Mon. Sep 19, 2022

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

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

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

Chairperson: Ryo Yamane, Hiroaki Ohfuji, Kazuki Komatsu(The Univ. Tokyo)

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

[R2-01] Stöber colloid as an analogue of precious opal

[Presentation award entry]

*Tetsuyoshi Takeda[1], Hiroki Okudera[2] (1. Kanazawa Univ. Nat. Sys., 2. Kanazawa Univ. Geosci. Civil Eng.)

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

[R2-02] Inorganic process for hybridization of silica-octacalcium phosphate

*Yuki Sugiura Sugiura[1], Masanori Horie[1], Yasuko Saito[3], Takashi Endo[3], Kodai Niitsu[2] (1. AIST HMRI, 2. NIMS, 3. AIST)

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

[R2-03] Crystallization of Tridymite in CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5 Flux

*Toshiya Abe[1] (1. Yamaguchi Univ. Sci.)

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

[R2-04] Synthesis of potassium silicate fertilizer from drifted pumice stones from Fukutoku-Okanoba -a preliminary report-

*Hiroaki Ohfuji[1], Haruki Urazoe[1] (1. Tohoku Univ. Sci.)

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

[R2-05] Structural change of Al-bearing $CaTiO_3$ perovskite 2

*TAKAYA NAGAI[1], NAOKI TAKAKURA[1], YOSUKE MATSUMOTO[1], YU TAGUCHI[2], XIANYU XUE[3] (1. Hokkaido Univ. Grad. Sci., 2. Hokkaido Univ. Sci., 3. Okayama Univ. IPM)

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

[R2-06] Syntheses and single crystal structure analyses of pyrite-type PtP_2,$PtSb_2$,$AuSb_2$.

*Akira Yoshiasa[1], Makoto Tokuda[1], Ginga Kitahara[1], Akihiko Nakatsuka[2], Kazumasa Sugiyama[3] (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Yamaguchi Univ. Tech., 3. Tohoku Univ. Mat.)

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

[3Lecture-101-12-7add] Break time

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

[R2-07] **Si-Al distribution & hydrogen bonding in ussingite ($Na_2AlSi_3O_8OH$): Unraveled by multi-nuclear NMR and first-principles calculation**

*Xianyu Xue[1] (1. Okayama Univ., IPM)

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

[R2-08] Structural change of vivianite induced by dehydration and oxidization

*Ryo Yamane[1], Toru Kawamata[1], Kazumasa Sugiyama[1], Eriko Ohshima[2] (1. IMR, 2. NIT, Ichinoseki college)

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

[R2-09] Experimental evidence of static disorder of carbonate ions in Ba-doped calcite

*Hiroyuki Kagi[1], Shiho Marugata[1], Yuta Ijichi[1], Kazuki Komatsu[1], Xianyu Xue[2], Kazumasa Sugiyama[3] (1. Univ. Tokyo, 2. Okayama Univ., 3. Tohoku Univ.)

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

[R2-10] Mechanism of calcium carbonate formation from portlandite $Ca(OH)_2$

*Atsushi Kyono[1], Hiroki Hasegawa[1], Satoru Okada[1] (1. Life & Environmental Sci, Univ of Tsukuba)

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

[R2-11] Visualization of crystal structures and morphology of quasicrystals

*Koichi Momma[1], Hiroyuki Takakura[2] (1. NMNS, 2. Hokkaido Univ.)

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

[R2-12] Discussion on the diffusion mechanism in silicate liquids based on anankeon

*Fumiya NORITAKE[1] (1. Yamanashi Univ.)

Oral presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

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

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson:Keisuke Fukushi(Kanazawa Univ.), Tadashi Yokoyama(Hiroshima Univ.), Satoshi Utsunomiya(Kyushu Univ.)

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

[R4-01] Surface diffusion analysis of hydroxide minerals experiencing dehydration by quasi-elastic neutron scattering

*Takuo Okuchi[1], Yuhei Umeda[1], Naotaka Tomioka[2], Yusuke Seto[3], Takeshi Yamada[4] (1. Kyoto Univ., 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metro. Univ., 4. CROSS Tokai)

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

[R4-02] Pore size dependence of the rates of water infiltration and air dissolution inside a rock

*Tadashi Yokoyama[1], Satoki Shintaku[3], Naoki Nishiyama[2] (1. Hiroshima Univ., 2. AIST, 3. Hiroshima Pref. Government)

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

[R4-03] Amorphous nanoparticles: clay minerals?

