全岩化学組成分析を行い、西南日本内帯の花崗岩類に伴って産する苦鉄質岩類との組成比較を行なった。

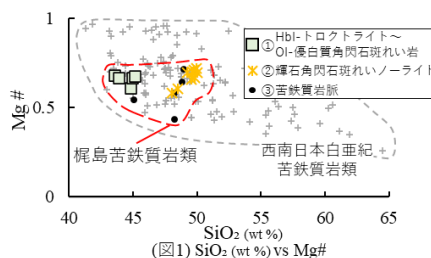
梶島の苦鉄質岩類は、野外産状および記載岩石学的特徴から、①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩、②輝石角閃石斑れいノーライト、③苦鉄質岩

Keywords: Gabbro, Cretaceous, Kajishima, Southwest Japan

*Corresponding author: Shimooka19961213@yahoo.co.jp

脈に大別できる。このうち①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩は、ポイキリティックな角閃石を含み、かんらん石と斜長石を包有する。また、③苦鉄質岩脈を除いた斑れい岩類は、少量の半自形～他形を示す黒雲母(1%以下)を含む。

全岩 SiO_2 含有量について、①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩は43～45 wt %、②輝石角閃石斑れいノーライトは48～50 wt %、③苦鉄質岩脈は45～49 wt %の範囲を持つ。これら梶島の苦鉄質岩類はハーカー図上では、 SiO_2 の増加に伴い、 TiO_2 、V、Cr、Cuには増加傾向が、FeO、Co、Znには減少傾向が見られた。また、全岩Mg#($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ モル比)は0.43～0.72を示す。梶島の苦鉄質岩類の全岩化学組成およびMg#は、西南日本内帯花崗岩類に伴って産する苦鉄質岩類の組成範囲($n=115$)にほぼ収まる(図1)。このことから梶島の苦鉄質岩類は西南日本内帯の苦鉄質岩類を代表するものと考えることができる。



(図1) SiO_2 (wt %) vs Mg#

大崩山花崗岩体中の石英における カソードルミネッセンス像と Ti 濃度および Al 濃度の関係

渡邊みのり(山形大)*, 加藤丈典(名古屋大), 小北康弘(原子力機構),
湯口貴史(山形大)

Relationship between cathodoluminescence images and titanium and aluminum concentrations in quartz from the Okueyama granite

Minori Watanabe (Yamagata Univ.)*, Takenori Kato (Nagoya Univ.), Yasuhiro Ogita (JAEA),
Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.)

石英は珪長質な深成岩に普遍的に産出する鉱物であり、石英の結晶化プロセス解明は深成岩の形成プロセスの解明に寄与する。石英の結晶化プロセスはカソードルミネッセンス(CL)像とチタン(Ti)濃度の関係から論じられている(例えば, Drivenes et al., 2016)。

本研究では、CL 像が示す成長様式と石英中の Ti 濃度およびアルミ(Al)濃度のデータを組み合わせることで、石英の結晶化プロセスについて検討を行う。研究対象は鉛直方向に岩相変化する大崩山花崗岩体の石英である。岩相は高度の低下に伴い黒雲母花崗岩、ホルンブレンド黒雲母花崗岩、ホルンブレンド黒雲母花崗閃緑岩へ変化する。

石英 CL 像の取得には山形大学の SEM-CL (JEOL IT100A+Gatan mini CL) を用いた。また、Ti 濃度および Al 濃度の定量分析には名古屋大学宇宙地球環境研究所の EPMA (JEOL JXA-733) を用いた。石英への含有量がごく微量である Ti の検出には 4 つの分光結晶(PET)を用い、Al には 2 つの分光結晶(TAP)を用いた。それぞれ 1 地点につき照射電流 60 nA, 1 回 200 秒を 8 回繰り返し、1,600 秒で電子線を照射して定量した。

本研究では、CL の明暗が繰り返すオシラトリゾーニング(OZ)を持つ石英に着目す

る。OZ を持つ石英は粗粒(最大粒径、約 3400 μm)であり、半自形を呈する。黒雲母花崗岩の試料中では OZ の石英が 38 粒子と、他岩相と比較して最も高い頻度で産出する。

結晶のコアを通るようにライン分析を行い、CL の明暗と Ti 濃度(N=31)および Al 濃度(N=10)との関係を評価した。Ti 濃度は 17 ± 12 から 177 ± 12 ppm の幅を有し、TitaniQ 地質温度計(活動度を $a_{\text{TiO}_2}=1$)を適用すると 553 ± 73 から $821 \pm 23^\circ\text{C}$ の結晶化温度を示す。Al 濃度は 182 ± 14 から 616 ± 13 ppm の範囲を示し、Ti よりも高濃度を示す。OZ を持つ石英において CL 明部で Ti および Al が高濃度を示す正の相関が認められる(Fig.1)。累帯に伴い Ti 濃度が増減する結果は、CL パターンがメルト中の局所的な TiO_2 の活動の変化に依存するとした Yuguchi et al. (2020)とも調和的である。

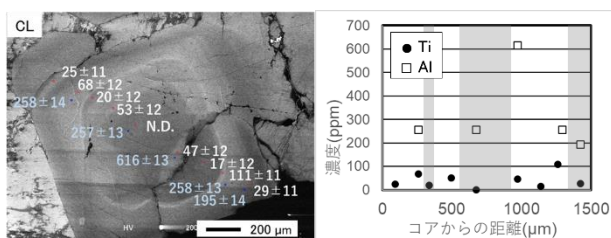


Fig.1 左:石英 CL 像, 右:明暗と濃度の関係

Keywords: Quartz, EPMA, Cathodoluminescence pattern, TitaniQ thermometer, The Okueyama granite

*Corresponding author: s205006m@st.yamagata-u.ac.jp

Poster presentation

S2: Water Rock Interaction (Special Session)

Thu. Sep 16, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

- [S2P-01] Fluid mediated dissolution and reprecipitation process recorded in the garnet of the HP marble collected from the Sanbagawa eclogite mass.
*Kenta Yoshida¹, Hikaru Sawada¹, Sota Niki², Ryosuke Oyanagi³ (1. JAMSTEC, 2. Uni. Tokyo, 3. Kokushikan Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-02] Developments of simultaneous measurements for elastic-wave velocity, electrical resistivity, and porosity of rocks
*Ikuo Katayama¹, Kazumasa Tanimoto¹ (1. Hiroshima Univ., Earth and Planetary Systems Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-03] LILE mobility at each metamorphic stage recorded in the Sanbagawa metamorphic belt: Application of Protolith Reconstruction Model
*Satoshi Matsuno¹, Masaoki Uno¹, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Univ. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-04] Temperature and pressure dependencies in elastic wave propagation through granite in hydrothermal environments
*Katsuya Mizuno¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [S2P-05] Coupled model of TL decay kinetics and heat conduction model of thermoluminescence of feldspar
*Takahiro Sato¹, Nobuo Hirano¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM

三波川変成帯エクロジャイト岩体中のマーブルに見られた 柎榴石中の溶解再析出反応と微小空隙

吉田健太*, 沢田輝 (JAMSTEC), 仁木創太 (東大), 大柳良介 (国土館大)

Fluid mediated dissolution and reprecipitation process recorded in the garnet of the HP marble collected from the Sanbagawa eclogite mass.

Kenta YOSHIDA*, Hikaru SAWADA (JAMSTEC),
Sota Niki (Uni. Tokyo), Ryosuke Oyanagi (Kokushikan Uni.)

四国中央部別子地域の三波川変成帯には、周囲の岩石よりも優位に高压の変成条件を示すエクロジャイト岩体が見られることが知られている。エクロジャイト相変成作用を被っている西五良津岩体からは三波川変成帯全体 (90-80 Ma) の変成作用よりも古い約 116Ma の年代が報告されており、エクロジャイト相変成作用以前の角閃岩相ステージと対応づけられ、「初期変成作用」として認識されている (Endo et al., 2012)。東五良津岩体は、エクロジャイト相変成作用以前のステージとしてグラニュライト相での変成作用が認識されており、初期変成作用時には西五良津岩体と接合していたと考えられている (青矢・遠藤, 2017)。我々の研究グループでは、東五良津岩体東端に産する特異な石灰質岩 (マーブル) を用いて、東五良津岩体が記録する「初期変成作用」以前のステージとして「先三波川変成作用」を見出し、チタン石を用いた温度・圧力・年代推定から約 200Ma のジュラ紀初期年代および 1100°C, 2.5GPa という非常に高い温度圧力を得た (Yoshida et al., 2021a Lithos)。また、同じ試料の石英に富むドメインからは、エクロジャイト相ステージと、それ以降の減圧期の圧力変化と流体活動史を記録しているザクロ石が見出され、エクロジャイト岩体が周囲の非エクロジャイト岩体と接合した際に活動していただろう B に富む流体活動によって形成されたダトー石[CaBSiO₄(OH)]が見られる (Yoshida et al., 2021b JPMPS)。

エクロジャイト相へ減圧期の情報を保存している柎榴石の形成史を評価するために、柎榴石の U-Pb in-situ 年代測定を実施した。柎榴石には二種類のドメインが見られ、ほぼ純粋な Grs からなり霏石を含むエクロジャイト相期の Grt1 と、非エ

Keywords: pre-Sanbagawa metamorphism, dissolution and reprecipitation, fluid infiltration, micro pore
*Corresponding author: yoshida_ken@jamstec.go.jp

クロジャイト岩体との接合時 (～600°C, 1GPa) の流体活動に関連して形成された Adr に富み方解石を含む Grt2 の U-Pb 年代は、ともに約 95Ma となり誤差の範囲で一致した (Niki et al., 2021 JpGU; submitted)。包有される炭酸塩相から両者の形成ステージは明らかに異なる。Grt2 が Grt1 のクラックを埋めるように形成している組織と、Grt2 中に見られるダトー石の存在から、流体流入に伴う柎榴石の溶解再析出反応により Grt2 が形成されたと考えられるが、両者の放射年代が一致したことは、この溶解再析出の際にもともとあった Grt1 に由来する放射起源 Pb がそのまま再析出した Grt2 に取り込まれて、U-Pb 系が溶解再析出反応中に実質的に閉鎖されていたことを示唆する (Niki et al., 2021)。

本研究では、上記の柎榴石の微細組織観察を更に詳細に行い、FIB-SEM による三次元観察を実施した。Grt1 と Grt2 の境界は、FIB-SEM の後方散乱電子像でも観察可能で、三次元的に複雑に入り組んでおり、境界部には微小な空隙が見つかった。微小な空隙は Grt1/2 の境界において、まばらながら境界沿いに面的な分布をしているように見える。空隙の大きさはたかだか 1 μm 程度で、形状の詳細を検討することは出来ない。

流体の関与する溶解再析出の反応フロントでは、マイクロ～ナノメートルスケールの微小な空隙が果たす役割が大きいことが近年明らかになりつつあり、特に長石の交代作用で複数例報告されている (Nurdiana et al., 2021 など)。今回見出した微小空隙は、高压環境 (～1GPa) での柎榴石の交代反応でも空隙による反応促進が働いていることを示唆する。

岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発

片山郁夫*, 谷本和優 (広島大学地球惑星システム学)

Developments of simultaneous measurements for elastic-wave velocity, electrical resistivity, and porosity of rocks

Ikuo Katayama*, Kazumasa Tanimoto

(Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

岩石中の割れ目や空隙は弾性波速度や比抵抗に敏感であることから、それらの物理探査をもとに地下での割れ目などを介した流体の分布や移動が推定されている。なお、弾性波速度は割れ目の密度や形状に敏感であるのに対し、比抵抗は空隙率やその連結度に敏感である特徴をもつ。そのため、両者の同時測定を行うことができれば、地下での流体移動に関するさまざまな性質を制約することが可能である。我々のグループでは、油圧型の加圧試験機に弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定システムを新規導入したので、その予察的な結果を紹介する。

試験機は、広島大学設置の容器内変形透水試験機を用いた。本試験機の最大圧力は 500 MPa であるが、運用上は 200 MPa までとしている。流体圧はシリンジポンプによって制御し（流体圧の最大は 51 MPa）、シリンジポンプの体積から試料中の空隙率変化を見積もることができる。弾性波速度の測定システムについてはすでに導入しており、岩石の三軸変形中の速度変化やクラック密度の解析を実施している（例えば、Zaima and Katayama 2018）。今回は、新たに比抵抗の測定システムを導入することで、弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定システムを開発した。

比抵抗の測定は、直径 25mm の試料をステ

ンレスの電極で挟み、交流インピーダンス法（2 端子法）により行った。なお、岩石は NaCl 溶液（0.5 mol/L）で飽和させ、間隙流体圧は 1 MPa での測定を実施した。インピーダンスアナライザー（E4990A）による測定では、20 Hz から 1 MHz までの周波数領域でのデータを取り、インピーダンスと位相差から各周波数での比抵抗を算出した。なお、0.1 kHz から 10 kHz までは周波数依存性がほとんどなく SN 比も高いことから、以下では 1 kHz での比抵抗の結果を示す。

庵治花崗岩を用いた予察的な結果では、比抵抗は圧力の増加とともに系統的に上昇し、封圧 200 MPa では大気圧での測定より 1 桁ほど高い値を示した。なお、庵治花崗岩を用いた先行研究では、流体の組成が違うために比抵抗の値を直接比較することはできないが、封圧 150 MPa では大気圧に比べ抵抗率が 1 桁ほど低下するなど（Watanabe et al. 2019）、本研究と同様の傾向を示す。加圧時の空隙率は若干ではあるが、圧力とともに低下していることから、加圧時の比抵抗の変化は空隙の閉鎖に関係していると考えられる。今後は、弾性波速度の解析を行い、空隙の閉鎖だけでなく、クラック密度や空隙形状（アスペクト比など）との関連性も検討する予定である。

Key words: Elastic-wave velocity, Electrical resistivity, Porosity, Granite

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

三波川変成帯に記録された変成ステージごとの LILE 移動度：原岩組成復元モデルの適用

松野哲士 宇野正起 岡本敦 土屋載芳

LILE mobility at each metamorphic stage recorded in the Sanbagawa metamorphic belt: Application of Protolith Reconstruction Model

Satoshi Matsuno*, Masaaki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

Elemental transfer during prograde and retrograde metamorphism was revealed for metabasaltic rocks of the Sanbagawa metamorphic belt. The elemental transfer was quantified by a novel “Protolith Reconstruction Model” that estimate protolith compositions by machine-learning algorithms trained with global basalt compositional datasets. The results indicate that prograde and retrograde metamorphisms caused systematic depletion and enrichment in Rb, Ba, K, and Sr, respectively. Although the elemental mobility obtained from the metabasalt is integral of prograde and retrograde metamorphism, it can be decomposed into stage-specific element mobility by using a petrological index for each metamorphic stage.

高圧変成岩は、累進変成作用、後退変成作用における沈み込み帯での様々な流体活動を経験しており、それを元素移動として記録している (e.g., Bebout 2007)。これまで、反応に伴う元素移動量の定量的解析は、母岩との違いが明瞭な反応帯に限られており (e.g., Beinlich et al. 2010)、原岩の組成が分からない一般的な広域変成岩への適用が難しかった。著者らは、機械学習アルゴリズムを用いて学習させた玄武岩の原岩組成復元モデル (Protolith Reconstruction Model (PRM)) を提案した (Matsuno et al. under review)。本研究では、この原岩組成復元モデルを三波川変成帯の玄武岩質変成岩に適用し、それぞれの試料から元素移動量を推定し、その空間分布と累進・後退変成作用との関係を検討した結果を報告する。

対象は、三波川変成帯四国中央部の汗見川地域に露出する玄武岩質変成岩である。XRF と ICP-MS 分析から得られた全岩微量元素組成データに対して Protolith Reconstruction Model (PRM) を適用した。(Th, Nb, Zr, Ti) を不動元素と仮定して、

原岩の微量元素濃度の復元を行い、サンプルごとの元素移動度を推定した。また、後退変成作用の指標として、角閃石の組成累帯構造から、角閃石における後退変成作用時(Hbl-Act)の成長割合を Y_{mantle} として測定した。

後退変成作用をほとんど受けていないサンプル ($Y_{\text{mantle}} \approx 0$) は、Rb・Ba・K・Sr で 80% 以上の溶脱が発生している場合がある。一方で、Rb・Ba・K・Sr の移動度は、後退変成作用の指標 (Y_{mantle}) と強い正の相関を持っていた。これらの結果は、Rb・Ba・K・Sr の累進変成作用による溶脱と後退変成作用による付加を示唆している。さらに、汗見川に沿った各変成度に応じた元素の溶脱トレンドが定量的に得られつつある。本研究で推定される元素移動度は、海底での変質、累進・後退変成作用の積分値であるが、角閃石などの各変成ステージでの反応進行度の指標を用いることで、ステージごとの元素移動度に分解できると考えられる。

Bebout 2007, Earth Planet. Sci. Lett.

Beinlich et al. 2007, Geochim. Cosmochim. Acta.