*Katsuhiro Tsukimura[1], Kazuko Manpuku[1], Yoko Miyoshi[1], Masaya Suzuki[1], Tetsuichi Takagi[1], Shin-ichiro Wada[2] (1. AIST, 2. Kyusyu Univ.)

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

[R4-04] Inhibition effects of polysaccharides on dolomitization at high temperatures

*Yang Wei[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

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

[R4-05] Contribution of organic molecules in plant opal to silica nanoparticle formation

Nozomu Yamazaki[1], *Jun Kawano[1], Noriaki Ozaki[2], Kyoto Miwa[3], Takaya Nagai[1] (1. Hokkaido Univ. Sci., 2. Akita Pref. Univ. Biol. Env., 3. Hokkaido Univ. Env. Sci.)

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

[3Lecture-201-11-6add] Break time

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

[R4-06] Relationship between morphology and crystal orientation in coccoliths analyzed by EBSD

*Toshihiro Kogure[1], Masayuki Utsunomiya[2] (1. Univ. Tokyo Sci., 2. GSJ, AIST)

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

[R4-07] Solubility of calcium carbonate hemihydrate : Implication for prediction of water chemistry of alkaline lakes

[Presentation award entry]

*Mai Suyama[1], Keisuke Fukushi[2], Takuma Kitajima[1] (1. Kanazawa Uni. Sci., 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

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

[R4-08] Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

[Presentation award entry]

*Gen Takahashi[1], Taiga Okumura[1], Takayoshi Nagaya[1], Michio Suzuki [2], Toshihiro Kogure[1] (1. Univ. Tokyo, Sci., 2. Univ. Tokyo, Agri.)

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

[R4-09] Organic matter inclusions in magnetite crystals from BIF

[Presentation award entry]

*Tatsuro Manabe[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

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

[R4-10] Variation of aragonite axial ratios induced by Na substitution

*Taiga Okumura[1], Michio Suzuki[2], Toshihiro Kogure[1] (1. Univ. Tokyo Sci., 2. Univ. Tokyo Agric. Life Sci.)

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

[R4-11] Precipitation of dolomite induced by halophilic bacteria: influence of Mg^{2+}, Ca^{2+}, and HCO_3^- concentrations

*Maho Hasegawa[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

Oral presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

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

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson:Yoshihiro Nakamura(AIST), Kosuke Naemura(Iwate Univ.)

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

[R8-01] Fault formation mechanism in brittle-plastic transition regime

*Jun-ichi Ando[1], Hirotoshi Kotama[1], Kaushik Das[1], Dyuti Prakash Sakar[1], Gautam Ghosh[3], Naotaka Tomioka[2] (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC, 3. Presidency Univ.)

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

[R8-02] Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro

*Takeyoshi Matsunaga[1], Junichi Ando[1], Das Kaushik[1] (1. Hiroshima Uni. Sci.)

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

[R8-03] U-Pb geochronology and metamorphic history of gneissic rocks from Sarwar-Junia fault zone, Rajasthan, NW India: Implications for the tectonothermal evolution of the Aravalli-Delhi Mobile Belt

*Junya Okazaki[1], Kaushik Das[1], Anupam Chattopadhyay[2], Jun-ichi Ando[1], Arindam Sarkar[2] (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Dehli Uni.)

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

[R8-04] Process and timing of ultrahigh-temperature metamorphism of metagabbro from the Kurosegawa tectonic belt in Kyushu

*Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Ippei Kitano[2], Masaaki Owada[3], Vuong Bui Thi Sinh[4], Dolzodmaa Boldbaatar[1] (1. Kyushu Univ., 2. Hokkaido Univ., 3. Yamaguchi Univ., 4. Vietnam Academy of Science and Technology)

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

[R8-05] **Structural and chemical evolution of carbonaceous materials in Archean low to medium grade metasedimentary rocks**

*KIRAN Sasidharan[1], Nakamura Yoshihiro[2], Satish-Kumar Madhusoodhan[1], Ohfuji Hiroaki[3] (1. Niigata Uni., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Tohoku Uni.)

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

[R8-06] **Geodynamic cycle of carbon in the continental crust**

*M. Satish-Kumar[1] (1. Fac. Sci. Niigata Univ.)

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

[3Lecture-301-12-7add] Break time

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

[R8-07] New calibration of Raman spectra of Carbonaceous material thermometry using a deep UV micro-Raman spectroscopy

*Yoshihiro Nakamura[1], Koji U Takahashi[1], Hidetoshi Hara[1] (1. AIST)

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

[R8-08] The time-scale conundrum of jadeitites: How long retained in forearc mantle wedge?

*Tatsuki Tsujimori[1], Toshiaki Komata[1], Hiroki Oka[1], Qing Chang[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[4] (1. Tohoku Univ., 2. JAMSTEC, 3. AKita Univ., 4. Okayama Univ. of Sci.)

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

[R8-09] Kinetic control on Al-Fe^{3+} distribution between Na-amphibole and Na-pyroxene in the lawsonite blueschist facies

*Wataru YABUTA[1], Takao HIRAJIMA[2] (1. Non, 2. Kyoto Univ.)

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

[R8-10] Stable isotope geochemistry of the olivine-bearing dolomitic marble in the Hida Belt, Japan

[Presentation award entry]

*Hironobu Harada[1], Tatsuki Tsujimori[1], Hideko Takayanagi[1], Yasufumi Iryu[1] (1. Tohoku Univ.)

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

[R8-11] Metamorphic zone mapping and a *P-T* path of metapelite of the Higher Himalayan crystalline nappe in Dhankuta, eastern Nepal

[Presentation award entry]

*Shumpei Kudo[1], Tetsuo Kawakami[1,2], Toru Nakajima[1], Harutaka Sakai[1] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. JAEA)

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

[R8-12] Heat source of the late Neoproterozoic-Cambrian ultrahigh temperature terrane: constraints from chemical composition of prograde melt inclusions in zircon

[Presentation award entry]

*Kota Suzuki[1], Tetsuo Kawakami[1], Tetsu Kogiso[2], Shuhei Sakata[3] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ. HES., 3. Tokyo Univ. ERI.)

Oral presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

2:15 PM - 3:15 PM JST | 5:15 AM - 6:15 AM UTC | B351 Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Kouta Suzuki(Kyoto Univ.)

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[R8-13] An application of Raman geothermometry to carbonaceous materials in metapelites of the Horokanai area in the Kamuikotan metamorphic terrane, central Hokkaido, Japan

*Kosuke Naemura[1], Yushi Nishida[1], Ichiko Shimizu[2], Yuriko Horie[2], Syusuke Kinoshita[2], Takao Hirajima[2] (1. Iwate University, 2. Faculty of Science, Graduate School of Kyoto University)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R8-14] Re-proposal of a Metamorphic zoning in the Horokanai Area of Kamuikotan Metamorphic Belt

*Takao Hirajima[1], Wataru Yabuta[1], Kohta Minagawa[1], Kohichi Kataoka[1], Shusuke Kinoshita[1], kazuyuki Dohmen[1] (1. Kyoto Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R8-15] Metamorphic condition of the metamorphic rocks of Chikujo Town, Fukuoka Pref. and Otsushima Island, Yamaguchi Pref. , in southwest Japan

*ZEJIN LU[1], Masaaki Owada[1], Naoki Shibata[1] (1. Yamaguchi Univ. Sci)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R8-16] Polyphase metamorphism in migmatite zones caused by pulsed granitoid intrusions into a low-*P/T* type metamorphic belt: decoding *P-T-D-t* paths using multi-stage growth of zircon

*Tetsuo Kawakami[1], Tomoe Ichino[1], Keiichi Kazura[1], Shuhei Sakata[2], Kota Takatsuka[1] (1. Kyoto Uni. Sci., 2. Uni. Tokyo)

Oral presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

2:15 PM - 3:15 PM JST | 5:15 AM - 6:15 AM UTC | B253 Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson: Jun Kawano(Hokkaido Univ.)