Matsuno et al. doi: 10.21203/rs.3.rs-558656/v1

Keywords: Fluid-rock interaction, Protolith reconstruction, Metamorphic rock, Subduction-related metamorphism

*Corresponding author: m.s-rakugo@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

熱水環境における花崗岩の弾性波伝搬特性の温度圧力依存性

水野克哉*・平野伸夫・土屋範芳（東北大・院・環境科学）

Temperature and pressure dependencies in elastic wave propagation through granite in hydrothermal environments

Katsuya MIZUNO*, Nobuo HIRANO, Noriyoshi TSUCHIYA

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

1.背景

流体は岩石の様々な特性に影響を与えることが知られているが、これまで高温高压熱水環境下における岩石の弾性波を測定した研究例はない。本研究では、熱水環境下で花崗岩の弾性波を導波棒経由で測定し、熱水環境での花崗岩における弾性波の伝搬特性の温度・圧力依存性について検討した。

2.実験

図1に実験装置の概略を示す。熱水環境を再現する耐圧容器内部には2本のステンレス製の導波棒が貫入しており、それらで岩石試料を挟む。導波棒にパルサーの発振・受信機を密着させることで導波棒を経由して弾性波を伝搬させる。試料には稲田花崗岩を使用した。

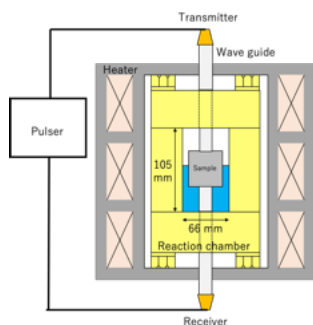


図1：弾性波測定装置

3.波形

得られた波形を図2に示す。高温になる程遅延が発生しており、また減衰が顕著である。ノイズの影響で弾性波の到達時間を検出できなかったが、波形が類似していたためピークのずれ Δt 、岩石試料 V_p 初期値、試料長さ L から次式を用いて V_p' を算出する。

$$V_p' = \frac{L}{L/V_p + \Delta t} = \frac{LV_p}{L + \Delta t V_p}$$

Keywords : Elastic wave, V_p , Granite, Supercritical water, seismic tomography

E-mail address : mizuno@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

4.結果・考察

図3に本実験で得られた花崗岩の ΔV_p を Zhang et al. (2018) にまとめられている乾燥状態で測定された花崗岩の ΔV_p とともに示す。常温常圧では高温になる程 V_p の勾配が大きくなる一方で、本研究では高温領域で勾配がむしろ小さくなっている。これは流体の圧力増加の影響であると考えられる。圧力が岩石の V_p に影響を与える原因として考えられるのは①流体、岩石そのものの V_p 変化、②伝搬経路の変化、③試料内の独立したき裂の閉塞などである。

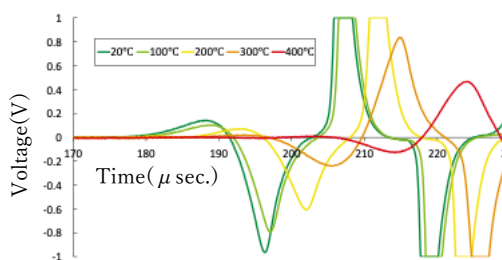


図2：花崗岩中を伝搬した弾性波の波形

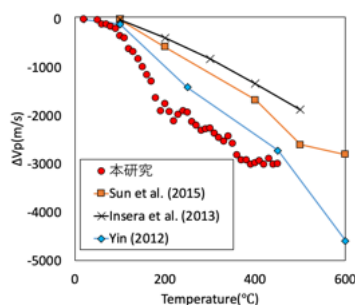


図3： ΔV_p の温度依存性

Zhang et al. (2018) : Porosity and wave velocity evolution of granite after high- temperature treatment: a review; Environmental Earth Sci. 77:35

長石の熱発光減衰速度式と熱伝導モデルの連成モデル

佐藤貴啓*・平野伸夫・土屋範芳（東北大学・院・環境科学）

Coupled model of TL decay kinetics and heat conduction model of thermoluminescence of feldspar

Takahiro SATO*, Nobuo HIRANO, Noriyoshi Tsuchiya

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

1. 背景

本研究は長石の熱発光による地熱探査法の開発に向けて、定量的な熱源推定のためのモデルについて検討を行った。

2. 熱発光の原理

熱発光は固体結晶中に放射線が入射して電子が励起してトラップされることで蓄積したエネルギーが、熱刺激によって光として放出される現象である。石英や長石などの鉱物の熱発光は複数のトラップによる発光曲線(Grow Curve, 以下 GC)が重複している。

TL 現象は Randall-Wilkins モデル(Randall and Wilkins, 1945)に従うとし、このモデルを実験で得られるパラメータに変換した Kitis らによるモデル(Kitis et al., 1998)を適用して TL 発光曲線を示す式を考案した。

3. TL の等温減衰実験と発光曲線の分解

試料は福島県石川産ベグマタイト中の正長石を用いた。これを 90, 125, 150°C の温度で 24, 168, 672, 1512, 3360 時間加熱し、減衰した熱発光を測定して GC を描画した。

Kitis らによるモデルを用いて、減衰前の正長石の GC を 6 つに分解した(図 1)。これを基に、加熱によって減衰させた熱発光の GC も分離した。

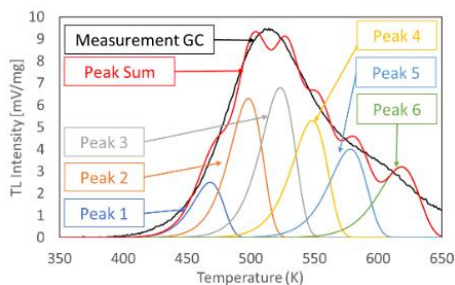


図 1：正長石熱発光のピーク分離

4. 熱発光強度のカイネティクスと熱伝導

このモデルでは、熱発光強度の減衰速度式と熱伝導方程式を連成させた。減衰速度式は式(1)のようになる。減衰項と蓄積項で構成され、前者は等温加熱による熱発光の減衰を 2 次また 3 次反応の反応速度式で記述した(図 2)。後者は照射線量あたりの熱発光強度と年間線量から年間蓄積強度を算出して定数とし、時間の関数として記述した。この式を 6 つのピークごとに記述し、それぞれ熱伝導方程式と連成させた。

$$I_{TLi} = \left((n-1)k(T)\Delta t + \left(\frac{1}{I_{TLi-1}} \right)^{(n-1)} \right)^{-\frac{1}{n-1}} + I_{Gy} \times AD \times \Delta t \quad (1)$$

$$k(T) = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

I_{TLi} : TL 積分強度($t=t_i$), k : 反応速度定数, n : 反応次数, I_{Gy} : 線量あたり強度, AD : 年間線量, E_a : 活性化エネルギー, A_0 : 頻度因子

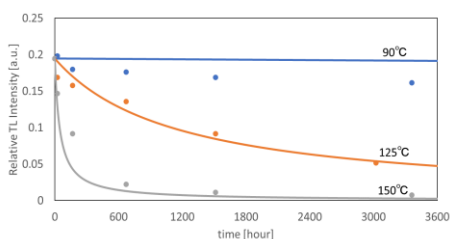


図 2：等温加熱減衰結果と 2 次反応の反応速度式のフィッティングの例(Peak 4)

5. 考察

蓄積・減衰温度が最も低い Peak 1 で 21°C となり、通常の地温であれば熱発光のエネルギーが蓄積することから、本研究で検討したモデルに再現性があると考えられる。

Keywords: Thermoluminescence, Grow Curve, Geothermal Exploration, Heat Conduction

E-mail address: taka.sato@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

Poster presentation

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

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R1P-01] EPMA + LA-ICPMS analysis using 1 : 2 glass bead

*Eiji Nakata¹, Mei Yukawa¹ (1. CRIEPI)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-02] Transmission Kikuchi diffraction analysis using a SEM apparatus and its application to fine grains within ultramylonitic peridotite

*Yohei Igami¹, Katsuyoshi Michibayashi² (1. Kyoto Univ., 2. Nagoya Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-03] Chemical features of high-salinity fluid inclusions in quartz crystals from Oohinata acidic rocks, Nagano prefecture.

*Masanori Kurosawa¹, Takuya Tsuda² (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Grd. Sch., Univ. Tsukuba)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-04] Ore and skarn minerals of the Umegakubo deposit of the Naganobori cooper mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

*Yuka Kubotsu¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-05] Ore minerals of the Ichinosaka silver mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

*Miyako Okatani¹, Mariko Nagashima² (1. Ubekousankonsarutanto, 2. Yamaguchidaigakuin · souseikagaku)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-06] Arsenic-bearing minerals (arsenic, zý kaite) from Tozawa, Gunma Prefecture

*Takashi Yamada¹, Yasuhiro Kosuge², Takashi Fujiwara³, Takashi Ishibashi³ (1. Friends of Mineral, Tokyo/Masutomi Museum of Geo-science, 2. Friends of Mineral, Tokyo, 3. Masutomi Museum of Geo-science)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-07] Whewellite from Ishidera, Wazuka, Kyoto Prefecture, Japan

*Yohei Shiroye¹, Kenji Tsuruta², Norimasa Shimobayashi³ (1. Grad. Sch., Ehime Univ., 2. Kyoto City Univ. Arts., 3. Grad. Sch., Kyoto Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-08] The higher hydrated analogue of zaccagnaite from the Ikuno mine, Hyogo Prefecture, Japan

*Masayuki Ohnishi¹, Norimasa Shimobayashi², Daisuke Nishio-Hamane³, Shoichi Kobayashi⁴, Takeshi Hisano⁵ (1. Non, 2. Sci., Kyoto Univ., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Okayama Univ. of Sci., 5. Kwansei Gakuin Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-09] Matsubaraite, rengerite, tō rnebohmite-(Ce) and rare minerals in
Osayama jadeitite

*Daisuke Nishio-Hamane¹, Mitsuo Tanabe (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-10] Mineralogy of garnet from Mt. Kutsuna, Matsuyama, Ehime Prefecture

*Shota Oshima¹, Yohei Shirose² (1. Ehime Kensetsu Consultants Co.,Ltd, 2. Grad. Sch.,
Ehime Univ)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-11] Occurrence of zeolites in Tsuo andesite from Nagato City, Yamaguchi
Prefecture, Japan

*Mariko Nagashima¹, Miyu Nishioka² (1. Yamaguchi Uni. Sci. Tech. Innov., 2. Yamaguchi Uni.
Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-12] Alteration of boninite and the phillipsite formed in its amygdale

*Yuki Inoue¹, Kazuhiko Shimada¹, Mana Yasui², Atsushi Yamazaki², Hiroshi Hagiya⁴, Jun-ichiro
Ishibashi³, Tasuku Akagi¹ (1. Kyushu Univ. Sci., 2. Waseda Univ., 3. Koube Univ., 4. Tokyo
City Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R1P-13] Formation process of secondary minerals in hydrothermally altered
basalt from Kouragahana, Shimane Peninsula, Japan

*Shuichi Ito¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

1 : 2 ガラスビードを用いた EPMA + LA-IC-MS 分析

中田英二、湯川芽依（電力中央研究所）

EPMA + LA-ICPMS analysis using 1 : 2 glass bead

Eiji Nakata*, Mei Yukawa (CRIEPI)

1. はじめに

配合率 1 : 2 の低希釈ガラスビードを再現性良く作製できる手法と ZrO_2 等の分析結果を紹介する。多くの場合、分析は 1（試料）: 10（溶剤）や 1 : 5 のガラスビードで行われている（中田, 2006）。無希釈ガラス作成には特殊な装置が必要となる（Nicholls, 1974）。低希釈率ガラスの作成は試料の溶け残りや発泡による混合不良が発生することが多く難しい。

2. 1 : 2 ガラスビード

ガラスビードは試料 0.1000g と融剤 0.2000g ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ と LiBO_2 を 1 : 1 で混合) を混合して作成する。剥離剤は使用しない。試料は予め 750°C で酸化させておく。

ガラスビードは NT-2120（日本サーモニクス製）で作成した。溶融温度は 1150°C である。溶融温度到達後の最初の揺動で白金ルツボは高周波炉ごと右に 45 度傾斜する。このため、試料粉末は白金ルツボ内でタッピングして事前に右側に寄せておく。溶融した試料本体は白金ルツボの縁のみを一体化したままで動き回る。溶融、揺動・回転を 10 分実施させた後、高周波炉は中央の定位位置に戻る。この時、白金ルツボの中央などにガラスの粒が残ることが多い。ガラスが溶融している間に白金付トングで白金ルツボを傾け、これらの残存ガラスを溶融ガラス本体に取り込む。取り込んだ後にもう一度手動で 1150°C 溶融、揺動、回転を 1 分行う。

おおむね 15 分で小さなガラスビードができる。このガラスは白金ルツボと接する面積が少ないため、冷却によって容易に剥離する。剥離したガラスは乳棒で 1 ~ 3 mm 程度の大きさに粉碎する。

粉碎したガラス破片は一つを取り出し、25 個程度の孔を開けたアルミ板（幅 2.5 ×

長さ 3cm）に包埋し研磨する。

3. 分析装置

EPMA は JXA8230（W フィラメント：日本電子製）、LA-ICP-MS は（X Series II：サーモフィッシャー製に、UP213-AS：ニューウェーブ製 Nd-YAG UV213 nm）を取り付けたものである。EPMA で軽元素濃度、LA-ICP-MS で重元素濃度を求める。

4. 分析

EPMA での分析径は 10 μm とし、吸収電流値は 10 nA、ピーク分析時間は 10 秒とした。標準試料には単鉱物を用いる。単鉱物を用いて 1 : 2 ガラスビードの標準試料を分析し、定量値は ZAF 法で得られた分析値と推奨値から検量線を作成して求めた。

LA-ICP-MS での分析直径は 100 μm とした。一点の分析は 100 秒とし、この間、試料表面から深さ 20 μm 程度の試料がエアロゾル化する。一つの試料で 3 点を測定し平均値を求める。He キャリアガスの不安定さを考慮し、概ね未知試料 10 試料ごとに標準試料を 5 試料測定し、毎回検量線を作成する。標準試料には NIST610 と、1 : 2 でガラスビード化した GSJ reference samples を用いている。

分析値は EPMA で得られた SiO_2 濃度と LA-ICP-MS で得られる SiO_2 濃度を一致させた比で補正して求める。

5. 結果

新鮮部と風化部が接する安山岩からガラスビードを作成し EPMA と LA-ICP-MS で比較した。この結果、EPMA では ZrO_2 濃度の違いが判らない場合でも、LA-ICP-MS では風化部に ZrO_2 が多くなる傾向が得られた。

6. まとめ

XRF を用いず、1 : 2 ガラスビードで軽元素～ランタノイドまで分析ができた。

Keywords: 1:2 glass bead, EPMA, LA-ICP-MS

*Corresponding author: nakata@criepi.denken.or.jp

中田（2006）電中研報告, N05063

Nicholls et al., (1974) Chem Geol 14, 151-157.

SEM 装置を用いた透過菊池回折の分析と ウルトラマイロナイトかんらん岩への応用

伊神洋平(京都大学)・道林克禎(名古屋大学)

Transmission Kikuchi diffraction analysis using a SEM apparatus and its application to fine grains within ultramylonitic peridotite

Yohei IGAMI*(Kyoto Univ.), Katsuyoshi MICHIBAYASHI (Nagoya Univ.)

オリビン ($[\text{Mg,Fe}]_2\text{SiO}_4$) 粒子を主とする多結晶体であるかんらん岩は、変形作用を受けた際に温度や差応力、含水量などを反映して多彩な微細組織を示し、オリビン粒子の結晶方位分布としても多様なパターンを示しうる。これらは上部マントルの変形場を理解するための重要な指標と捉えられ研究が進んできた[e.g., 1]。この分野の研究に重要な役割を果たしてきた分析技術として走査型電子顕微鏡および電子後方散乱回折検出器(SEM-EBSD)による菊池回折を用いた結晶方位マッピングがあるが、結晶粒径がミクロンオーダー以下となってくると明瞭な菊池回折図形の取得は難化する。従来の変形かんらん岩の結晶方位・組織解析において、サブミクロン～ナノ領域の微小粒子や粒界組織の影響は見過ごされてきたこともあるかもしれない。

電子顕微鏡において高い空間分解能を得るには、試料を薄膜化して試料内の電子の散乱を抑えることが一つの方法である(透過電子顕微鏡法、TEM)。菊池図形を用いた結晶方位解析においても、試料を薄膜化して透過電子中の信号を活用すれば、高い空間分解能で分析が可能となる。さらに、こうした薄膜試料の透過菊池回折の分析について、TEM 装置ではなく SEM-EBSD 分析システムの活用が効果的との提案がある (SEM-TKD [Transmission Kikuchi diffraction]) [2,3]。本研究では、ウルトラマイロナイト中の微小粒子の評価のためにこの SEM-TKD を活用した分析を試みたので、結果を報告する。

試料は、PROTEA5 航海の調査で得られた Marion トランスフォーム断層のかんらん岩 D19-

47 を用いた。当試料は強いせん断変形によりウルトラマイロナイト化しており、SEM-EBSD 分析では同定の困難な数 μm もしくはそれ以下の粒子の存在が示されている[4]。当試料から集束イオンビーム装置を用いて細粒オリビン領域の切り出しと薄膜化を行い、W-SEM-EBSD 装置を用いた SEM-TKD 分析を行った。TKD マッピングは 20–50 nm/step で行った。

実験条件および測定データの事後処理などの試行錯誤の結果、ドリフトが少なく index rate の高いマップデータ取得条件がおおよそ見つかった。EBSD 用の解析ルーチンに入力可能な TKD マップデータを得られるようになったことで、様々な既存ソフトウェアの活用が可能となった。バンドコントラスト像では粒界が明確に可視化され、当試料では TEM を用いた像よりも SEM-TKD によるバンドコントラスト像のほうが高コントラストで粒界が可視化された。この像では約 100 nm 径の微小粒子の存在まで十分に可視化ができており、それらの相および方位の自動認識も成功している。この程度のサイズの粒子に対する TKD 分析は W フィラメントの SEM で十分に実施可能であることが分かった。その他、EBSD データと同様に、極点図へのオリビン結晶方位のプロット、逆曲点図マップ、粒界／亜粒界の可視化や方位関係の解析などが問題なく実施できた。発表では当ウルトラマイロナイトかんらん岩から得られた結果の解釈についても一部議論する予定である。

【引用文献】

- [1] Bernard et al. (2019) *Geochem. Geophys. Geosy.* **20**, 3469
- [2] Keller & Geiss (2012) *J. Microsc.* **245**, 245.
- [3] Trimby (2012) *Ultramicroscopy* **120**, 16.
- [4] Kakihata et al. (2021) *in review*.

Key words: transmission Kikuchi diffraction (TKD), EBSD, olivine, ultramylonite, peridotite

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

大日向酸性岩類の高塩濃度流体包有物の析出結晶

黒澤 正紀*(筑波大・生命環境)・津田 拓哉(筑波大院・地球)

Chemical features of high-salinity fluid inclusions in quartz crystals from Oohinata acidic rocks, Nagano prefecture.

M. Kurosawa* and T. Tsuda (Univ. Tsukuba)

Daughter minerals in polyphase fluid inclusions of quartz crystals from quartz veins at the Oohinata acidic rocks, Nagano, Japan, were analyzed with a SEM-EDS to examine chemical features of highly-saline and sulfidic hydrothermal fluids from granitoids associated with polymetallic ore deposits in Japan. Many crystals of rock salt, sylvine, pyrite, chalcopyrite, anhydrite, feldspar, muscovite, rutile, barite, sphalerite, fluorite, loellingite, galena, molybdenite, monazite, and vanadium-rich hematite were observed as daughter crystals in the inclusions

長野県佐久穂町には、大規模熱水鉱床を胚胎する秩父花崗岩と化学的・同位体的特徴が極めて類似した中新世の茂来山花崗岩体が貫入しており、同岩体表層付近で派生した大日向酸性岩類の周囲には、鉄・銅・鉛・亜鉛・金など多種の熱水性鉱床を伴っている。そのため、酸性岩類から放出される熱水流体の特徴を解明することで、秩父花崗岩に随伴する秩父鉱山を形成した熱水流体についての情報が得られる可能性がある。秩父鉱山の鉱脈同様、大日向酸性岩類の熱水脈にも Ag, Se, As, Bi, Sb を含む鉱物が少量報告され、その熱水流体は、秩父鉱山のような多金属型鉱床を形成する流体としても注目される。

以前の鉱物科学会では、大日向酸性岩類の熱水脈の石英単結晶には、固相包有物として硬石膏・黄鉄鉱・重晶石・白雲母・ルチル・輝水鉛鉱が存在し、流体包有物として多量の多相包有物が含まれ、その中の析出結晶として多量の岩塩・カリ岩塩・塩化鉄・カリマンガリ塩化物・塩化カルシウム、少量の赤鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・硬石膏・重晶石・カリ長石・白雲母・ルチルが含まれること、溶存成分として B・Mg・Al・S・P・Ca・Ti・Mn・Cr・Fe・Co・Ni・Zn・Sn 等の元素が存在することを報告した。また、それらに基づき、熱水流体は、酸性でやや硫黄に富み、酸化的な流体であることを指摘した。今回は、引き続き、周辺の熱水脈にも探索を拡張、熱水流体の化学的特徴をさらに検討することにした。

試料には、長野県佐久穂町の灰立沢沿いの

採石場に露出する大日向酸性岩類の花崗閃緑岩中に貫入した石英脈の石英単結晶の多相流体包有物を用いた。結晶中の主要な流体包有物は気相包有物で、2相包有物がそれに次ぎ、結晶中央～底部には多相包有物も多く含まれる。今回は多相流体包有物の均質化温度や多相包有物の析出結晶・蒸発乾固物を SEM-EDS で分析することで、流体の特徴を検討した。

その結果、多相包有物の均質化温度は平均 542℃、塩濃度約 56 wt% NaCl で、2相包有物の均質化温度は約 380℃と、先行研究(菅原ほか 2004; Ishiyama et al. 2006)とほぼ一致した。多相包有中の析出結晶には、新たに閃亜鉛鉱・螢石・砒鉄鉱・方鉛鉱・輝水鉛鉱・モナズ石・バナジウムに富む赤鉄鉱を確認した。

浅部貫入の花崗岩体から放出される流体は、高温酸性でやや硫黄に富み、多様な元素を含むことは明確になったが、岩体高温期に放出された流体のためか、岩体低温期に流体中によく放出される Ag, Se, As, Bi, Sb 等の含有を確認できなかった。このことは、岩体が大きく、酸化的で硫黄に富み、高温期から低温期までに多様な元素を含む熱水流体を十分に放出できることが、多金属型鉱床を形成する花崗岩体の条件であることを示唆している。茂来山花崗岩体も重力探査によって、潜頭部に大きな広がりを持つとされ、花崗閃緑岩の周囲に分化した花崗岩を随伴するタイプであることも知られている。今後は、低温期に放出されたと推定される熱水脈中に溶存する元素についても検討を行う予定である。

Keywords: Fluid inclusion, daughter crystal, SEM, granite, hydrothermal fluid

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

山口県美祢市長登銅山梅が窪坑に産する 鉱石鉱物とスカルン鉱物の鉱物学的特徴

窪津優花・永寫真理子 (山口大・創成科学)

Ore and skarn minerals of the Umegakubo deposit of the Naganobori copper mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

Yuka Kubotsu*・Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ)

山口県美祢市には長登銅山や大和鉱山などの含銅スカルン鉱床が複数存在する。秋吉台石灰岩南東部に位置する長登銅山は国内最古の国営銅山である。長登銅山の鉱床は秋吉石灰岩に花の山花崗斑岩が貫入し、鉱化作用をもたらすことによって形成された (佐々木ほか, 2014)。Kato(1916)により花の山花崗斑岩周辺にある7つの鉱床について記載学的報告がなされた。Nagashima et al. (2021)により烏帽子坑産鉱石の鉱物学的特徴が明らかにされた。しかし、烏帽子坑以外の鉱石鉱物やスカルン鉱物の鉱物組み合わせや化学的特徴は明らかにされていない。本研究では、花の山花崗斑岩から最も離れた梅が窪坑を対象とする。梅が窪坑のズリから採取された鉱石の鉱物組み合わせや化学組成を明らかにし、形成過程や温度変化を推定する。また、花の山花崗斑岩に隣接する烏帽子坑と比較することで長登銅山内の鉱物組み合わせや化学組成の違いを検討する。

梅が窪坑は花の山花崗斑岩から約250m西に位置し、周囲は結晶質石灰岩に囲まれている (Kato, 1916)。梅が窪坑のズリから採取した試料は珪灰石スカルン、珪灰石—ザクロ石スカルン、ザクロ石スカルン、磁鉄鉱を主とする鉱石、結晶質石灰岩に分類された。梅が窪坑は珪灰石スカルンが特に卓越する。スカルン鉱物は珪灰石、ザクロ石、単斜輝石が見られた。珪灰石は少量の鉄やマンガンを含んでいた。ザクロ石はすべての試料でアンドラダイ

ト端成分を示した。単斜輝石は珪灰石スカルンで $\text{Hd}_{55.48-96.37}\text{Di}_{0.27-73.64}\text{Jo}_{1.90-24.14}$ 、珪灰石—ザクロ石スカルンで $\text{Hd}_{17.24-96.16}\text{Di}_{0.27-73.64}\text{Jo}_{3.23-15.35}$ と示され、どちらの試料でも幅広い組成を持つ。主要鉱石鉱物は斑銅鉱と黄銅鉱であり、特に斑銅鉱が卓越する。本研究では Kato(1916)で報告された鉱物に加えて、含 Bi 鉱物、含 Te 鉱物、含 Ag 鉱物、含 Co 鉱物が発見された。梅が窪坑の鉱石鉱物の晶出順序は前期から晩期に含 Cu 鉱物、前期から中期に含 Co 鉱物、中期から後期に含 Bi 鉱物、含 Te 鉱物、含 Ag 鉱物、含 Pb 鉱物、晩期に含 Sb 鉱物であると考えられる。図1に示すように斑銅鉱内に黄銅鉱とウィチヘン鉱の離溶組織が見られることから、含 Bi 鉱物が晶出する際に温度低下があったと考えられる。梅が窪坑と烏帽子坑から共通して含 Bi 鉱物、含 Te 鉱物、含 Ag 鉱物、が産することからこれらの鉱物は長登銅山で普遍的に産すると思われる。

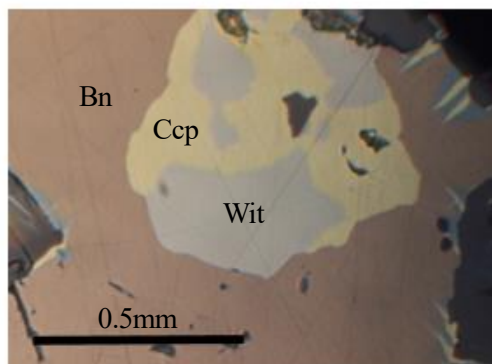


図1. 斑銅鉱(Bn)内の黄銅鉱(Ccp)とウィチヘン鉱(Wit)の離溶組織

Keywords: naganobori, copper, skarn

Corresponding author: 9dai4krz@gmail.com

山口県山口市一ノ坂銀山産鉱石の鉱物学的特徴

岡谷 実治子 (宇部興産コンサルタント)・永嶋 真理子 (山口大・創成科学)

Ore minerals of the Ichinosaka silver mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

Miyako Okatani* (Ube Industries Consulting, Ltd.) and Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ.)

一ノ坂銀山は1591年から約30年間稼働した銀山で、採掘された銀鉱石から「天又銀」等の銀貨が造られたことで知られる歴史的に重要な鉱山である(石川, 1980)。一ノ坂銀山は、山口市と萩市に跨る東鳳翔山の東腹標高400mに位置する鉱脈鉱床で(商工省地質調査, 1921)、本鉱山は佐々並コールドロンの割れ目に沿って貫入した環状岩脈である小吹峠珪長質貫入岩類分布域に位置する(井川ほか, 2001)。本鉱山に関する地球科学的研究はこれまで Ishihara and Sasaki (2002)による硫黄同位組成の検討のみであり、鉱石中の含銀鉱物や構成鉱物組み合わせは明らかになっていない。本研究では一ノ坂銀山の鉱石の含銀鉱物をはじめとする構成鉱物の組み合わせを明らかにし、組織や構成鉱物の化学的特徴から形成過程を検討したため、これを報告する。

一ノ坂銀山大松間歩のズリから採取された鉱石は、主にバロ輝石、テフロ石、ザクロ石、菱マンガン鉱で構成されるマンガン鉱石であり、それらはテフロ石型鉱石、バロ輝石型鉱石に大別される。主要構成鉱物であるバロ輝石の組成ほぼ一定 $[(\text{Mn}_{0.8}\text{Ca}_{0.1-0.2}\text{Fe}_{0.1-0.2})\Sigma 1.00\text{SiO}_3]$ であったが、テフロ石の Mn : Fe 比は 1.65:0.35~1.35:0.65 の範囲で変化した。いずれの鉱石にもザクロ石(スペサルティン)が産し、テフロ石型

鉱石にみられるもの ($\text{Sp}_{873.8-82.2}\text{Gr}_{12.8-22.0}\text{Alm}_{2.5-8.9}$)に比べ、バロ輝石型鉱石中のものは組成変化が顕著で、コア部は Mn、リム部は Ca に富む ($\text{Sp}_{843.9-81.3}\text{Gr}_{15.4-48.7}\text{Alm}_{3.0-10.3}$)。いずれもフッ素を含み ($\sim 1.24 \text{ F wt.}\%$)、 $\text{Si}^{4+} + 4\text{O}^{2-} \leftrightarrow \square + 4(\text{F}, \text{OH})$ の置換関係 (e.g., George et al., 1990)で特徴づけられる。このことから、フッ素を含む熱水がマンガン鉱石の形成に関与したと推定される。

一ノ坂銀山の鉱石中には、含銀鉱物として自然銀、輝銀鉱、カンフィールド鉱 (Ag_8SnS_6)が認められた。主要鉱石鉱物は、方鉛鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱で、少量の硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱も産する。なかでも方鉛鉱は最も卓越する鉱石鉱物である。また、含銀鉱物はマンガン鉱物や他の鉱石鉱物を切る脈に含まれる。

鉱物組合せおよび岩石組織より、バロ輝石やテフロ石を主とするマンガン鉱石が形成された後に 1) 早期に方鉛鉱、2) 中期～後期に黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、3) 後期に含銀鉱物の順に鉱石鉱物が晶出すると考えられる。この晶出順序は、含銀鉱物と同時期に産する黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱に少量の銀が含まれ、一方、含銀鉱物の晶出以前に産する方鉛鉱に銀が含まれないことでも支持される。

Keywords: Ichinosaka silver mine, native silver, argentite, canfieldite

Corresponding author: m.okatani@ube-ic.co.jp

群馬県砥沢産の含砒素鉱物; 自然砒、ズイーカ石など

山田 隆¹⁾²⁾, 小菅康寛¹⁾, 藤原 卓²⁾, 石橋 隆²⁾

(1. 鉱物同志会, 2. 益富地学会館)

Arsenic-bearing minerals (arsenic, zýkaite) from Tozawa,
Gunma Prefecture

T. Yamada*, Y. Kosuge (Friends of Mineral, Tokyo)

T. Fujiwara, T. Ishibashi (Masutomi Museum of Geo-science)

During investigating minerals from the old gold mine at Tozawa, Gunma Prefecture, we found arsenic and arsenopyrite in quartz vein with gold, stibnite, pyrite, realger. Also, arsenolite, kaňkite, zýkaite, pitticite, gypsum are found as secondary minerals. Zýkaite occurs as white earthy nodules composed of fine needles. Fe, As, S and O are detected by qualitative chemical analysis. X-ray powder diffraction profile shows good agreement with that of ICDD 29-695.

群馬県甘楽郡南牧村砥沢から自然砒が産出することは古くから知られているが、その産地の詳細や自然砒の産状、共出鉱物についてはほとんど知られていない。2007年より当産地を調査し、自然砒とともにいくつかの砒素を含む鉱物やアンチモンの硫化鉱物などを確認した。

産地は、秩父帯のチャートや粘板岩中に生じた熱水性の鉱脈で、産地の南側に見られる火成岩の貫入岩体に伴って生成したと考えられている。かつて金を目的に採掘されたとも言われる。

鉱脈中の鉱物には、自然砒、自然金、硫砒鉄鉱、輝安鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、鶏冠石、石黄、車骨鉱、安四面銅鉱、ジンケン鉱などがみられる。二次的に生成したと思われる鉱物として、方砒素鉱、カニユク石、ズイーカ石、ピッチ石?、石膏などを確認している。

今回はとくに、ズイーカ石 (zýkaite) につ

いて外観や実験データなどを示す。

ズイーカ石; $\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ は1976年に国際鉱物学連合へ登録された鉱物でチェコのクトナー・ホラで発見された。鉱物名はチェコの鉱物学者、Václav Zýka博士にちなむ。

砥沢産のズイーカ石は、粘土中に生じた白色土状光沢の球体で、大きさは数ミリメートル内外である。白色の球体は太さ1マイクロメートル以下の微細な針状結晶の集合からなる。共出鉱物は石膏やカニユク石である。本邦では初めて確認された鉱物である。

X線粉末回折実験による主要回折値(d/I)は、10.6(100), 7.33(9), 7.04(8), 6.55(8), 5.60(6), 3.82(4), 3.25(4), 2.99(3), 2.83(4) と、ICDD 29-695に掲載されるチェコのクトナー・ホラ産ズイーカ石のデータと一致する。

EDSによる定性化学分析結果は、鉄、砒素、硫黄および酸素である。



Arsenic: showing metallic luster by cutting (55mm width).



Zýkaite: white nodules in clay (60mm width).

Keywords: Tozawa, arsenic, zýkaite, kaňkite

*Corresponding author: yamada@nms.ac.jp

京都府和束町石寺産フーウェル石

白勢洋平 (愛媛大・院理工)・鶴田憲次 (京都芸大)・下林典正 (京大・院理)

Whewellite from Ishidera, Wazuka, Kyoto Prefecture, Japan

Yohei Shirosé* (Grad. Sch., Ehime Univ.), Kenji Tsuruta (Kyoto City Univ. Arts.),
and Norimasa Shimobayashi (Grad. Sch., Kyoto Univ.)

京都府和束地域には領家帯の花崗岩及び変成岩類が分布しており、和束町石寺の変成岩中の石英脈からは、初生的な燐灰石や灰重石の変質により形成された多様な磷酸塩鉱物、タングステン酸塩鉱物が産出する (鶴田ら, 2008 ; Shimobayashi et al., 2012 ; 白勢ら, 2018 ; 2019 ; 2020 ; Morimitsu et al., 2021)。この石英脈からはシュウ酸塩鉱物であるウェッデル石が産出し (大西ら, 2011), 今回、それに伴うフーウェル石 (whewellite) を本邦からは初めて見出したので、これらのシュウ酸塩鉱物の産状及び鉱物学的性質を報告する。

フーウェル石は, $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}]$ の理想化学組成で示され, ウェッデル石 $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot (2+x)\text{H}_2\text{O}]$ よりも含水量が小さい。いずれも地質学的過程においては堆積岩や石炭中からの産出が一般的だが, 植物中や人間の腎結石等の生体鉱物としてもよく知られている。一方で, 石寺のような熱水作用による形成メカニズムについては明らかにされていない。

石寺産フーウェル石は石英中のフッ素燐灰石変質部に形成されており, ウェッデル石, クランダル石-フローレンス石を伴う。フーウェル石はフッ素燐灰石残晶の表面に分布し, 肉眼的には白濁した塊状~膜状集合である。ウェッデル石は, フッ素燐灰石が溶解した空隙に多く分布し, ガラス光沢, 透明の細粒結晶の集合である。SEM を用いた形態観察から, フーウェル石は幅 5 μm 程の板状結晶からなる約 20 μm の球状集合であることがわかり (Fig. 1a), 約 50 μm の板状結晶で

あるウェッデル石に比べるとときわめて細粒な結晶である。

SEM-EDS を用いた化学分析の結果, フーウェル石の平均化学組成は $(\text{Ca}_{0.97}\text{Fe}_{0.01}\text{Al}_{0.01})(\text{C}_2\text{O}_4)_{0.99}(\text{PO}_4)_{0.01} \cdot 0.94\text{H}_2\text{O}$ であった。しかしながら, ウェッデル石についても, 計算から求めた H_2O の量は 1 に近くなり, 両者を SEM-EDS による化学分析値から区別するのは困難であった。これはウェッデル石が真空中及び電子線損傷による脱水が顕著なためである。フーウェル石及びウェッデル石は鉄, リンを微量ながら含み, ウェッデル石では鉄, リンの含有量による組成ゾーニングが確認できた。微小部 XRD 実験の結果, 石寺産フーウェル石の格子定数は $a = 6.288(7)$, $b = 14.57(1)$, $c = 10.097(8)$ Å, $\beta = 109.37(9)^\circ$, $V = 873(1)$ Å³ であり, PDF カード #01-087-2511 の合成フーウェル石の値とよく一致した。石寺産のシュウ酸塩鉱物の形成過程としては, はじめにフッ素燐灰石の割れ目に沿ってクランダル石-フローレンス石等の二次リン酸塩鉱物が形成され, その後, フッ素燐灰石の溶解に伴って, フーウェル石, ウェッデル石が溶解部に形成されている (Fig. 1b)。

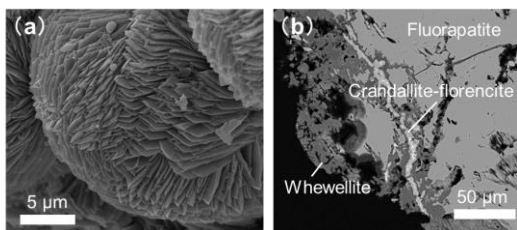


Fig. 1 (a) Spherical aggregates of platy whewellite. (b) BSE image of whewellite and crandallite-floerenceite.

Keywords: whewellite, weddellite, oxalates, hydrothermal alteration, Ishidera

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

兵庫県生野鉱山産ザッカーニャ石の高水和物

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

The higher hydrated analogue of zaccagnaite from the Ikuno mine, Hyogo Prefecture, Japan

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

兵庫県朝来市に位置する生野鉱山 (例えば, 青木・吉川, 2005) から, ハイドロタルサイトスーパーグループに属するザッカーニャ石 $\text{Zn}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{CO}_3]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の高水和物に相当する鉱物を見出したので, その鉱物学的性質を報告する。

本鉱物は方解石の表面に“褐鉄鉱”を伴う皮膜として産出し, 最大直径 80 μm , 厚さ 3 μm の六角薄板状結晶の集合体をなす。肉眼的には淡青～淡青緑色で, 真珠～ガラス光沢を呈する。モース硬度は約 1, 劈開は {0001} に完全である。重液法による測定密度は 2.26(1) g/cm^3 , 計算密度は 2.17 g/cm^3 である。光学的には二軸性負, 屈折率 $\omega = 1.547(3)$, $\varepsilon = 1.533(3)$ である。

TEM (200 kV) による電子回折 (SAED) パターンは, 六方晶系または三方晶系の対称を示した。ディフラクトメーター (CuK α 線, 40 kV, 160 mA) による粉末 X 線回折パターン [d_{meas} , Å (I , hkl)] は, 10.94 (100, 003), 5.46 (27, 006), 3.63 (15, 009), 2.616 (4, 012), 2.457 (4, 015), 2.225 (2, 018), 1.972 (2, 011), 1.512 (2, 113), 1.474 (1, 116) で, ハイドロウッドワード石 (Witzke, 1999) とよく一致するが, ザッカーニャ石とは異なる。最小二乗法によって精密化した格子定数は $a = 3.058(2)$, $c = 32.63(9)$ Å で, 本鉱物は空間群 $R\bar{3}m$ のいわゆる“グローコセリン石型構造”であると推定される。

KBr 法による FTIR では, 3443 cm^{-1} に O-H 伸縮振動, 1642 cm^{-1} に H-O-H 変角振動, 1400 cm^{-1} に CO_3 , 1119 cm^{-1} , 984 cm^{-1} に CO_3 および SO_4 の伸縮振動, 615 cm^{-1} に SO_4 変角振動による吸

収が認められた。

化学分析は EPMA によって行った。本鉱物を炭素蒸着したのち WDS で定性分析を行ったところ, Zn, Cu, Al, S, O, C および少量の Si が検出され, 原子番号が 5 以上の他の元素は検出されなかった。定量分析は EDS (15 kV, 0.8 nA, <1 μm) によって行った。FTIR によって存在が確認された H_2O および CO_3 は, ハイドロタルサイト超族のストイキオメトリーから求めた。すなわち, H_2O は $2\text{OH} + 3x/2\text{H}_2\text{O}$ (層間水の最低値) として, CO_3 は電気的中性なるよう $M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(\text{OH})_2[A^n]_{x/2}$ ($M^{2+} = \text{Zn, Cu}$; $M^{3+} = \text{Al}$; $A^n = \text{CO}_3, \text{SO}_4, \text{SiO}_4$) として, それぞれ計算した。38 点の分析値は, ZnO 39.86 (34.53~44.81), CuO 11.64 (8.38~16.81), Al_2O_3 17.84 (15.30~21.10), SO_3 3.95 (2.45~5.89), SiO_2 0.74 (0.19~1.45), $\text{CO}_2_{\text{calc}}$ 4.45, $\text{H}_2\text{O}_{\text{calc}}$ 27.22, 合計 105.70 wt% である。合計が高いのは, 電子線照射による脱水の影響とみられる。S および少量の Si は常に検出され, BSE 像では他の相は認められなかったことから, 層間アニオンとして含まれていると考えられる。 $\text{Zn} + \text{Cu} + \text{Al} = 6 \text{ apfu}$ として計算した実験式は, $(\text{Zn}_{2.98}\text{Cu}_{0.89})_{\Sigma 3.87}\text{Al}_{2.13}(\text{OH})_{12.00}[(\text{CO}_3)_{0.62}(\text{SO}_4)_{0.30}(\text{SiO}_4)_{0.07}]_{\Sigma 0.99}\cdot 3.19\text{H}_2\text{O}$ である。本鉱物は希塩酸に発泡しながら容易に溶ける。