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[R4-12] **Ammonium capturing behavior by saponite**

*Hiroto Tokumon[1], Keisuke Fukushi[2], Yasuhito Sekine[3] (1. Kanazawa Univ. Sci, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ, 3. Tokyo Institute of Technology)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R4-13] Pyrite framboid analysis of the Lower Triassic Osawa Formation in the Southern Kitakami Terrane, Japan: an insight into the redox conditions

*Yoshino Ishizaki[1], Yuta Shiino[2], Eiichi Takazawa[2] (1. Niigata Univ. Grad., 2. Niigata Univ. Sci.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R4-14] **Spectroscopic Characterization of Major Interlayer Cations in Smectite**

*Yohei Noji[1], Keisuke Fukushi[2], Hiroto Tokumon[1] (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Kanazawa Univ. K-INET)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R4-15] Super-Radioactive Unit 1-Derived Particles from Fukushima Daiichi ~Properties and Environmental Impacts~

*Satoshi Utsunomiya[1], Kazuya Morooka[1], Kazuki Fueda[1], Shinya Yamasaki[2], Kenji Horie[3], Gareth T. W. Law[6], Bernd Grambow[5], Rodney C. Ewing[4] (1. Kyushu Univ., 2. Tsukuba Univ., 3. NIPR, 4. Stanford Univ., 5. Univ. Nantes, 6. Univ. Helsinki)

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

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

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

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-01] **Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite**

Narangoo Purevjav[1], Naotaka Tomioka[2], Shigeru Yamashita[7], Keiji Shinoda[3], Sachio Kobayashi[2], Kenji Shimizu[2], Motoo Ito[2], Suyu Fu[4], Jesse Gu[4], Christina Hoffmann[5], Jung-Fu Lin[4], *Takuo Okuchi[6] (1. Univ. Bayreuth, 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metropolitan Univ., 4. Univ. Texas, 5. ORNL, 6. Kyoto Univ., 7. Okayama Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-02] Dehydration Behavior of Hopeite-type (Fe,Co,Ni)$Zn_2(PO_4)_2$

[Presentation award entry]

*ryo tanuma[1], ryo yamane[2], kazumasa sugiyama[2] (1. Tohoku Univ. Eng., 2. Tohoku Univ. IMR.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-03] Prediction of crystal structures of high-pressure Zn_2SiO_4 phases

*Masami Kanzaki[1] (1. IPM)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-04] The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.

*Noboru Furukawa[1] (1. Chiba Uni. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-05] Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals

*Hiroaki Ohfuji[1], Watanabe Rino[2] (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC)

Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R4: Mineral sciences of the Earth surface

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-01] Observation of pH distribution during the formation of $CaCO_3$ in gel media

*Shinji Matsumoto[1], Jun Kawano[1], Takashi Toyofuku[2,3], Yukiko Nagai[2,4], Takaya Nagai[1] (1. Hokkaido Univ. Sci, 2. JAMSTEC, 3. TUMSAT, 4. NMNS)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-02] Texture observation on the calcite-aragonite interface in the skeletons of culturing scleractinian coral

*Satoko Motai[1], Saki Harii[2], Naotaka Tmioka[3], Motoo Ito[3] (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Univ. of Ryukyus, 3. KOCHI, JAMSTEC)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-03] Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures

[Presentation award entry]

*Maho Hasegawa[1], Yuki Kubota[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-04] Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide

*Sayako Inoué[1] (1. GRC Ehime Univ.)

Poster presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R8: Metamorphic rocks and tectonics

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-01] Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

[Presentation award entry]

*Tomohiro Takebayashi[1,2], Yui Kouketsu[1], Katusyoshi Michibayashi[1] (1. Nagoya Univ. Env. , 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-02] Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

[Presentation award entry]

*Natsumi Yoshimoto[1], Tetsuo Kawakami[1], Satoshi Hojo (1. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-03] Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko Higashino[1], Tetsuo Kawakami[1] (1. Kyoto Univ. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-04] Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica

*Tokuya Mitsubori[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Tomokazu Hokada[3] (1. Niigata Univ. Grad. Sci., 2. Niigata Univ. Sci., 3. NIPR)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-05] **Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India**

*Tomokazu Hokada[1,5], Satish-Kumar M.[2], Tsuyoshi Toyoshima[2], Kyoko Kataoka[2], Yuichiro Ueno[3], Kaoru Mishima[3], Abdulla Nasheeth[4], Takamoto Okudaira[4], Chiaki Ikawa[5] (1. NIPR, 2. Niigata Univ., 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Osaka Metropolitan Univ., 5. SOKENDAI)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-06] **Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India**