本鉱物の理想化学式は $\text{Zn}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{CO}_3]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n > 3$) と示すことができ, ザッカーニャ石の高水和物およびグローコセリン石の CO_3 置換体に相当するハイドロタルサイトスーパーグループの一員であると考えられる。このような鉱物種は, これまでに知られていない。

Keywords: zaccagnaite, glaucocerinite, hydrotalcite supergroup, Ikuno mine

*Corresponding author: czshh118a@yahoo.co.jp

大佐山ヒスイ輝石岩から見いだされた松原石、蓮華石、セリウムトルネボム石、および稀少・未詳鉱物について

浜根大輔* (東大・物性研), 田邊満雄

Matsubaraite, rengineite, törnebohmite-(Ce) and rare minerals in Osayama jadeitite

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Mitsuo Tanabe

松原石および蓮華石は新潟県糸魚川地域のヒスイ輝石岩転石から新種として発見された鉱物であり、ともにチェフキン石族のペリエル石亜族に分類される。理想組成は $\text{Sr}_4\text{Ti}_5\text{O}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ (松原石) および $\text{Sr}_4\text{Ti}_4\text{ZrO}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ (蓮華石) であり、いずれも単斜晶系 ($C2/m$ もしくは $P2_1/a$) において $a = 14$, $b = 5.7$, $c = 12$ Å, $\beta = 114^\circ$ 程度の格子を基本とするが、蓮華石については c 軸が約2倍長となる直方晶系の多形が知られている。セリウムトルネボム石は接触変成を受けた石灰岩が主体のBastnäs鉱山 (スウェーデン) を模式地とし、 $\text{Ce}_2\text{Al}(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$ を理想組成とする。このたび新たに見出した岡山県大佐山のヒスイ輝石岩からこれら三種を組成分析と透過電子線回折によって同定し、さらに数々の稀少鉱物や未詳鉱物を見出したのでまずはその概要を報告する。

本研究で見出したヒスイ輝石岩は角閃石脈が生じており、チタン石に覆われた褐色のルチルを多く伴う。ルチルには裂傷が発達しており、その裂傷が松原石やSr-Ba系鉱物によって充填される。蓮華石はルチル中の裂傷ではなく、チタン石中に生じるほか、角閃石脈とはやや離れた個所に蓮華石 (コア) + チタン石 (リム) 集合として点在することが多く、柱状の単結晶が単独で産出することもある。松原石は最大で30μm程度であるが、蓮華石は最大300μmの結晶を確認している。セリウムトルネボム石は淡い緑黄色を呈する2-3mmの板状集合体が角閃石脈に認められるほか、灰褐色のモナズ石や褐簾石を覆う産状がある。いずれも個々の結晶は不定形で、最大でも30μm程度となっている。

そのほかに確認された稀少鉱物にタウソン石 (Tausonite: SrTiO_3)、ヘンリーマイヤー

石 (Henrymeyerite: $\text{Ba}(\text{Ti}_7\text{Fe}^{2+})\text{O}_{16}$)、ストロナルス石 (Stronalsite: $\text{Na}_2\text{SrAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$)、スローソン石 (Slawsonite: $\text{Sr}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$)、シャンド鉱 (Shandite: $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$) があり、特にタウソン石は桃色で100μm程度の結晶として産出し、多数の結晶粒がルチルーチタン石集合を取り巻くことがある。その他、 $\text{X}_2\text{Ti}_3\text{Si}_2\text{O}_{11}(\text{OH},\text{Cl})_2$ ($X = \text{Sr}, \text{Ba}$) および $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ の組成を示す未詳鉱物が確認された。

松原石は $\text{Sr}_{4.04}\text{Ti}_{4.98}(\text{Ti}_{0.27}\text{Si}_{3.73})_{\Sigma 4}\text{O}_{22}$ ($\text{O} = 22$ で規格化) となり、SiサイトにややTiが置換されるものの不純物をほぼ含まない。電子線回折図形は直方晶系 ($Pbca$: $a = 14$, $b = 5.7$, $c = 22$ Å) で指数付けされ、松原石にも蓮華石と同様に直方晶系多形が存在することが明らかとなった。従来の単斜晶相は回折図形には出現しないものの、高分解能像では存在がわずかに観察された。

蓮華石は $\text{Sr}_{4.02}(\text{Ti}_{4.18}\text{Zr}_{0.81})_{\Sigma 4.99}(\text{Ti}_{0.13}\text{Si}_{3.87})_{\Sigma 4}\text{O}_{22}$ ($\text{O} = 22$ で規格化) で松原石と同様にSiサイトにややTiが置換されるものの不純物をほぼ含まない。電子線回折図形は $C2/m$ の単斜晶系を示し、 $[010]$ と $[0-10]$ の回折が混在する。構造を考慮すると(001)面上の TiO_6 八面体層を挟んで軸が反転すると考えられる。なお直方晶系多形は蓮華石からは検出されなかった。

セリウムトルネボム石は $(\text{Ce}_{0.90}\text{La}_{0.56}\text{Nd}_{0.28}\text{Sr}_{0.18}\text{Sm}_{0.04}\text{Ca}_{0.03}\text{Th}_{0.02})_{\Sigma 2.01}(\text{Al}_{0.97}\text{Si}_{2.03})_{\Sigma 3}\text{O}_{7.88}(\text{OH})_{1.12}$ ($\text{Al}+\text{Si} = 3$ で規格化) の組成で、電子線回折図形は $a = 7.4$, $b = 5.7$, $c = 17$ Å, $\beta = 112^\circ$ ($P2_1/c$) で指数付けが可能であった。本鉱には超周期構造などは特に観察されていない。

Keywords: matsubaraite, rengineite, törnebohmite-(Ce), jadeitite, Osayama

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

愛媛県松山市忽那山から産する石榴石の 記載鉱物学的研究

大嶋正太 (愛媛建設コンサルタント)・白勢洋平 (愛媛大・院理工)

Mineralogy of garnet from Mt. Kutsuna, Matsuyama, Ehime Prefecture

Shota Oshima* (Ehime Kensetsu Consultants Co.,Ltd) and Yohei Shirose (Grad. Sch., Ehime Univ)

1: はじめに 忽那山は、愛媛県松山市北吉田町に位置し、古くより石榴石の産出で知られる。忽那山西海岸から産出する石榴石は色・粒径・形など多様な特徴を示すが、詳細な記載や成因の議論などは行われていない。また、忽那山を含む領家帯南限付近の松山市周辺の変成岩についてもその成因について議論があるものの未だ明らかではない(野戸, 1977 など)。本研究では忽那山の地質と石榴石の記載を行い、石榴石の成長過程を調べることでホルンフェルスが源岩からどのような変成作用を受けて形成されたのか明らかにすることを目的とする。

2: 地質概説 忽那山西海岸は角閃岩、アブライト脈、破碎帯、泥質・砂質ホルンフェルスの大きく分けて4種の岩石で構成され、石榴石は主に泥質・砂質ホルンフェルスから産し、黒・灰・赤・桃・橙色の石榴石を確認できた。泥質・砂質ホルンフェルスは優黒色と優白色の層が互層となり、互層に沿って石榴石が局所に分布している。また泥質・砂質ホルンフェルス中には堇青石仮晶のイライト(桜石)が確認できた。

3: 実験方法 組織観察及び化学分析には愛媛大学設置のEDS装着したJEOL製走査型電子顕微鏡JSM-6510LVと、鉱物種同定にリガク製粉末X線回折装置UltimaIVを用いた。

4: 結果・考察 忽那山の石榴石($X_3Al_2Si_3O_{12}$)はX席にFe・Mn・Mg・Caが含まれ、Fe・Mnに富み、鉱物種としてはほとんどが鉄礬石榴石で、一部満礬石榴石となる。いずれもコアからリムにかけてFe・Mgの増加に伴いMnが減少する傾向にある。Ca、Mgの含有量はほとんどの石榴石が $Ca < 0.17$ 、 $Mg < 0.40$ (*apfu*)であるが、 $0.40 < Ca < 0.60$ (*apfu*)となる黒色の石榴石も確認できた。包有物・共生鉱物に違いが見られ、赤・桃・橙色のものは包有物が黒・灰色のものと比べ少なく、黒雲母、チタン鉄鉱、石英を主として含んでいる。共生鉱物として緑色の黒雲母・緑泥石を伴う場合がある。灰色のものはコアに包有物が多く、チタン鉄鉱、フッ素燐灰石、石英を含むが、リムにはほとんど含まれない。黒色のものはリムまで包有物が多く、チタン鉄鉱、石英、鉄珪輝石を含み、共生鉱物として鉄直線石を含む。また黒雲母-石榴石温度計を用いて温度推定を行った結果、約510~620°Cの熱変成作用をホルンフェルスの源岩が受けたと推定され、さらに岩体の南から北にかけて変成温度が下がる。包有物量の異なる石榴石のコアリム構造や組成の違い、同じ岩体内でも温度分布があることから、忽那山の石榴石を含むホルンフェルスは源岩が複数回変成を受けたものと考えられる。

Keywords: garnet, Mt. Kutsuna, spessartine, almandine, garnet-biotite geothermometer

*Corresponding author: diarusappeme7310035@gmail.com

山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状

永嶌 真理子（山口大学・創成科学）、西岡 美結（山口大学・理）

Occurrence of zeolites in Tsuo andesite from Nagato City, Yamaguchi Prefecture, Japan

Mariko Nagashima* and Miyu Nishioka (Yamaguchi Univ.)

山口県長門市油谷津黄に分布する津黄安山岩には沸石類をはじめとする晶洞鉱物については、渋谷・原田(1988)、渋谷(1991)によって産出鉱物種が示されるにとどまっており、それらの分布、産状、化学的特徴、形成プロセスは検討されていない。本研究では津黄安山岩分布域における沸石を主とする晶洞鉱物の産状や分布、鉱物組合せや化学的性質から形成条件やプロセスを検討する。また津黄より西 6 km の川尻に分布する大津玄武岩中からも晶洞鉱物が報告されているが(高橋・永嶌, 2013)、その特徴はかなり異なるため両者を比較することで生成に係る条件の違いなどを考察する。

津黄海岸から黄波戸口にかけて広く分布する津黄安山岩は岩石学的特徴から上部・中部・下部安山岩に分けられ(今岡ほか, 2012)、沸石類は津黄海岸付近にのみ産出し、基底礫岩の直上の下部安山岩、無斑晶質安山岩からなる中部安山岩、さらに中部と上部安山岩を境する安山岩礫層(今岡・尾崎, 2006)中の安山岩礫から見出される。安山岩礫は無斑晶質である中部安山岩由来と考えられる。下部安山岩では数 mm~10 cm の晶洞中に石英や沸石類が産するが、中部安山岩では方解石や沸石類が網状に発達する。安山岩礫には沸石によって充填された数 mm 径の晶洞が多数存在する。

Keywords: Zeolite, Tsuo andesite, Stilbite, Heulandite

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

東沸石は下部安山岩で最も卓越し、上部安山岩や安山岩礫には認められない。晶洞は、ソーダ東沸石のみが充填するもの、壁面から内部にかけて灰東沸石~ソーダ沸石に変化するもの、濁沸石が壁面に産した後に内部を東沸石が充填するものがある。濁沸石と同一晶洞内に共生する東沸石は中心部で Ca に富み、縁部では Na, K に富む。K に富む部分は“カリ東沸石”に相当するものがみられる。東沸石中の交換性陽イオンは $\text{Ca} \leftrightarrow 2(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ の置換関係を示す。

中部安山岩や安山岩礫中では、輝沸石やモルデン沸石が卓越する。輝沸石のみ、モルデン沸石のみが充填する晶洞に加え、晶洞壁面から自形~半自形柱状結晶の輝沸石が発達し、晶洞内部の空隙を繊維状のモルデン沸石が充填するものがある。輝沸石は主に灰輝沸石であるが、一部 Na に富む。

本地域の沸石は低 Si タイプから高 Si タイプに変化する。いずれの産状でも先に晶出した沸石は Ca に富み、後に晶出した沸石は Na や K に富む。沸石は約 250 °C から 50 °C に温度が低下する過程で晶出したと考えられる(Chipera and Apps, 2001)。また輝沸石が主に産する中部安山岩中の沸石類の方が、東沸石を主とする下部安山岩の沸石類よりやや高温の熱水が作用することにより形成したと考えられる。

ボニナイトの変質およびその空隙中に産する phillipsite

井上裕貴(九大)、島田和彦(九大)、安井万奈(早大)、山崎淳司(早大)、
萩谷宏(都市大)、石橋純一郎(神戸大)、赤木右(九大)、

Alteration of boninite and the phillipsite formed in its amygdale

Yuki Inoue* (Kyushu Univ.), Kazuhiko Shimada (Kyushu Univ.), Mana Yasui (Waseda Univ.),
Atsushi Yamazaki (Waseda Univ.), Hiroshi Hagiya (Tokyo City Univ.),
Jun-ichirou Ishibashi (Kyushu Univ.), Tasuku Akagi (Kyushu Univ.)

1.はじめに ボニナイトはMg、Cr、Niに富み液相濃集元素に乏しい安山岩で、olivine, clinoenstatite, enstatite, augite, Cr-spinel かなるガラス質の岩石である。ボニナイトの空隙を充填する形で多様な沸石が産出することがNishido (1982)、Fujita et al (2016)らによって報告されている。一方、ボニナイトは岩石記載的に plagioclase を含まないとされており、plagioclase の分解に伴って沸石が形成されるとする一般的な形成過程を考えることが難しい。本研究では、ボニナイトのガラス質部分に着目し、その化学組成から沸石形成過程を議論する。

2.手法 本研究で解析を行った試料は、小笠原諸島父島宮之浜に分布するボニナイトである。各鉱物相の解析は偏光顕微鏡による観察とXRDにより行った。化学組成に関してはEPMAを用いて定量した。

3.結果 沸石を含むボニナイトは主に clinoenstatite, enstatite, augite の斑晶を持つガラス質の岩石であり、変質鉱物として analcime と smectites を含んでいた。ボニナイトの空隙中に産出した鉱物は phillipsite, apophyllite, smectites であった。

Keywords: Zeolite, Phillipsite, Boninite

*Corresponding author: inoue.yuki.564@s.kyushu-u.ac.jp

空隙の周縁部には smectite が内部の phillipsite を囲むように産出していた。一部の空隙中には phillipsite と apophyllite の共生が認められた。

さらに本研究で着目した空隙中の phillipsite については晶癖が異なる2つのタイプが認められた。中心部は乳白色、球状で非晶質～微細結晶の集合体であり、その外側は無色透明の結晶成長組織を持つ自形結晶であった。両者は化学組成も異なっており、中心部のNa/Kモル比は2.13であるのに対して、その外側は1.55であった。またSi/Alモル比も異なっており、中心部は2.71であり、その外側は2.8であった。

4.考察 宮之浜のボニナイト空隙中に見られる phillipsite および smectites は海水中のNa、Mg、Kとvolcanic glassが反応に関与したものであり、順序に関しては2次変質鉱物である smectites を形成した後に phillipsite が生成したと考えられる。また、ボニナイトに斑晶として含まれる clinoenstatite, enstatite および augite はこれらの空隙中の smectite および phillipsite の生成には関与していなかったと推察される。

島根半島古浦ヶ鼻の熱水変質玄武岩中に産する二次鉱物とその生成プロセスについて

伊藤修一, 永瀧真理子(山口大・創成科学)

Formation process of secondary minerals in hydrothermally altered basalt from Kouragahana, Shimane Peninsula, Japan

Shuichi Ito*, Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ.)

島根半島に広く分布する新第三系には多くの中間質~苦鉄質貫入岩が存在し、その一部は熱水変質作用を被る。その結果、晶洞や脈中に鉄に富むぶどう石やパンペリー石などの二次鉱物が産する (Kano et al., 1986)。古浦ヶ鼻地域からは、バビントン石(野村ほか, 1984)、ジュルゴルド石 (松原ほか, 1992)、著しく Fe に富むぶどう石 (加藤ほか, 1992)が報告されている。Akasaka et al. (2013)は、晶洞と脈に産する二次鉱物の組み合わせが異なることを指摘した。しかし、鉱物組合せと生成条件の関係は詳細に明らかになっていない。したがって本研究は、古浦ヶ鼻地域に産する二次鉱物の組合せを検討し、それらの化学的特徴の違いに基づき、生成プロセスを解明することを目的とする。

古浦ヶ鼻地域の変玄武岩は枕状溶岩の形態を成し、その空隙に二次鉱物が発達する。観察の結果、二つの異なる産状 (A, B)が見出された。産状 A では枕状溶岩内部の空隙に主にパンペリー石とぶどう石が産する。産状 B では、枕状溶岩同士の間隙を主にぶどう石から成る灰色部が充填し、少量のバビントン石、トムソン沸石を伴う。灰色部のぶどう石は極細粒で結晶性の低いコアを持つ。また、バビントン石はセクターゾーニングを有する。いずれも急冷により形成したと考えられる。二次鉱物の晶出順序は、産状 A では早期~中期にかけてパンペリー石、チタン石、ぶどう

石、産状 B ではぶどう石、アンドラダイト、ヘーデンベルグ輝石、バビントン石、トムソン沸石が晶出し、後期には両産状で方解石が空隙を充填する。また、産状 B では後期に緑簾石とジュルゴルド石を含む脈やフェリぶどう石から成る脈も見られる。図 1 に示すように、ぶどう石の Fe 含有量は産状ごとで異なり、産状 A のぶどう石に比べ (0.7-8.7 wt.% Fe_2O_3)、産状 B のぶどう石の方が鉄に富む (3.8-15.1 wt.% Fe_2O_3)。

これらのことから、本地域では枕状溶岩の間隙を通して熱水が侵入し、母岩と熱水が反応することで空隙にパンペリー石が晶出、その後熱水中の Fe 含有量の減少及び温度低下に伴ってぶどう石が晶出した (産状 A)。さらに、海水が流入することで相対的に低温な熱水からは初期に鉄に富むぶどう石が晶出、その後温度低下に伴いバビントン石、トムソン

沸石が晶出した (産状 B)。このように、局所的な生成条件の違いは枕状溶岩という母岩の構造に起因する。

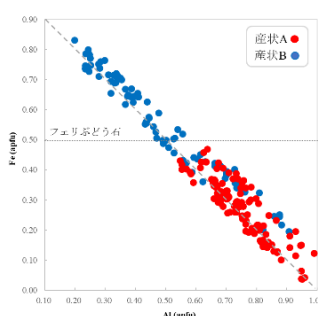


図 1. 各産状におけるぶどう石の Fe-Al 置換関係

Keywords: prehnite, pumpellyite, ferriprehnite, babingtonite, Kouragahana

*Corresponding author: a036vcu@yamaguchi-u.ac.jp

Poster presentation

R5: Extraterrestrial materials

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R5P-01] Thermal and shock history of diogenites on the basis of the occurrence of silica minerals

*Rei Kanemaru¹, Akira Yamaguchi^{1,2}, Naoya Imae^{1,2}, Atsushi Takenouchi³ (1. SOKENDAI, 2. NIPR, 3. Kyoto univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

シリカ鉱物の産状に基づくダイオジェナイトの熱・衝撃史

金丸 礼(総研大)*, 山口 亮, 今榮 直也(極地研), 竹之内 惇志(京都大学)

Thermal and shock history of diogenites
on the basis of the occurrence of silica minerals

Rei Kanemaru (SOKENDAI)*, Akira Yamaguchi, Naoya Imae (NIPR), Atsushi Takenouchi (Kyoto univ.)

序論: HED 隕石の一グループであるダイオジェナイト隕石は、直方輝石と副成分鉱物(斜長石、シリカ鉱物、クロマイトなど)から構成される集積岩であり、小惑星の下部地殻物質に由来すると考えられている。最近、ユークライト隕石中のシリカ鉱物に関する岩石学的な理解が進み、シリカ鉱物が隕石母天体における熱・衝撃史の指標として利用可能なことが示唆されている[e.g., 1, 2]。一方で、ダイオジェナイトのシリカ鉱物の産状に注目した研究はあまり行われていない[3]。そこで本研究では、ダイオジェナイト中のシリカ鉱物の産状を詳細に調査した。

試料と分析手法: ダイオジェナイト試料として非角礫岩 (NWA 7831, NWA 8043, NWA 8107)、角礫岩 (NWA 4965, NWA 8703, Bilanga)、および再結晶化した試料 (Tatahouine, Y 002875, Y-74013)を用いた。試料の観察およびシリカ鉱物の相同定には、国立極地研究所の光学顕微鏡、Chroma CL および顕微ラマン分光装置を用いた。

結果と考察: 本研究で用いたダイオジェナイトすべてにシリカ鉱物を見出した(<~1 %)。ダイオジェナイトに産するシリカ鉱物として、(MC-, PO-)トリディマイト、クリストバライト、石英を同定した。これらシリカ鉱物は主に直方輝石の粒子間に短く脈状に産する。試料ごとのシリカ鉱物の組み合わせは、ダイオジェナイトの岩石学的特徴との密接な関連を示した。非角礫岩で波状消光を示さない試料では、MC トリディマイトが少量のクリストバライトと共存した。角礫岩で弱い波状消光幅(~5°)を示す NWA 8703 では、MC トリディマイトに加え、石英や PO トリ

ディマイトが共存した。一方、強い波状消光幅(~15°)を示す Bilanga と NWA 4965 では、ほぼ全てが石英であった。再結晶化した試料では、(MC-, PO-)トリディマイトとクリストバライトが共存した。

ダイオジェナイトがマグマから固化する際の温度圧力条件において、マグマから最初に結晶化するシリカ鉱物はクリストバライトであり、さらに冷却の過程でトリディマイト(PO から MC)へと相転移すると考えられる。クリストバライトや PO トリディマイトの存在は、これらダイオジェナイトが非平衡状態であることを示し、ソリダス温度付近から玄武岩質ユークライトに匹敵する急冷過程を経験していることが示唆される[1]。

ダイオジェナイトの波動消光の角度幅増加に伴い石英が増加するという観察は、石英が二次的に生成されたことを示唆する。ユークライトでは、衝撃変成度 C 以上の試料においてトリディマイトから石英へと転移した組織が観察されており[2]、これら試料と比較すると~10 GPa からそれ以上の衝撃圧力を経験したことが示唆される。

ダイオジェナイトはマグマから固化後に複雑な変成史を経験している。本研究では、シリカ鉱物の産状がダイオジェナイトの変成史を読み解くための重要な指標であることを示した。本研究から、より詳細な母天体地殻モデルが形成されることが期待される。

参考文献: [1] Ono H. (2020) 博士論文(東京大学) [2] Kanemaru R. et al. (2021) JPGU, PPS07-14. [3] Benzerara k. et al. (2002), *Am. Mineral*, 87, 1250-1256.

Keywords: Diogenite, Silica mineral

*Corresponding author: kanemaru.rei@nipr.ac.jp

Poster presentation

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[R7P-01] The formation of ultra-refractory peridotite from the Kamuikotan belt, Hokkaido

*Ikuya Nishio¹, Tomoaki Morishita¹, Keita Itano¹, Akihiro Tamura¹, Yuji Ichiyama², Shun Takamizawa², Shoji Arai¹ (1. Kanazawa Uni., 2. Chiba Uni.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R7P-02] Occurrence and formation mechanism of libethenite from Arakawa mine, Akita prefecture, Japan

*Teruhiro Suzuki¹, Yuho Fujimaki¹, Takuya Echigo¹, Yasushi Watanabe¹ (1. Akita Uni. IRS.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R7P-03] Crystal size distribution analysis of mottled anorthosite in the Bushveld complex, South Africa

*YOSHIDA SHUHEI¹, ECHIGO TAKUYA¹, WATANABE YASUSHI¹ (1. Akita University. Graduate School of International Resource Sciences)

9:30 AM - 6:30 PM

[R7P-04] Compositional variation of talc in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan

Daisuke Miyamoto¹, *Toshio Nozaka¹ (1. Okayama Univ. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[R7P-05] **Chemical composition of tourmaline from Li-pegmatite of Myokenzan, Ibaraki prefecture, Japan.**

*Hotaka Ishizawa¹, Takuya Echigo¹, Yasushi Watanabe¹ (1. Akita Univ.)

9:30 AM - 6:30 PM

北海道神居古潭帯に産する高枯渇度カンラン岩の 成因とその形成場の検討

西尾郁也*(金沢大), 森下知晃(金沢大), 田村明弘(金沢大), 板野敬太(金沢大), 市山祐司(千葉大), 高見澤駿(千葉大), 荒井章司(金沢大)

The formation of ultra-refractory peridotite from the Kamuikotan belt, Hokkaido

Ikuya Nishio*(Kanazawa Univ.), Tomoaki Morishita (Kanazawa Univ.), Akihiro Tamura (Kanazawa Univ.), Keita Itano (Kanazawa Univ.), Yuji Ichiyama (Chiba Univ.), Shun Takamizawa (Chiba Univ.), Shoji Arai (Kanazawa Univ.)

白亜紀島弧下のスラブ—マントル断片であると考えられている北海道神居古潭帯には変成岩の他に超苦鉄質岩（以下カンラン岩と呼ぶ）が露出している(竹下他, 2018). その中でも鷹泊・幌加内カンラン岩体はカンラン石の高い Fo 値(>92)とスピネルの Cr#(>0.6)から高枯渇度の溶け残りカンラン岩であると解釈されている(田村他, 1999). 本研究では鷹泊・幌加内カンラン岩の構成鉱物の主要・微量元素組成を用いて高枯渇度カンラン岩の成因の再検討を行い、高枯渇度カンラン岩の形成機構の制約を試みる.

鷹泊・幌加内カンラン岩体は主にハルツバージャイトとダナイトから成り、ダナイトはしばしばハルツバージャイト中に数~数十 cm の薄層として観察される. ダナイトはカンラン石の他に細粒の直方輝石、スピネルを含み、スピネル中の包有物として角閃石が観察される. ハルツバージャイトは粗粒なカンラン石と比較的粗粒な直方輝石からなり、まれに直方輝石の周囲に細粒の単斜輝石が観察される.

ハルツバージャイト中のカンラン石と直方輝石の Y, Ti 濃度は低く、スピネルの Cr# と逆相関を示す. さらに Shaw (1970)の分別

融解モデルと整合的であり、ニューカレドニアの高枯渇度カンラン岩の直方輝石の濃度より低い (Xu et al., 2021). つまり鷹泊・幌加内ハルツバージャイトは世界屈指の高枯渇度溶け残り岩であることが示唆される.

一方で、直方輝石の Zr, Sr 濃度は分別融解モデルでの Y, Ti 濃度の枯渇度に対応する Zr, Sr 濃度に対して高いことから物質の流入が示唆される. そこで Ozawa and Shimizu (1995)の開放的融解モデルを用いて溶融過程を検証した. ハルツバージャイト中の直方輝石の微量元素組成は、Depleted MORB Mantle (Workman and Hart, 2005)から 15% の分別融解、続いてスラブ流体 (Bizmis, 2000)の流入による開放的融解(>10%)により再現される. このことから鷹泊・幌加内高枯渇度カンラン岩は Umino et al. (2015)で提唱される様な沈み込み初期にメルト成分に枯渇したカンラン岩がさらに含水下にもたらされることで再び融解されたことが示唆される.

ダナイト中のカンラン石はハルツバージャイト中のカンラン石に比べ Ti 濃度が僅かに高いことから枯渇メルト—枯渇岩石相互反応によって形成されたと考えられる.

Keywords: Ultra-refractory, Peridotite, Mantle, Olivine, Orthopyroxene

*Corresponding author: ikuya240@kanazawa-u.ac.jp

秋田県荒川鉱山産燐銅鉱の産状及び形成機構

鈴木 照洋・藤巻 勇帆・越後 拓也・渡辺 寧 (秋田大・国際資源)

Occurrence and formation mechanism of libethenite from Arakawa mine,
Akita prefecture, Japan

Teruhiro Suzuki*, Yuho Fujimaki, Takuya Echigo, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

燐銅鉱 $[\text{Cu}_2\text{PO}_4(\text{OH})]$ は銅を含む含水リン酸塩鉱物であり、銅鉱石の変質に伴う二次鉱物として産出する。世界的にも産出は少なく、国内では秋田県の荒川鉱床及び滋賀県の灰山のみである。

荒川鉱床は、秋田県大仙市に位置する鉱脈型銅鉱床である。地表付近の鉱石は天水による酸化作用により、赤銅鉱や自然銅、孔雀石を始めとした二次鉱物が多く産する。荒川鉱床産燐銅鉱の記載は若林

(1903) が最初のものであるが、産出は日三市鉱山 (荒川鉱床群の一部) の奥鍾である。また、丹羽 (2009) によって荒川鉱床嗽沢のズリより燐銅鉱が産したことが報じられている。このように、荒川鉱床での燐銅鉱の産出は以前より知られているが、捨石場より発見されたものが主であり、詳細な産状記載や形成過程についての考察はなされていない。今回、多量の燐灰石と燐銅鉱が共存する試料や燐銅鉱の産状が明確に分かる試料を荒川鉱床嗽沢奥鍾より産した鉱石から発見したので、その産状記載と化学分析結果にもとづき、荒川鉱床での燐銅鉱の形成過程を議論する。

鉱石試料のスラブ観察および薄片観察の結果から、荒川鉱床における燐銅鉱の産状を以下のように分類した。(A) 鉱脈の晶洞中に晶出した多孔質塊状燐灰石の空隙及び燐灰石を交代し産する燐銅鉱 (Fig. 1), (B) 二次的に破碎された櫛葉状石英の割れ目や晶洞中に晶出する燐銅鉱 (Fig. 2), の2タイプである。A, Bタイプともに燐銅鉱は母岩 (石英, 燐灰石, 珪化岩) に直接接して晶出し、褐鉄鉱との共沈は認められない。塊状燐灰石は0.1mm~0.5mm程度の細粒な結晶が集合し、1~3cm程度のレンズ状の空隙を伴い、累皮状の構造を呈する。空隙内には1~5mm程度の重晶石が晶

出している。

Aタイプの燐銅鉱は燐灰石の一部を燐銅鉱が交代していることから、初生的に形成した燐灰石と、銅を多く含む天水との反応によって燐銅鉱が晶出したことを示す。

BタイプのものはAタイプの燐銅鉱が形成する過程で溶出した、燐と銅に富んだ天水から直接晶出したことを表す。

以上のことから荒川鉱床の燐銅鉱は酸性で銅に富む天水と脈中の燐灰石が反応し形成したと考えられる。

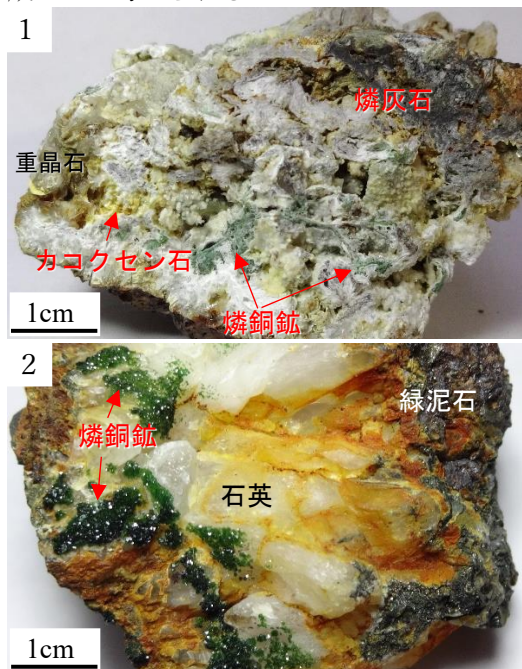


Fig. 1 燐灰石を一部交代して産する燐銅鉱 (Aタイプ)。塊状燐灰石の一部を交代するように燐銅鉱が晶出している。また同じくリン酸塩鉱物であるカコクセン石が晶出している。

Fig. 2 石英の割れ目に晶出する燐銅鉱 (Bタイプ)。燐銅鉱近縁の石英は褐鉄鉱の被膜が少ない。

Key words: 燐銅鉱 燐灰石 荒川鉱床 二次鉱物 二次富化作用

南アフリカ共和国ブッシュフェルト貫入岩体東部における 斑点状アノソサイトの結晶粒径分布解析

吉田 柊平・越後 拓也・渡辺 寧 (秋田大・国際資源)

Crystal size distribution analysis of mottled anorthosite in the Bushveld Complex, South Africa

Shuhei Yoshida*, Takuya Echigo, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

南アフリカ共和国Twefontein地域には、ブッシュフェルト層状貫入岩体の層状構造に非調和的に貫入する超塩基性岩が分布する。この超塩基性岩は単斜輝岩であり、Rustenburg Layered Suite (RLS) のUpper Critical Zoneで母岩のアノソサイトに鉛直方向に貫入している。このアノソサイトは白色で斜長石からなる部分に黒色の粒径1mmから数cmの輝石をまだら模様を含んでいる。このような岩相はRLSの広範囲にわたって産出しているが、その成因は明らかになっていない。本研究では、Twefontein地域の斑点状アノソサイトに対して鉱物の同定および産状記載、SEM-EDS分析、斜長石に対する粒径分布図 (CSD)を作成し斑点状組織の形成過程を考察した。

斑点状アノソサイトは完晶質であり、白色部分は自形~半自形で数mmスケールの斜長石からなる。黒色の斑点部分は数cmスケールのものと数mmスケールのものに大別でき、数cmスケールの斑点は他形の単斜輝石からなり、それらは自形~半自形の斜長石を内包する。数mmスケールの斑点は他形の斜方輝石からなり、それらは自形~半自形の斜長石を内包する。SEM-EDS分析の結果、基質を構成する斜長石と輝石に内包される斜長石のAn# はどちらも75-

80%程度であり大きな差異は見られなかった。

斜長石結晶のCSDは極大値をもつ上に凸の分布を示した (Fig.1)。このような傾向は、溶融一再結晶作用によって微細な結晶が消失することで生じると考えられる。基質部分の斜長石と輝石結晶内の斜長石の組成に差異が見られないことから、本研究で分析した斑点状アノソサイトは、溶融一再結晶作用やアニーリング等の影響を受けて形成した可能性が高い。前述のとおり、この斑点状アノソサイトには超塩基性岩体が貫入していることから、高温の未分化メルトと母岩のアノソサイトが反応し、アノソサイトが部分的に溶融して結晶化した際に斑点状組織が形成されたと考えられる。

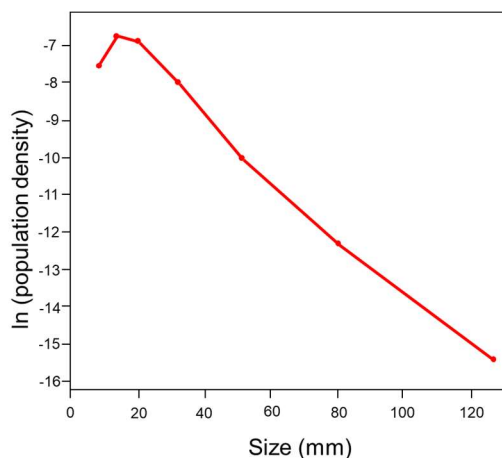


Fig.1 Twefontein産斑点状アノソサイト中の斜長石結晶のCSD図

Key words: Bushveld complex, mottled anorthosite, crystal size distribution

Corresponding author: nadegata@gmail.com

西南日本の熱変成蛇紋岩における滑石の組成多様性

宮本大輔・野坂俊夫* (岡山大)

Compositional variation of talc in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan

D. Miyamoto and T. Nozaka* (Okayama Univ.)

Abstract: Talc is the physically weakest among common minerals in metaperidotitic rocks and could significantly affect the physical properties of lithospheric mantle. Physicochemical conditions for its formation are, therefore, essential for modeling tectonic processes involving mantle rocks. To obtain some constraints on the formation conditions, we analyzed chemical compositions of talc and associated minerals in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan. Obtained compositional variations of talc suggest mechanical mixing between phyllosilicates. Talc-chlorite and talc-serpentine mixture looks a characteristic product by prograde and retrograde metamorphism, respectively. Talc itself has a chemical variation suggestive of the replacement of Si by Na and Al in its crystal structure.

変成かんらん岩および蛇紋岩に頻繁に産する滑石は、物理的強度が小さいため、かんらん岩の物性に大きく影響する。上部マントルのテクトニクスを議論するためには、その生成条件の正しい理解が必要である。滑石は一般に純粋なMg端成分に近い組成を持っており、単純系での相平衡条件が適用できるため、組成に関する研究例は少ない。しかし幾つかの蛇紋岩試料を予察的に分析したところ、理想組成から大きく外れている滑石が見つかった。これが一般的な現象ならば、滑石の生成条件を見直す必要があるかもしれない。そこで変成分帯の確立している熱変成蛇紋岩体中の滑石の組成を詳しく調べた。

西南日本の蛇紋岩体は花崗岩の貫入によって熱変成作用を受けており、変成度によって五つの帯に分帯できる(Nozaka, 2003: Am. Mineral.; Nozaka, 2011: Jour. Met. Geol.)。このうちIII帯とV帯はそれぞれ、昇温変成作用で生じた滑石+かんらん石、および直方輝石+かんらん石で特徴づけられる。これらに加えて両帯ともに広範囲にわたってCa角閃石と緑泥石が産する。一方、後退変成作用によ

って生じた鉱物として、V帯では直方輝石を置換する滑石とかんらん石を貫く蛇紋石脈が、またIII帯ではかんらん石を貫く蛇紋石脈が鏡下で認められる。これらのフィロ珪酸塩鉱物をEPMAで分析したところ、次のような結果が得られた。①III帯の滑石は、蛇紋石との中間的組成を持つものと緑泥石との中間的組成を持つものがある。②V帯の滑石の多くは蛇紋石との中間的組成を持つ。③III帯・V帯の多くの滑石にはSiの減少に伴ってAlとNaの増加傾向が認められる。

光学顕微鏡で同定された滑石の多くが中間的組成を持つことは、顕微鏡スケール以下での緑泥石や蛇紋石との機械的混合を示唆している。緑泥石との混合は昇温期の滑石の特徴であり、蛇紋石との混合は後退期の滑石の特徴と考えられる。一方、他相と混合していない滑石の組成のばらつきは、Naが滑石に選択的に分配され、 $\text{Si} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Na}$ 置換が起きたことを示唆している。

Keywords: talc, prograde metamorphism, retrograde metamorphism, peridotite, serpentinite

*Corresponding author. nozaka@cc.okayama-u.ac.jp

茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

石澤はたか・越後拓也・渡辺寧（秋田大大学院・国際資源）

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

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

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

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

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

4. 結果 電気石は $XY_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3V_3W$ で表される鉱物で、それぞれ $X=Na, Ca, Y=Mg, Fe, Al, Li, Mn, Zn, Z=Al, Fe, Cr, V, T=Si, Al, B=B, V=OH, O, W=OH, F, O$ といった元素を含む。