Shuvankar Karmakar[2], Gautam Ghosh[2], *Dyuti Prakash Sarkar[1], Sankar Bose[2] (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-07] Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag-Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton, southern India

*Sreehari Lakshmanan[1], Tsuyoshi Toyoshima[2], Yoshihiro Nakamura[3], Satish-Kumar Madhusoodhan[2], Sajeev Krishnan[4] (1. Shimane U, 2. Niigata U, 3. AIST, 4. IISc)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-08] Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka

*Aoi Yohioka[1], Satish-Kumar Madhusoodhan[2], Kosuke Goto [3], Gen Shimoda[3], Sanjeewa P. K. Malaviarachchi[4] (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ, 2. Fac. Sci., Niigata Univ., 3. AIST-GSJ, 4. Univ. Peradeniya, Sri Lanka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-09] Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

*Rio Higuchi[1], Tatsuki Tsujimori[2], Nelson Boniface[3] (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. UDSM)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-10] Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

*Hiroshi Mori[1], Hiroki Mizumura[2], Tetsuya Tokiwa[1], Kohei Yoshikawa[1], Yuki Nobe[3], Yui Kouketsu[4] (1. Shinshu Univ., 2. Kyowa Sekkei, 3. Electric Power Development, 4. Nagoya Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-11] Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

*Mutsuko Inui[1], Shuto Kojima[1], Yoshiya Nagatsuma[1] (1. Kokushikan Univ.)

Closing Ceremony

3:15 PM - 3:45 PM JST | 6:15 AM - 6:45 AM UTC | B251 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

Closing Ceremony

3:15 PM - 3:45 PM JST | 6:15 AM - 6:45 AM UTC

[Closing Ceremony] Closing Ceremony

[Cl-00] Closing Ceremony

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

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:15 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B251 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

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

Chairperson: Ryo Yamane, Hiroaki Ohfuji, Kazuki Komatsu(The Univ. Tokyo)

[Chairperson]
Ryo Yamane: R2-01 - R2-04
Hiroaki Ohfuji: R2-05 - R2-08
Kazuki Komatsu: R2-09 - R2-13

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

[R2-01] Stöber colloid as an analogue of precious opal

[Presentation award entry]

*Tetsuyoshi Takeda[1], Hiroki Okudera[2] (1. Kanazawa Univ. Nat. Sys., 2. Kanazawa Univ. Geosci. Civil Eng.)

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

[R2-02] Inorganic process for hybridization of silica-octacalcium phosphate

*Yuki Sugiura Sugiura[1], Masanori Horie[1], Yasuko Saito[3], Takashi Endo[3], Kodai Niitsu[2] (1. AIST HMRI, 2. NIMS, 3. AIST)

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

[R2-03] Crystallization of Tridymite in CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5 Flux

*Toshiya Abe[1] (1. Yamaguchi Univ. Sci.)

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

[R2-04] Synthesis of potassium silicate fertilizer from drifted pumice stones from Fukutoku-Okanoba -a preliminary report-

*Hiroaki Ohfuji[1], Haruki Urazoe[1] (1. Tohoku Univ. Sci.)

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

[R2-05] Structural change of Al-bearing $CaTiO_3$ perovskite 2

*TAKAYA NAGAI[1], NAOKI TAKAKURA[1], YOSUKE MATSUMOTO[1], YU TAGUCHI[2], XIANYU XUE[3] (1. Hokkaido Univ. Grad. Sci., 2. Hokkaido Univ. Sci., 3. Okayama Univ. IPM)

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

[R2-06] Syntheses and single crystal structure analyses of pyrite-type PtP_2,$PtSb_2$,$AuSb_2$.

*Akira Yoshiasa[1], Makoto Tokuda[1], Ginga Kitahara[1], Akihiko Nakatsuka[2], Kazumasa Sugiyama[3] (1. Kumamoto Univ. Sci., 2. Yamaguchi Univ. Tech., 3. Tohoku Univ. Mat.)