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

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

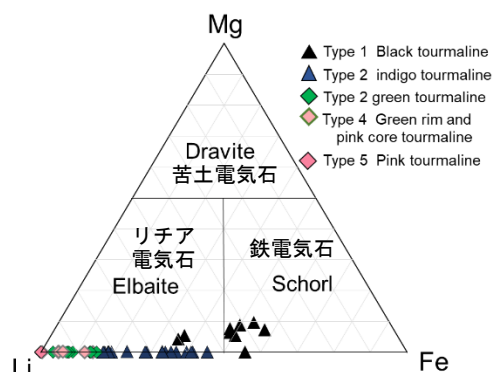


図1 妙見山ペグマタイト産電気石のYサイトにおけるMg-Li-Fe量(apfu)を示す三角ダイアグラム。電気石の化学組成が鉄電気石からリチア電気石にかけて変化していることを示す。

Keywords : Tourmaline, Myokenzan Li-pegmatite, elbaite, schorl, EPMA-WDS

Corresponding author: asafusu01@gmail.com

Poster presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

- [R8P-01] Different growth timings of host garnet and inclusion osumilite in a garnet-sillimanite gneiss from Rundvågshetta, the Lützow-Holm Complex, East Antarctica
*Kota Suzuki¹, Tetsuo Kawakami¹ (1. Kyoto Univ.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-02] Chemical compositions of garnet from felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic
*Mio Naito¹, Kensuke Yamane¹, Daisuke Nakamura¹, Takao Hirajima², Martin Svojtka³ (1. Okayama Univ., 2. Kyoto Univ., 3. Academy of Science of the Czech Republic)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-03] Research of Sanbagawa crystalline schists in Shibukawa region, central Japan
*Yuki Tomioka¹, Kouketsu Yui¹, Michibayashi Katsuyoshi¹ (1. Nagoya Uni. Env.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-04] Origin and metamorphism of serpentinite in the Suo metamorphic rocks in the Nichinan area, SW Japan
*Shunsuke Endo¹, Makoto Okamoto¹, Taiki Nishikawa¹ (1. Shimane Uni.)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-05] Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane
*Kaushik Das¹, Sankar Bose², Gautam Ghosh², Proloy Ganguly³ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Presidency Uni. India, 3. Kazi Nazrul Uni. India)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-06] Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogoke Metamorphic Belt, Myanmar
*Zaw Htet Htet¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹, Khaing Nyein Htay² (1. Kyushu Univ, 2. Geological Institute of Myanmar)
9:30 AM - 6:30 PM
- [R8P-07] Nature and timing of anatexis event of the Hida Belt (Japan): Constraints from titanite geochemistry and U-Pb age of clinopyroxene-bearing leucogranite
*Hironobu Harada¹, Tatsuki Tsujimori², Yoshiaki Kon³, Shogo Aoki⁴, Kazumasa Aoki⁵ (1. Grad. Sch. of Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. AIST, 4. Akita Univ., 5. Okayama Univ. Sci.)
9:30 AM - 6:30 PM

東南極リュツォ・ホルム岩体 ルンドボックスヘッタに 産するザクロ石－珪線石片麻岩中の ザクロ石と大隅石の成長時期の差異

鈴木康太*、河上哲生（京都大・院理）

Different growth timings of host garnet and inclusion osumilite in a garnet-sillimanite gneiss from Rundvågshetta, the Lützow-Holm Complex, East Antarctica

Kota SUZUKI* and Tetsuo KAWAKAMI (Kyoto Univ.)

ルンドボックスヘッタ（東南極リュツォ・ホルム岩体）に分布するザクロ石－珪線石片麻岩には、ザクロ石の包有物として大隅石が産する[1]。ザクロ石＋大隅石は 960 °C 以上 8 kbar 以下で安定な、超高温条件の指標鉱物組合せである[e.g., 2]。先行研究[1]では、変成ピーク（1040 °C/13-15 kbar）後の等温減圧の最中に、ザクロ石＋大隅石の安定領域内で、ザクロ石と大隅石が同時に成長したと解釈されている。このピーク条件（1040 °C/13-15 kbar）は、ルンドボックスヘッタに産する別の岩相（珪線石－堇青石－サフィリングラニュライト）から見積もられたものである[3]。

一方、ザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石に、大隅石とともに単相で包有されるルチルに対して Zr-in-rutile 温度計[4]を適用した研究[5]では、ザクロ石＋大隅石の安定領域よりも低い温度条件（850 °C-930 °C）が見積もられた。そこで本研究では、記載岩石学的手法を用いてザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石と大隅石の成長時期を再検討した。

ザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石は、リンに乏しいコアとリンに富むリムに区分される[5]。大隅石はザクロ石コアに包有されている。詳細な観察の結果、大隅石は単相ではなく、常にガラスやカリ長石、黒雲母を伴って包有されていることが分かった。電子顕微鏡観察など薄片表面の観察では、大隅石単相の包有物に見える場合でも、光学顕微鏡やラマン分光分析による三次元的な観察の結果、シュリンケージバブルを伴うガラスと一緒に包有されていることが分かった。

これらの大隅石を含む多相包有物は、ザクロ石の負晶形であること、ガラスを伴うことから、メルトの状態でザクロ石コアに取り込まれた後に部分的に結晶化したナノグラニトイド[e.g., 6]である。ナノグラニトイドの中で大隅石は自形ではなく、常に他形である。したがって大隅石は、ザクロ石コアと同時に

成長したのではなく、メルト包有物の中で晩期に晶出した娘鉱物であると考えられる。

また、ザクロ石コアには、ナノグラニトイドだけでなく、単相の黒雲母、珪線石、石英、自形の斜長石、ルチル、ジルコンが包有されている[5]。したがってザクロ石コアは、等温減圧の最中ではなく、むしろ昇温期に進行した黒雲母の脱水溶融反応（黒雲母＋珪線石＋Na に富む斜長石＋カリ長石＋石英＝ザクロ石＋Ca に富む斜長石＋ルチル＋メルト[e.g., 6]）によって生成されたメルトを取り込みながら成長した、ペリテクティックな部分と考えられる。ザクロ石コアに単相で包有されるルチルから見積もられた温度条件（850 °C-930 °C）は、このザクロ石コア成長時の温度条件を示すといえる[5]。

一方、メルト包有物中の大隅石晶出時の温度条件は制約できていないが、ザクロ石と非平衡な大隅石は 900 °C 以下でも安定に存在できるため[e.g., 2]、ザクロ石コア成長後の降温期に成長したと考えられる。

以上より、ザクロ石－珪線石片麻岩は、ザクロ石＋大隅石が安定な温度条件には到達しておらず、珪線石－堇青石－サフィリングラニュライトとは異なる変成履歴を経験していると考えられる。同一地域内であっても、異なる岩相の変成条件を組み合わせた変成履歴の構築は、各岩相の詳細な変成履歴の解析に基づいて慎重に行う必要がある。

引用文献：[1] Kawasaki et al. (2011); [2] Kelsey (2008); [3] Kawasaki and Motoyoshi (2006); [4] Tomkins et al. (2007); [5] Suzuki and Kawakami (2019); [6] Cesare et al. (2015); [6] Hiroi et al. (1997)

Keywords: ultrahigh-temperature metamorphism, osumilite, prograde metamorphism, partial melting, nanogranitoid

*Corresponding author:

suzuki.kouta.22u@st.kyoto-u.ac.jp

チェコ共和国・ボヘミア山塊中に産する 珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成

内藤美桜*、山根健輔、中村大輔（岡山大学）、

平島崇男（京都大学）、マルチン・スフォイッカ（チェコ科学アカデミー）

Chemical compositions of garnet from felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

Mio Naito*, Kensuke Yamane, Daisuke Nakamura (Okayama Univ.),

Takao Hirajima (Kyoto Univ.), Martin Svojtka (Academy of Science of the Czech Republic)

ヨーロッパのヴァリスカン造山帯の東部に位置するボヘミア山塊には高圧から超高圧変成作用を受けたとされる変成岩類が産出する。南部の Moldanubian 帯では、主に珪長質グラニュライトから成る Gföhl ユニットの一部分として、Blanský les 岩体がある。

本研究では Blanský les 岩体の南東部に位置する Plešovice の採石場と中央部に位置する Zrcadlová Hut' の採石場に産する珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成の比較を行った。Plešovice の珪長質グラニュライトには retrograde のゾーニングのものしか見られなかったが、Zrcadlová Hut' の珪長質グラニュライトには prograde ゾーニングをもつザクロ石が発見された。

珪長質グラニュライトの主な構成鉱物はザクロ石、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、藍晶石、ジルコンである。Plešovice の珪長質グラニュライトでは斑状変晶のザクロ石の粒径は最大 1cm である。一方、Zrcadlová Hut' では、5mm-1 cm の大きさのザクロ石の斑状変晶が多く存在する。

ザクロ石の化学組成について、Plešovice の珪長質グラニュライトに含まれるザクロ石（粒径約 2mm）はコアで均質もしくはコアからリムに向かって Fe が増加し、Mg が減少する retrograde のゾーニングを示した（例えば、コアで $\text{Alm}_{0.69} \text{Grs}_{0.10} \text{Prp}_{0.18}$ 、リムで $\text{Alm}_{0.76}$

$\text{Grs}_{0.06} \text{Prp}_{0.15}$ であった）。一方、Zrcadlová Hut' のものに含まれるザクロ石の斑状変晶はコアからリムに向かって Fe が減少し、Mg が増加する prograde ゾーニングを示した。コアで $\text{Alm}_{0.69} \text{Grs}_{0.18} \text{Prp}_{0.11}$ 、リムで $\text{Alm}_{0.52} \text{Grs}_{0.20} \text{Prp}_{0.27}$ と異なる組成を示した。また、Plešovice では最大で $\text{Ca}=0.45\text{apfu}$ であるが、Zrcadlová Hut' では $\text{Ca}=0.6\text{apfu}$ であり、Ca 量についても違いが見られる。

同じ Blanský les 岩体中でも産地によって異なる温度圧力履歴をもつ可能性があるものの、地質温度圧力計（Grt-Bt 温度計、GASP 圧力計）を用いると、Plešovice の最高温度圧力が約 2.2-2.5GPa、1050-1250°C（ザクロ石のコア組成、マトリクスの黒雲母の組成、ザクロ石中の斜長石の組成を使用）となり、Zrcadlová Hut' では約 2.4GPa、1100°C（ザクロ石の Mg に富むリム組成、マトリクスの黒雲母の組成、ザクロ石中の斜長石の組成を使用）となり、明確な違いがない。Zrcadlová Hut' で prograde ゾーニングのザクロ石が存在するのは最高温度ステージでの滞在時間や冷却速度の違いによるものかもしれない。

Keywords: Bohemian Massif, granulite, garnet, pressure-temperature path

*Corresponding author: pvzk7i45@s.okayama-u.ac.jp

中部地方渋川地域に産する三波川結晶片岩類の研究

富岡優貴*, 瀨瀬佑衣, 道林克禎 (名古屋大・院環境)

Research of Sanbagawa crystalline schists in Shibukawa region, central Japan

Yuki Tomioka*, Yui Kouketsu, Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Uni. Env.)

【はじめに】

三波川変成帯は世界で最も研究されている広域変成帯のひとつであり、関東山地から九州佐賀関半島まで、東西約 800 km にわたりほぼ連続して分布している。中部地方南部においては、三波川変成帯は愛知県新城市から静岡県浜松市にかけて露出し阿多古川断層を境に北東部（天竜川地域）と南西部（渋川地域）に分けられている（後藤, 1996）。天竜川地域では Tagiri et al. (2000) の石墨化度の詳細な検討をはじめとした研究がなされており、緑泥石帯、ざくろ石帯及び黒雲母帯に分帯されている（牧本ほか, 2004）。一方で本研究の対象である渋川地域では結晶片岩中からひすい輝石、ローソン石、藍閃石（Na 角閃石）といった指標鉱物が報告されており（関ほか, 1959; 磯貝, 1977）、鉱物組み合わせからは緑泥石帯に相当すると考えられる。しかしながら、本地域の三波川結晶片岩類は近年の研究に乏しく、数値的な変成温度圧力条件の検討は行われていない。そこで、本研究では鉱物組成分析に加え、炭質物ラマン温度計を用いて変成条件の制約を試みた。

【地質概要・鉱物記載】

研究地域は関ほか（1959）、磯貝（1977）によって各種指標鉱物が報告されている地域を含む。岩相は塩基性片岩、泥質片岩を主とし、部分的に砂質片岩、珪質片岩を挟む。今回、一部の塩基性片岩と砂質片岩から Na 角閃石を、珪質片岩からローソン石を見出した。また、泥質片岩には炭質物ラマン温度計を適用した。

【分析結果・議論】

Na 角閃石について電子線マイクロアナライザ（EPMA）による鉱物主要元素組成分析を行い、鉄の酸化状態を含めた化学組成の評価を行ったところ、C 席の $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ 値は 0.3~0.5 に収まる一方、 $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}+\text{Al})$ 値は 0.2~0.9 と広がりが見られた。この組成差は BSE 像上で累帯構造として確認できる。また、炭質物ラマン温度計によって算出された温度は 300~430°C 程度で、北西部に向かって上昇する傾向が見られた。

今後は分析試料数を増やして調査範囲を広げるとともに、変形段階の区別や石英の結晶方位ファブリックなども検証することで、中部地方における三波川帯の変成履歴の解明を目指す。

Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, amphibole, glaucophane, Raman spectroscopy, carbonaceous material

*Corresponding author: y.tomioka@nagoya-u.jp

鳥取県日南町の周防変成岩中の蛇紋岩の起源と変成作用

遠藤俊祐*・岡本 真・西川泰喜（島根大）

Origin and metamorphism of serpentinite in the Suo metamorphic rocks in the Nichinan area, SW Japan

S. Endo*, M. Okamoto and T. Nishikawa (Shimane University)

中国山地には、大江山オフィオライトの超苦鉄質岩体が多数分布し、これらはカンブリア紀の原日本沈み込み帯の成立から石炭紀蓮華変成作用までの沈み込み帯上の地質記録を読み解くうえで、重要な研究対象である。一方、四国中央部の三波川帯に産する蛇紋岩体は、白亜紀の沈み込み帯上のプロセスを記録している。これらの間をつなぐ地質記録として、後期三畳紀～ジュラ紀の周防変成帯の超苦鉄質岩体の特徴付けが重要である。

鳥取県日南町には、周防変成岩の最高変成度部が露出している。詳細なマッピングの結果、泥質片岩中にシート状の蛇紋岩体が多数含まれることが明らかになった。蛇紋岩と泥質片岩の岩相境界は、泥質片岩の主片理に対して低角な部分は初生的な沈み込み境界を保存していると考えられるが、後の高角断層に挟み込まれた産状を示す部分もある。

これら蛇紋岩体は、クロムスピネルを除いて原岩の鉱物が残存しない塊状～片状のアンチゴライト蛇紋岩からなり、泥質片岩との境界部にはアクチノ閃石タルク岩が形成されている。また、境界に近い蛇紋岩中には、ディオブサイド脈が多数発達する。

クロムスピネルは高 Cr ($\text{Cr}\# = 0.65\text{--}0.72$)、低 Ti ($\text{TiO}_2 < 0.13\text{wt}\%$) であり、大江山オフィオライトのクロムスピネルとは形態や化学組成が明確に異なる。

変成鉱物組合せは、かんらん石 (Ol) + アンチゴライト (Atg) + 含チタン水酸単斜ヒューム石 (Cl) ± ディオブサイド (Di) + 磁鉄鉱である。Ol は BSE 像で $\text{Mg}\# = 0.95\text{--}0.96$ の領域とそれを切る $\text{Mg}\# = 0.98$ の領域が認識できる。Cl は Ol と intergrowth をなし、 $\text{TiO}_2 = 3.0\text{--}3.7\text{ wt}\%$, $\text{Mg}\# = 0.95\text{--}0.96$ の組成範囲を示す。上記の鉱物組合せの安定領域は周囲の泥質片岩の変成度と調和的である。

以上の特徴は四国中央部三波川帯の高変成度部に産する蛇紋岩と酷似し、周防変成岩を形成した深部沈み込みチャネル直上の前弧マントル蛇紋岩を代表すると考えられる。一方、周防変成帯に含まれる最大の超苦鉄質岩体である岡山県落合北房の大野呂山岩体は、周囲の結晶片岩が低変成度であること、アンチゴライト蛇紋岩化度が低いこと、隣接する変成斑れい岩が顕著な海洋底変成作用を受けていることなどから、別の起源をもつ地質体と考えられる。

Keywords: antigorite, clinohumite, olivine, serpentinite, Suo metamorphic rocks

*Corresponding author: s-endo@riko.shimane-u.ac.jp

Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane

Kaushik Das* (Hiroshima Uni. Sci.), Sankar Bose (Presidency Uni. Sci. India), Gautam Ghosh (Presidency Uni. Sci. India) and Proloy Ganguly (Kazi Nazrul Uni. Sci. India)

South- to southwest of Archean Singhbhum Craton, presently is juxtaposed by high-grade metamorphosed and complexly deformed deep- to intermediate-depth continental crustal rocks. This craton-margin area preserves the rock record of continental evolution from the Neoarchean Era to the Ediacaran-Cambrian period. In the present study, we shall integrate the petrological, structural, and geochronological data along a geotranssect from the southern part of the Singhbhum Craton, through the Rengali Province up to the Phulbani Domain of Eastern Ghats Province. The cratonic core of the Singhbhum Craton is composed of granitoids and is surrounded by supracrustal belts of Paleoarchean to Mesoproterozoic ages. The southern margin of the Singhbhum Craton is composed of high-grade granulites along with amphibolite-greenschist facies metasedimentary and metavolcanic rocks, collectively termed as the Rengali Province which represents a Neoarchean orogenic belt. The Rengali Province was thrust over the Singhbhum Craton along the Sukinda thrust-Barakot-Akul fault system during the Rengali orogeny (ca. 2.83–2.78 Ga). Moreover, this province represents a deeper section of the Singhbhum Craton which was structurally emplaced in the shallow level possibly by a transpression-dominated tectonic setting at ca. 0.5 Ga. However, the boundary between the Rengali Province and the Eastern Ghats is enigmatic because both the terranes have preserved broadly similar metamorphic rocks and the possible contact zone is concealed below a Gondwana sedimentary basin.

Here we shall highlight the new zircon and monazite age data from the Rengali Province and the northern-northwestern parts of the Eastern Ghats (including Phulbani Domain) revealing the tectonic evolution of the Rengali Province and its eventual juxtaposition to the Eastern Ghats Province. This provides important clues to the long yet punctuated evolution of the Eastern Indian terrane.

Keywords: Archean Singhbhum Craton; Craton-margin multiple orogenic belts; Rengali Province-Eastern Ghats Province; Zircon and monazite geochronological data

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

Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

Zaw Htet* (Kyushu Univ), Yasuhito Osanai (Kyushu Univ), Nobuhiko Nakano (Kyushu Univ), Tatsuro Adachi (Kyushu Univ), Khaing Nyein Htay (Gemological Institute of Myanmar)

Myanmar is situated in the collision zone between the Indian subcontinent and Eurasian continent, resulted in the development of Cenozoic metamorphism and related magmatism in Myanmar. The Mogok Metamorphic Belt is elongated, a north–south aligned belt of high-grade metamorphic rocks and granites extends for about 1500 km in the length, which stays along the western margin of Shan–Thai block, from the Andaman Sea in the south to the Eastern Himalayan Syntaxis in the north. The belt is quite famous as worldwide gem deposit including ruby, spinel, sapphire and other precious or semiprecious stones. These gem quality ruby and sapphire are commonly present in the marble and calc-silicate rocks. The metamorphic rocks in the Mogok Metamorphic Belt have been considered regionally metamorphosed during Late Cretaceous to Miocene.

Petrological and geochronological investigations carried out for the central Mogok Metamorphic Belt, from north to south, *Mogok–Momeik–Thabeikkyin area*, *Madaya–Mandalay–Kyaukse area*, *Thazi–Tatkon (Naypyitaw) area* and *Kyaikto area*. The Mogok Metamorphic Belt minerals show amphibolite-facies metamorphism based on their mineral assemblages in the rock types of pelitic gneiss, marble, calc-silicate rocks, schist and amphibolite. Zircon grains from the garnet–biotite–cordierite gneiss, clinopyroxene marble and clinopyroxene calc-silicate rocks from Mogok–Momeik–Thabeikkyin–Madaya area have been analyzed to obtain metamorphic ages by using LA–ICP–MS. The U–Pb dating on the rim of zircon revealed in these rocks type, the metamorphic age of ca. 30–21 Ma from Mogok–Momeik–Thabeikkyin area and the inherited ages ca. 43 Ma to 30 Ma from Mandalay–Madaya area. This study constrains the timing of metamorphic age is ca. 30–21 Ma (Oligocene to Late Miocene) in Mogok Metamorphic Belt, is also related to the collision of India–Eurasian continents.

Keywords: India–Eurasian continents collision, Mogok Metamorphic Belt, amphibolite-facies, metamorphic age Oligocene to Late Miocene

*Corresponding author: outstophole@gmail.com

飛騨帯産含単斜輝石優白質花崗岩の成因と形成年代：チタン石の化学組成と U-Pb 年代による束縛

原田浩伸* (東北大)・辻森樹 (東北大)・昆慶明 (産総研)・青木翔吾 (秋田大)・
青木一勝 (岡山理科大)

Nature and timing of anatectic event of the Hida Belt (Japan): Constraints from titanite geochemistry and U-Pb age of clinopyroxene-bearing leucogranite

Hironobu Harada* (Tohoku Univ.), Tatsuki Tsujimori (Tohoku Univ.), Yoshiaki Kon (AIST),
Shogo Aoki (Akita Univ.), Kazumasa Aoki (Okayama Univ. Sci.)

飛騨帯は大陸縁の地殻断片を主体とする地質体で、北中国地塊と南中国地塊の衝突と同時期のペルム紀～三畳紀片麻岩類、花崗岩類とそこに貫入するジュラ紀の新时期花崗岩類から構成される。過去 20 年間に年代学の大きな進展があり、角閃岩相高温部からグラニュライト相の変成作用とほぼ同時期の火成活動が～260–230 Ma に起こり、その後～200–180 Ma に新时期花崗岩類が形成したことが明らかにされている。ただし、既知のジルコン年代のばらつきは大きく特定のイベントの年代を決定するのが困難な場合もある。本研究では飛騨帯の含単斜輝石優白質花崗岩に含まれるチタン石に着目し、その化学組成と U-Pb 年代測定から優白質花崗岩の成因と形成年代を考察する。

飛騨帯の神岡地域には伝統的に「伊西岩」あるいは「伊西ミグマタイト」と呼ばれてきた粗粒な単斜輝石やチタン石を含む優白質花崗岩 (含単斜輝石優白質花崗岩) が大理石や角閃岩に伴って産する。この優白質花崗岩は主に粗粒な斜長石、石英、アルカリ長石、単斜輝石 (透輝石～灰鉄輝石)、チタン石か

ら構成される。チタン石は自形で最大 1 cm にも達し、主に石英、斜長石、アルカリ長石、緑れん石からなる花崗岩質包有物 (大きさ 200 μm 以下) を含む。単斜輝石は石英、斜長石、チタン石、方解石を包有する。チタン石は高い REE 濃度 (～4,514–14,069 $\mu\text{g/g}$) 及び Th/U 比 (～2.8–7.8) で特徴付けられ、花崗岩質包有物を含むことから、メルトから晶出したものと考えられる。優白質花崗岩が大理石をゼノリスとして含み、単斜輝石に方解石が包有されることから、その形成には大理石が関与した可能性が示唆される。

チタン石の Zr 濃度は～537–1,130 $\mu\text{g/g}$ で、飛騨片麻岩類の変成圧力条件 0.4–0.7 GPa において Hayden et al. (2008 CMP) の Zr-in-titanite 温度計を用いると $a_{\text{TiO}_2} = 0.5$ で 730–810°C、 $a_{\text{TiO}_2} = 1$ で 770–850°C の温度が推定される。チタン石は幅広い U/Pb ($^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb} = 15.0\text{--}24.0$) 及び Pb 同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0.172\text{--}0.419$) を有し、 225.4 ± 1.9 Ma ($n = 74$) の交点年代が得られた。この年代は飛騨帯の広域変成作用及び火成活動 (～260–230 Ma) の終盤にあたる。

Keywords: titanite, leucogranite, U-Pb age, Hida Belt

*Corresponding author: hironobu.harada.s7@dc.tohoku.ac.jp

Poster presentation

S3: Tectonics of East Asia (Special Session)

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[S3P-01] Detrital zircon U–Pb dating of Paleozoic high-pressure metamorphic rocks in northeastern Japan

*Ayaka Okamoto¹, Yuji Ichiyama¹, Hisatoshi Ito² (1. Chiba Univ. , 2. CRIEPI)

9:30 AM - 6:30 PM

東北日本古生代高圧型変成岩類の 碎屑性ジルコン U-Pb 年代

岡本彩香*(千葉大学), 市山祐司(千葉大学), 伊藤久敏(電力中央研究所)

Detrital zircon U-Pb dating of Paleozoic high-pressure metamorphic rocks in northeastern Japan

Ayaka Okamoto* (Chiba Univ.), Yuji Ichiyama (Chiba Univ.), Hisatoshi Ito (CRIEPI).

東北日本の母体・山上・松ヶ平地域に分布する低温高圧型の変成岩類は、一連の古生代変成帯(母体-松ヶ平帯)に属すると考えられてきた(例えば、黒田, 1963, 前川, 1981)。高変成度の山上変成岩類からは、緑簾石角閃岩の白雲母 K-Ar 年代で 300 Ma (河野・植田, 1965)、白雲母片岩の白雲母 Rb-Sr 年代で 283 Ma (柴田ほか, 1972)、泥質片岩のフェンジャイトから K-Ar 年代として 322-287 Ma が報告され(宮下ほか, 2020)、西南日本の蓮華帯と対比されてきた。本発表では、母体変成岩類、松ヶ平変成岩類、山上変成岩類の地質年代学的対比を行うため、砂質片岩中の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代を測定したので、その結果を報告する。

奥州市太田代、湯水滝付近で採取した母体変成岩 2 試料、南相馬市鹿島区上栃窪で採取した松ヶ平変成岩 2 試料、相馬市初野内沢で採取した低変成度の山上変成岩 1 試料からそれぞれ碎屑性ジルコンを分離し、LA-ICP-MS 分析装置を用いて U-Pb 同位体年代測定を実施した。分析したほとんどすべてのジルコンの CL 像の観察から、明瞭な累帯構造が確認できた。母体変成岩類から得られたジルコンの U-Pb 年代値は、367-3208 Ma であり、特に 400-500 Ma に年代が集中する。2 試料の最も若い年代は、それぞれ 379.5 ± 31.7 Ma と 367.2 ± 25.8 Ma である。松ヶ平変成岩類から得られた年代値は約 362-3452 Ma であり、2 試料とも 400-500 Ma に年代が集中し、最も若い年代は、それぞれ 362.2

± 57.6 Ma と 386 ± 53.0 Ma である。一方、山上変成岩類からは、約 95-130 Ma の年代値が得られた。105-125 Ma に年代が集中し、最も若い年代値は 95.1 ± 12.6 Ma であった。

母体と松ヶ平の碎屑性ジルコン U-Pb 年代値の頻度パターンは、互いに類似しており、両者は同一の古生代変成帯であるとする従来の考えを支持する。高変成度山上変成岩の放射年代値から示されるように、堆積後の 300 Ma 頃に変成作用を被ったと考えられる。同時代の変成年代をもつ西南日本の蓮華帯の変堆積岩からも母体と松ヶ平の碎屑性ジルコンと同様の特徴が報告されており(Yoshida et al., 2020, Tsutsumi et al., 2011)、母体-松ヶ平帯が蓮華帯と対比されることを示唆している。

母体変成岩と松ヶ平変成岩には、新原生代を示す先カンブリアの碎屑性ジルコンが含まれているため、その供給源が南中国地塊であったことを示唆する。北上山地に分布する古生代の前弧堆積物中には、先カンブリア紀の碎屑性ジルコンが認められず(Pastor-Galán et al., 2021)、母体-松ヶ平帯の原岩とは異なる場で形成したと考えられる。

低変成度の山上変成岩類の堆積年代上限値は、他の母体と松ヶ平の特徴と明らかに異なり、より若い変成岩であることを示唆する。関東山地の三波川帯からは約 95 Ma の碎屑性ジルコン年代が報告されており(Tsutsumi et al., 2009)、低変成度の山上変成岩の原岩はこれと同時代に堆積した可能性がある。

Keywords: detrital zircon, U-Pb dating, Motai-Matsugadaira zone, NE Japan,

Paleozoic high-pressure metamorphic rocks.

*Corresponding author: afwa6805@chiba-u.jp

Poster presentation

S1, S4: Earth materials science related to igneous processes and plate convergence region (Joint Special Session)

Fri. Sep 17, 2021 9:30 AM - 6:30 PM ePoster Session

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

[S4P-01] Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro

*Takeyoshi Matsunaga¹, Junichi Ando¹, Das Kaushik¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

9:30 AM - 6:30 PM

[S4P-02] Kinematics of Main Central Thrust estimated from microstructure of mylonite, Himayala

*Hirotoshi Kotama¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹, Dyuti Prakash Sarkar¹ (1. Hiroshima University)

9:30 AM - 6:30 PM

斑レイ岩の交代作用に起因するタルクを伴う 断層の発達過程

松永健義*、安東淳一、DAS Kaushik（広島大・院先進理工）

Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro

Takeyoshi Matsunaga*, Junichi Ando, DAS Kaushik

(Hiroshima Univ. Advanced Science and engineering)

【はじめに】 断層ガウジ中にタルクが存在する場合、断層強度が低下し、クリープ滑りが生じることが実験や自然界での実例から報告されている（Moore and Rymer, 2007、Moore and Lockner, 2011 など）。本研究では、福岡県篠栗地域において、変斑レイ岩中に発達するタルクを伴う断層を発見し、その形成過程を明らかにすることを目的とした。本研究は、地殻強度を考察するうえで重要な斑レイ岩の交代作用と断層形成に関する新しい知見をあたえるものと考えている。

【研究手法】 対象とする断層の調査を行い、系統的に岩石を採取した。その後、偏光顕微鏡と SEM を用いた微細組織観察、EPMA による化学組成分析、また画像解析ソフト（ImageJ）を使用し鉱物の量比を算出した。

【結果】 研究対象とした断層は、変斑レイ岩体中（主に普通角閃石、斜長石、チタン石で構成）に発達する緑泥石脈が卓越して認められる幅約 10m の帯状の領域中に存在し、断層面から数 cm の領域は、緑泥石とタルクから構成されていることが明らかとなった。そして、断層面に近づくにつれ、タルクの占める割合が増加する傾向が認められた。興味深

いのは、断層面から約 1mm の範囲において、緑泥石とタルクが塑性変形し形態を変化させていることである。更には、光沢が著しい断層面はタルクのみから構成されている。

【考察】 1) 角閃岩相領域において、斑レイ岩中の普通輝石が普通角閃石とチタン石に変成し変斑レイ岩となった。その後、2) 変斑レイ岩は緑色片岩相領域に上昇し、脈状の領域中に緑泥石を晶出した。3) 緑泥石が卓越する領域において、潜在的な断層面から幅数 cm 内の緑泥石が脱水し、緑泥石とタルクから構成される部分が生じた。この場所では、潜在的な断層面に向かうほど脱水が進行しタルクが増加した。4) 断層運動が生じる直前には、潜在的な断層面から約 1mm の範囲の領域の緑泥石とタルクが、応力集中により塑性変形した。そして、5) 緑泥石とタルクの塑性変形が、応力集中に耐えきれなくなることで断層運動が生じた。断層すべり面がタルクのみで構成されていることは、断層運動中の摩擦発熱により緑泥石の脱水が促進された証拠と考えている。上記した 1)、2)、3) の過程は、流体との関与、すなわち交代作用が不可欠であることを示している。

Keywords: Gabbro, Talc, Metasomatism, Fault

Corresponding author: m213165@hiroshima-u.ac.jp

マイロナイトの組織から考察する ヒマラヤ地域の主中央衝上断層の運動像

樹神 洸寿、安東 淳一、Das Kaushik、Sakar Dyuti Prakash (広島大学)

Kinematics of Main Central Thrust estimated from microstructure of mylonite, Himayala

Hirotooshi Kotama*, Jun-ichi Ando, Kaushik Das, Dyuti Prakash Sakar (Hiroshima University).

【はじめに】ヒマラヤ地域ではユーラシア大陸とインド亜大陸の衝突・収束に関連した複数の大規模衝上断層が発達している。その中の主中央衝上断層は、断層運動時に脆性-塑性遷移領域に位置していた岩石が露出する。この脆性-塑性遷移領域は内陸地震の震源域であることが知られている。本研究は、主中央衝上断層系に属する断層を調査地域とし、採取した岩石の微細組織に着目することで脆性-塑性遷移領域での断層運動の素過程と断層形成の関係を明らかにすることを目的とした。

【調査地域】インド北部 Uttarakhand 州 Almora 北部に露出する北アルモラ衝上断層 (NAT) を対象に、NAT 近傍から南方約 15km の領域を調査地域とした。この領域の岩石は全てマイロナイト化しており、特に NAT 近傍ではウルトラマイロナイトが分布する。マイロナイト中には、塑性変形した石英と脆性変形した長石が観察されることから、脆性-塑性遷移領域での変形履歴を保持していることが分かる。NAT の下盤は珪岩や泥質岩、上盤は花崗岩である。したがって本研究では、マイロナイト化した花崗岩の微細組織観察を行った。

【研究手法】偏光顕微鏡及び SEM を用いて微細組織観察を行った。また、取得した微細組織の画像を ImageJ を用いて解析することで層状珪酸塩鉱物の含有量を測定した。更に、SEM-EBSD、MATLAB のオープンソース

MTEX ツールボックスと ImageJ を用いて、再結晶した石英の c 軸ファブリック、粒径、アスペクト比を求めた。以上の分析・測定より、1) マイロナイト化の温度条件、2) 歪場・流動応力値、3) NAT のせん断方向、4) 断層運動に与える層状珪酸塩鉱物の影響を明らかにした。

【結果と考察】1) 変形微細組織及び石英の c 軸ファブリックより、マイロナイト化の温度条件は 450-550 °C であったことが明らかとなった。2) 再結晶石英のアスペクト比からは押しつぶしの場合であったこと、再結晶石英粒径からは 35-60 MPa の流動応力状態を受けていたことが明らかとなった。3) 微細組織からは、剪断センスは top-to-south であったこと、しかし NAT に接する南部地域のみ top-to-north であったことが明らかとなった。この逆センスの剪断はチャネルフローを示唆する。4) 層状珪酸塩鉱物の含有量は NAT に近づくに従って増大する。また、層状珪酸塩鉱物の含有量の増加に伴って結晶方位定向配列の集中度が低下し、かつ石英粒子のアスペクト比が大きくなる傾向が見取れる。これらの結果は、岩石の変形に流体が大きく関与していることを示唆し、現時点では、NAT に近づくに従って変形メカニズムが転位クリープから圧力溶解クリープに変化した可能性、或いは、層状珪酸塩鉱物への変形集中の可能性を考えている。

Keywords: Mylonite, Phyllosilicate minerals, c-axis fabric, Channel flow

*Hirotooshi Kotama: m205665@hiroshima-u.ac.jp

JAMS General Meeting, Award ceremony

JAMS General Meeting, Award ceremony

Fri. Sep 17, 2021 9:00 AM - 10:10 AM Zoom Session 1

Annual General Meeting, Award Ceremony

[committees] 委員会

9:00 AM - 10:10 AM

9:00 AM - 10:10 AM (Fri. Sep 17, 2021 9:00 AM - 10:10 AM Zoom Session 1)

[committees] 委員会

授賞式

【1】2020年度日本鉱物科学会賞表彰

第24回受賞者：三河内 岳 会員（東京大学 総合研究博物館 研究部）

業績題目：地球外物質の鉱物学的研究による太陽系における天体進化プロセスの解明

第25回受賞者：辻森 樹 会員（東北大学 東北アジア研究センター）

業績題目：プレート境界岩総合解析によるオロゲン地質記録と変成プロセスの研究

【2】渡邊萬次郎賞表彰

第37回受賞者：溝田 忠人 永年会員

【3】2020年度日本鉱物科学会論文賞表彰

第23回受賞論文：

Title: High-temperature Raman spectroscopic study of CO₂-containing melanophlogite, JMPS, 114, 122-129, 2019.

Author: Masami KANZAKI

受賞者：神崎正美会員

第24回受賞論文

Title: High resolution X-ray computed tomography and scanning electron microscopy studies of multiphase solid inclusions in Oman podiform chromitite: implications for post-entrapment modification, JMPS, 115, 247-260, 2020.

Authors: Yuan YAO, Eiichi TAKAZAWA, Sayantani CHATTERJEE, Antonin RICHARD, Christophe MORLOT, Laura CRÉON, Salim AL-BUSAIDI, Katsuyoshi MICHIBAYASHI, Oman Drilling Project Science Team

受賞者：高澤栄一会員、道林克禎会員

【4】2020年度日本鉱物科学会研究奨励賞表彰

第29回受賞者：田阪 美樹会員（静岡大学理学部地球科学科）

研究対象：マントルにおける物質移動メカニズムを解明するための岩石鉱物物理研究

第30回受賞者：瀧川 晶会員（東京大学大学院理学系研究科）

研究対象：「銀河系における物質循環に関する研究」

【5】2020年度日本鉱物科学会応用鉱物科学賞表彰

第13回受賞者：田村 堅志 氏（国立研究開発法人物質・材料研究機構）

受賞題目：雲母・粘土鉱物を応用したナノコンポジット材料と有害物質吸着剤の開発

【6】2020年度JMPS学生論文賞受賞論文表彰

第11回受賞論文：Keisuke ESHIMA, Masaaki OWADA and Atsushi KAMEI, Assimilation and fractional crystallization of Sanukitic high-Mg andesite-derived magmas, Kyushu Island, southwest Japan: An example of the Cretaceous Shaku-dake diorite body. JMPS, 115-4, 323-347, 2020.

受賞者：江島 圭祐（投稿時：山口大D1）

第12回受賞論文：Dyuti Prakash SARKAR, Jun-ichi ANDO, Kaushik DAS, Anupam CHATTOPADHYAY, Gautam GHOSH, Kenji SHIMIZU and Hiroaki OHFUJI, Serpentine enigma of the akhabdev lineament in western India: Origin, deformation characterization and tectonic implications. JMPS, 115-2, 216-226, 2020.

受賞者：SARKAR Dyuti Prakash（投稿時：広島大D3）

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees

受賞題目：「地球外物質の鉱物学的研究による太陽系における天体進化プロセスの解明」

Fri. Sep 17, 2021 10:15 AM - 10:45 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演

10:15 AM - 10:45 AM

10:15 AM - 10:45 AM (Fri. Sep 17, 2021 10:15 AM - 10:45 AM Zoom Session 2)

[Awardees] 受賞者講演

受賞題目：「地球外物質の鉱物学的研究による太陽系における天体進化プロセスの解明」

授賞理由

三河内岳会員は太陽系における天体進化プロセスの解明を目指して各種の地球外物質の鉱物学的研究を行い、国際的な活躍を続けている。その中でも、特に同氏が研究対象としてきたのは隕石である。三河内会員は、多種類の隕石を主に電子顕微鏡、電子マイクロプローブアナライザー、放射光X線などの微小領域分析を用いて研究し、さらに室内再現実験も組み合わせることで、各隕石の形成環境の解明を行い、天体進化を議論してきた。火星隕石の多くは玄武岩質の集積岩だが、結晶化実験の結果、一部の試料が親マグマから直接、急冷・結晶化した可能性を指摘し、火星マントルの部分熔融液との関連性を議論し、ナクライト火星隕石については、すべての試料が一つの火成岩体の異なった深度を起源とするモデルを提唱した。また、火星隕石に含まれるカンラン石の着色原因が10~20 nmの金属鉄などのナノ粒子によることを見出し、衝撃実験によって、これらが40 GPa以上の衝撃変成により形成されることを示している。隕石中の未知鉱物を同定するために、SEMに付属したEBSDを用いることを隕石研究の分野では先駆的に導入しており、これまでにdmitryivanoviteやkushiroiteなどの新鉱物を発見している。同氏の研究対象は隕石だけにとどまらず、NASAのStardust探査機が地球に持ち帰ったWild 2彗星塵やJAXAはやぶさ探査機が持ち帰った小惑星イトカワ塵の分析には初期分析チームや国際公募採択によって精力的に携わってきており、はやぶさ2探査機が回収したリュウグウ試料の初期分析チームでも重要な役割を担っている。同氏は、太陽系形成初期の情報を保持する炭素質コンドライト隕石から、原始惑星を起源とすると考えられるユレイライトやアングライトなどの分化隕石までの幅広い時間軸・空間軸をカバーする試料を研究しており、天体進化プロセスの一連の流れに注目して重要な業績を挙げてきた。

以上のように、三河内会員は、幅広い地球外物質を対象に、微小領域の鉱物学的分析から得られる情報をもとに研究を実施しており、原始太陽系星雲でのダスト凝縮から始まり火星でのマグマ岩体形成までに至る約40億年の太陽系天体進化過程において多くの重要な発見を行ってきた。今後も、鉱物学の知見を駆使し、はやぶさ2小惑星探査機によるリュウグウ試料サンプルリターンから始まる新しい地球外物質科学の時代においても大いに力を発揮することが期待される。日本鉱物科学会ではこれらの成果を認め、三河内会員に2020年度日本鉱物科学会賞を授与するものである。

三河内岳会員の主要論文

1. Mikouchi T., Takeda H., Miyamoto M., Ohsumi K. and McKay G. (1995) Exsolution lamellae of kirschsteinite in magnesium-iron olivine from an angrite meteorite. *American Mineral.*, 80, 585-592.
2. Mikouchi T., Miyamoto M. and McKay G. (1998) Mineralogy of Antarctic basaltic shergottite Queen Alexandra Range 94201: Similarities to Elephant Moraine A79001 (Lithology B) martian meteorite. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 33, 181-189.
3. Mikouchi T., Miyamoto M. and McKay G. (1999) The role of undercooling in producing igneous zoning trends in pyroxenes and maskelynitites among basaltic Martian meteorites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 173, 235-256.
4. Mikouchi T., Yamada I. and Miyamoto M. (2000) Symplectic exsolution in olivine from the Nakhla martian meteorite. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 35, 937-942.
5. Mikouchi T., Koizumi E., Monkawa A., Ueda Y. and Miyamoto M. (2003) Mineralogy and petrology of the Yamato-000593 nakhlite: Comparison with other nakhlite Martian meteorites. *Antarctic Meteorite Res.*, 16, 34-57.
6. Zolensky M. E., Zega T. J., Yano H., Wirick S., Westphal A., Weisberg M., Weber I., Warren J. L., Velbel M. A., Tsuchiyama A., Tsou P., Toppani A., Tomioka N., Tomeoka K., Teslich N., Taheri M., Susini J., Stroud R., Stephan T., Stadermann F. J., Snead C. J., Simon S. B., Simionovici A., See T. H., Robert F., Rietmeijer F. J. M., Rao W., Perronnet M. C., Papanastassiou D. A., Okudaira K., Ohsumi K., Ohnishi I., Nakamura-Messenger K., Nakamura T., Mostefaoui S., Mikouchi T., et al. (2006) Mineralogy and petrology of Comet

81P/Wild 2 nucleus samples. *Science*, 314, 1735-1739.

7. Mikouchi T., Zolensky M. E., Ivanova M., Tachikawa O., Komatsu M., Le L. and Gounelle M. (2009) Dmitryivanovite: A new calcium aluminum oxide from the Northwest Africa 470 CH3 chondrite characterized using electron back-scatter diffraction analysis. *American Mineral.*, 94, 746-750.

8. Mikouchi T., Komatsu M., Hagiya K., Zolensky M. E., Hoffmann V., Martinez J., Hochleitner R., Kaliwoda M., Terada Y., Yagi N., Takata M., Satake W., Aoyagi Y., Takenouchi A., Karouji Y., Uesugi M., and Yada T. (2014) Mineralogy and crystallography of some Itokawa particles returned by the Hayabusa asteroidal sample return mission. *Earth, Planets and Space*, 66, 82.

9. Takenouchi A., Mikouchi T. and Yamaguchi A. (2018) Shock veins and brown olivine in Martian meteorites: Implications for their shock pressure-temperature histories. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 53, 2259-2284, DOI: 10.1111/maps.13120.

10. Deng Z., Moynier F., Villeneuve J., Jensen N. K., Liu D., Cartigny P., Mikouchi T., Siebert J., Agranier A., Chaussidon M. and Bizzarro M. (2020) Early oxidation of the martian crust triggered by impacts. *Sci. Adv.*, 6, eabc4941, DOI: 10.1126/sciadv.abc4941.

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees

受賞題目：「プレート境界岩総合解析によるオロゲン地質記録と変成プロセスの研究」

Fri. Sep 17, 2021 10:45 AM - 11:15 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演

10:50 AM - 11:20 AM

10:50 AM - 11:20 AM (Fri. Sep 17, 2021 10:45 AM - 11:15 AM Zoom Session 2)

[Awardees] 受賞者講演

受賞題目：「プレート境界岩総合解析によるオロゲン地質記録と変成プロセスの研究」

授賞理由

辻森樹会員は、岩石学・鉱物学・地球化学・地球年代学を組み合わせた総合的な研究手法を駆使して、プレート境界岩からオロゲンの地質記録及び変成プロセスの研究に関して国際的な成果を上げてきた。辻森氏は大学院生及びキャリア初期の頃から、マクロからミクロスケールの極めて詳細な記載を主とした観察事実膨大な文献学的知識を加えるスタイルで成果を残してきた。例えば、変成岩岩石学の熱力学的相平衡モデリングで広く用いられているオンファス輝石の固溶体モデルは、氏が報告した組成ギャップで低温側が最適化されている。2000年代、辻森氏は天然のローソン石エクロジヤイトの研究を開始し、自前のデータと文献学的知識からその重要性を世界に示した。当時、地球物理学から推定された非常に低い地温勾配の環境を天然物質から直接解析できるという提案はプレート境界の研究に大きなインパクトを与えている。さらに、同氏は前弧蛇紋岩に伴うひすい輝石岩の研究を展開し、P型とR型の2つの区分を提唱し広く普及している。ひすい輝石岩が、沈み込み流体を解析するための強力な研究対象になることを世界に示した。日本鉱物科学会がひすいを国石に選定したが、同氏の研究はその選定ならびにその後の特集号などでもとりあげており、本学会に大きく貢献している。同氏は、高圧変成岩の研究だけでなく、プレート境界の地殻成長の問題に取り組んでいる。

以上のように、辻森会員は鉱物科学の手法を駆使、発展することによって、プレート境界岩からオロゲンの地質記録及び変成プロセスの研究に関して世界の研究をリードし、国際的に高く評価される成果を挙げてきた。日本鉱物科学会ではこれらの成果を認め、辻森会員に2020年度日本鉱物科学会賞を授与するものである。

辻森樹会員の主要論文 (*指導する学生が筆頭著者の論文)

1. *Ganbat A., Tsujimori T., Boniface N., Pastor-Galán D., Aoki S., Aoki K., 2021, Crustal evolution of the Paleoproterozoic Ubendian Belt (SW Tanzania) western margin: A Central African Shield amalgamation tale. *Gondwana Research*, v. 91, p. 286–306, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.12.009>
2. *Fukushima R., Tsujimori T., Miyajima N., 2021, Various antiphase domains in garnet-hosted omphacite in low temperature eclogite: A FIB-TEM study on heterogeneous ordering processes. *American Mineralogist*, v. 106, <https://doi.org/10.2138/am-2021-7784>
3. *Yamada C., Tsujimori T., Chang Q., Kimura J.-I., 2019, Boron isotope variations of Franciscan serpentinites, northern California. *Lithos*, v. 334–335, p. 180–189, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.02.004>
4. *Hara T., Tsujimori T., Chang Q., Kimura J.-I., 2018, In-situ Sr-Pb isotope geochemistry of lawsonite: A new method to investigate slab-fluids. *Lithos*, v. 320–321, p. 93–104, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.09.001>
5. *Takahashi N., Tsujimori T., Chang Q., Kimura J.-I., 2018, In-situ lithium isotope geochemistry for a veined jadeitite from the New Idria serpentinite body, California: Constraints on slab-derived fluid and fluid-rock interaction. *Lithos*, v. 318–319, p. 376–385, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.08.015>
6. Tsujimori T., Ernst W. G., 2014, Lawsonite blueschists and lawsonite eclogites as proxies for paleo-subduction zone processes: A review. *Journal of Metamorphic Geology*, v. 32, no.5, p. 437–454, <https://doi.org/10.1111/jmg.12057>
7. Tsujimori T., Harlow G. E., 2012, Petrogenetic relationships between jadeitite and associated high-pressure and low-temperature metamorphic rocks in worldwide jadeitite localities: A review. *European Journal of Mineralogy*, v. 24, no. 2, p. 371–390, <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2012/0024-2193>
8. Tsujimori T., Sisson V.B., Liou J.G., Harlow G.E., Sorensen S.S., 2006, Very-low temperature record in subduction process: A review of worldwide lawsonite eclogites. *Lithos*, v. 92, no. 3–4, p. 609–624, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.03.054>
9. Tsujimori T., Liou J.G., Coleman R.G., 2005, Coexisting retrograde jadeite and omphacite in a jadeite-bearing lawsonite eclogite from the Motagua Fault Zone, Guatemala. *American Mineralogist*, v. 90, no. 5–

6, p. 836–842, <https://doi.org/10.2138/am.2005.1699>

10. Tsujimori T., Itaya T., 1999, Blueschist-facies metamorphism during Paleozoic orogeny in southwestern Japan: Phengite K-Ar ages of blueschist-facies tectonic blocks in a serpentinite melange beneath early Paleozoic Oeyama ophiolite. *The Island Arc*, v. 8, no. 2, p. 190–205.
<https://doi.org/10.1046/j.1440-1738.1999.00231.x>

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees

受賞研究対象：「マントルにおける物質移動メカニズムを解明するための岩石鉱物物理研究」

Fri. Sep 17, 2021 11:20 AM - 11:40 AM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演

11:20 AM - 11:40 AM

11:20 AM - 11:40 AM (Fri. Sep 17, 2021 11:20 AM - 11:40 AM Zoom Session 2)

[Awardees] 受賞者講演

受賞研究対象：「マントルにおける物質移動メカニズムを解明するための岩石鉱物物理研究」

授賞理由：

田阪美樹会員の粒ぞろいの研究成果の中でももっとも重要な業績は、従来技術的に困難であった含水カンラン岩の高歪みねじり実験に、手法の改良を加えることによって成功したことである。この結果、水に豊富な条件下では、カンラン石において複数の転位すべり系が作動することによる特徴的構造が形成されることを提案した。この発見は、強く変形したキンバーライト中のカンラン岩捕獲岩の微細構造を解釈するための基礎となった。

また、それまで一般的であった1つの鉱物からなる岩石（単相多結晶体）ではなく、2つ以上の鉱物から成る多相系多結晶体岩石の変形挙動を調べることの重要性を明らかにした。カンラン石と直方輝石からなる岩石の粒成長と変形を同時に行い、2相系の流動則を見出すことにより、地球のマントルに見られる複雑な変形流動の理解に貢献した。

さらに、2相系の高歪みねじり実験を行い、異なる鉱物粒子が混ざることによって粒成長が阻害され、微細鉱物混合層が発達する結果、歪み弱化が起こることを示した。これらの実験生成物に似た岩石組織や力学特性の変化は、天然の歪み集中帯でも観察できることから、天然の変形試料の微細構造観察に応用することで、剪断帯における変形の局所化過程を理解することが可能になった。このように、田阪会員はマントルにおける重要な天然現象を説明するための、天然試料の記載に立脚した実験的研究で重要な成果を着実にあげてきており、今後も天然物質および実験的アプローチの両面で、さらなる展開と飛躍が期待できる。

以上の理由から、田阪美樹会員は日本鉱物科学会研究奨励賞受賞者として相応しいと考え、ここに推薦する。

田阪美樹会員の主要論文

1. Tasaka, M., M. E. Zimmerman, D. L. Kohlstedt (2020), Rheological weakening of olivine + orthopyroxene aggregates due to phase mixing, Effects of orthopyroxene volume fraction, *Journal of Geophysical Research- Solid Earth*, doi: 10.1029/2020JB019888.
2. Tasaka, M., M. E. Zimmerman, and D. L. Kohlstedt (2016), Evolution of the rheological and microstructural properties of olivine aggregates during dislocation creep under hydrous conditions, *Journal of Geophysical Research- Solid Earth*, 121, 1, 92–113, DOI:10.1002/2015JB012134.
3. Tasaka, M., T. Hiraga, and M. Zimmerman (2013), Influence of mineral fraction on the rheological properties of forsterite + enstatite during grain size sensitive creep 2: Deformation experiments, *Journal of Geophysical Research- Solid Earth*, 118, 3991–4012, DOI:10.1002/jgrb.50284.

Lectures of JAMS Awardees

Lectures of JAMS Awardees

受賞研究対象：「銀河系における物質循環に関する研究」

Fri. Sep 17, 2021 11:40 AM - 12:00 PM Zoom Session 2

[Awardees] 受賞者講演

11:40 AM - 12:00 PM

11:40 AM - 12:00 PM (Fri. Sep 17, 2021 11:40 AM - 12:00 PM Zoom Session 2)

[Awardees] 受賞者講演

受賞研究対象：「銀河系における物質循環に関する研究」

授賞理由：

瀧川 晶会員は「晩期型巨星から、星間空間を経て、星惑星形成領域へと至る物質循環を通じ、化学的に進化してきた銀河の歴史の中に太陽系の起源を位置づける」という時空間スケールの大きな物質循環の解明に取り組んできた。

瀧川会員の大きな業績の一つは、進化末期の晩期型巨星周囲での鉱物ダストの形成について、鉱物の凝縮や蒸発という低圧での物質形成の主要化学過程に注目し、非平衡条件で凝縮や蒸発をするフォルステライトやコランダムダストが異方的形状を取ることを実験で明らかにしたことである。さらに、異方的形状が赤外線天文観測で吸収・発光ピークの変化として検出できることを理論的に示し、その結果、晩期型巨星周に観測されてきたものの未同定であった13 μm にピークをもつ輝線が、晩期型巨星起源の質量放出風中の非平衡条件下で、ガスから凝縮したコランダムダストであることを突き止めた。また、始原隕石中のプレソーラーコランダム粒子のうち{011}面で囲まれたものは、晩期型巨星周でガスから凝縮したコランダムが、太陽系まで生き残った証拠であることを発見した。

また、ALMA 望遠鏡を用いて、アルミナダストが生成する場の物理化学環境を、世界で初めて撮像することにも成功し、ダスト形成が恒星からの質量流出の引き金になるという仮説を実証した。さらに、アルミナに富む非晶質ダストと考えられてきた輝線がケイ素を10%ほど含む遷移アルミナであることを実験で明らかにした。最近では、太陽系始原物質の探査にも貢献し、NASA 彗星核サンプルリターン計画CAESARや、「はやぶさ2」によるリターンサンプルの初期分析への参画など国際的に活躍している。

以上ように瀧川会員は、晩期型巨星から星間空間を経て太陽系に至るまでの銀河物質循環を、実証的に明らかにすることをめざし、多様な手法を複合した研究手法により、惑星物質科学・鉱物学・天文学など関連する地球惑星科学分野への新たな道を切り拓く成果を挙げている。以上の理由から、日本鉱物科学会研究奨励賞受賞者として相応しいと考え、ここに推薦する。

瀧川 晶会員の主要論文

1. Aki Takigawa, Shogo Tachibana, Hiroko Nagahara, and Kazuhito Ozawa, Evaporation and Condensation Kinetics of Corundum: The Origin of the 13 μm Feature of Oxygen-rich AGB Stars. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 218, 2 (16pp), 2015.
3. Aki Takigawa, Takafumi Kamizuka, Shogo Tachibana and Issei Yamamura, "Dust formation and wind acceleration around the aluminum oxide-rich AGB star W Hydrae", *Science Advances* 3, eaao2149 (5pp), 2017.
3. Aki Takigawa, Rhonda M. Stroud, Larry R. Nittler, Conel M. O'D. Alexander C. M. O'D. and Akira Miyake, "High-temperature Dust Condensation around an AGB Star: Evidence from a Highly Pristine Presolar Corundum", *The Astrophysical Journal*, 862, L13 (6pp), 2018.

各種委員会

Various Committees

Fri. Sep 17, 2021 5:00 PM - 6:30 PM Zoom Session 1

[committees] 委員会

5:00 PM - 6:30 PM

5:00 PM - 6:30 PM (Fri. Sep 17, 2021 5:00 PM - 6:30 PM Zoom Session 1)

[committees] 委員会

民間企業と学生会員の交流会

民間企業と学生会員の交流会

Fri. Sep 17, 2021 5:30 PM - 7:00 PM Zoom Session 3

アイスブレイカー

アイスブレイカー

Wed. Sep 15, 2021 6:30 PM - 8:00 PM oVice会場

各種委員会

将来企画委員会

Wed. Sep 15, 2021 6:00 PM - 6:30 PM Zoom Session 2

談話室

2021年9月16日(木) 09:00 ~ 18:30 oVice会場 談話室

Thu. Sep 16, 2021 9:00 AM - 6:30 PM oVice会場

オンライン懇親会

オンライン懇親会

Thu. Sep 16, 2021 6:30 PM - 8:30 PM oVice会場

談話室

2021年9月17日(金) 09:00 ~ 20:00 oVice会場 談話室

Fri. Sep 17, 2021 9:00 AM - 8:00 PM oVice会場

談話室

2021年9月18日(土) 09:00 ~ 17:00 oVice会場 談話室

Sat. Sep 18, 2021 9:00 AM - 5:00 PM oVice会場

一般普及講演会「はやぶさ2」

日本鉱物科学会・日本惑星科学会 合同開催一般普及講演会

「はやぶさ2：小惑星リュウグウ探査6年間の旅，そして地上サンプル分析と新たな旅へ」

Sun. Sep 19, 2021 1:00 PM - 3:00 PM Zoom配信

各種委員会

JMPS編集委員会

Thu. Sep 16, 2021 5:30 PM - 6:30 PM Zoom Session 1

各種委員会

GKK編集委員会

Thu. Sep 16, 2021 12:30 PM - 1:00 PM Zoom Session 2

各種委員会

IMA小委員会

Fri. Sep 17, 2021 12:30 PM - 1:30 PM Zoom Session 1

各種委員会

財政問題 WG

Sat. Sep 18, 2021 1:15 PM - 2:00 PM Zoom Session 2

Closing Ceremony

Closing Ceremony

Sat. Sep 18, 2021 12:30 PM - 1:00 PM Zoom Session 1

[ceremony] クロージングセレモニー

12:30 PM - 1:00 PM

12:30 PM - 1:00 PM (Sat. Sep 18, 2021 12:30 PM - 1:00 PM Zoom Session 1)

[ceremony] クロージングセレモニー