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

[3Lecture-101-12-7add] Break time

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

[R2-07] **Si-Al distribution & hydrogen bonding in ussingite ($Na_2AlSi_3O_8OH$): Unraveled by multi-nuclear NMR and first-principles calculation**

*Xianyu Xue[1] (1. Okayama Univ., IPM)

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

[R2-08] Structural change of vivianite induced by dehydration and oxidization

*Ryo Yamane[1], Toru Kawamata[1], Kazumasa Sugiyama[1], Eriko Ohshima[2] (1. IMR, 2. NIT, Ichinoseki college)

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

[R2-09] Experimental evidence of static disorder of carbonate ions in Ba-doped calcite

*Hiroyuki Kagi[1], Shiho Marugata[1], Yuta Ijichi[1], Kazuki Komatsu[1], Xianyu Xue[2], Kazumasa Sugiyama[3] (1. Univ. Tokyo, 2. Okayama Univ., 3. Tohoku Univ.)

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

[R2-10] Mechanism of calcium carbonate formation from portlandite $Ca(OH)_2$

*Atsushi Kyono[1], Hiroki Hasegawa[1], Satoru Okada[1] (1. Life & Environmental Sci, Univ of Tsukuba)

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

[R2-11] Visualization of crystal structures and morphology of quasicrystals

*Koichi Momma[1], Hiroyuki Takakura[2] (1. NMNS, 2. Hokkaido Univ.)

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

[R2-12] Discussion on the diffusion mechanism in silicate liquids based on anankeon

*Fumiya NORITAKE[1] (1. Yamanashi Univ.)

プレシャスオパールのアナログとしての Stöber コロイド

武田 哲欣*（金沢大・院自然システム）、奥寺 浩樹（金沢大・地球社会）

Stöber colloid as an analogue of precious opal

Tetsuyoshi Takeda* (S. Nat. Sys., Kanazawa U.) & Hiroki Okudera (S. Geosci. Civil Eng., Kanazawa U.)

1．はじめに

堆積環境性プレシャスオパールは非晶質シリカ鉱物の一種であり、遊色効果を示すことが特徴である。この遊色効果はプレシャスオパールがシリカ単分散粒子の最密充填構造を取ることによる可視光の干渉現象だということは広く知られている。また、このシリカ球自体が一次粒子の凝集体（二次粒子）であるとの報告がある(Darragh et al., 1966)。

同様なシリカ単分散粒子は Stöber プロセスでも得られる。Stöber コロイドは粒径のばらつきがほとんど無いのみならず、内部は均質ではなく多孔質であるとの報告がある(Bogush &Zukoski, 1988)。これらの共通点から、我々は Stöber プロセスが上述のプレシャスオパールの形成プロセスのアナログであると考え、その形成プロセスを解明することを試みた。

2．実験方法

N_2 雰囲気で調整した TEOS のエタノール溶液と大気中で調整した NH_3 と H_2O のエタノール溶液をスターラーで攪拌しながら混合した。試薬混合比は TEOS : H_2O : NH_3 = 0.22 : 6 : 2 mol/L とし、反応中の温度は 20℃で保持した。

反応を開始してから、所定の時間(1～960 分)経過後に反応溶液を木片で Si ウエハーに塗付し、脱水エタノールで洗浄した。その後よく乾かした試料を FE-SEM で観察し、得られた SEM 像から粒径を測定した(図 1)。480 分後に採取した粒子については、よく乾燥させてからアルミナ乳鉢で砕き、その破断面を FE-SEM で観察した(図 2)。なお、FE-SEM 観察は無蒸着で行なった。

3．結果と考察

肉眼では完全に透明であるにも関わらず、反応を開始して 1 分後には極低密度のコロイド(d>20 nm)の形成が確認できた。

充分に成長した粒子の破断面には直径 20 nm 程度の凸状微細構造が見られた(図 2)。

Keywords: precious opal, Stöber process
*Crresponding author: tetsuyoshii@stu.kanazawa-u.ac.jp

この構造は粒子の中心部（図 1 中の「内核」）で顕著であり、外側へ行くほど不明瞭になった（図 2)。これは Stöber コロイドが一次粒子の凝集体であることと、その一次粒子が反応後期に向かい小さくなっていくことを示している。

以上より、粒子の成長過程は(1)低密度の一次粒子の同時多発的形成とその凝集、それに並行した脱水縮合(二次粒子の形成)、(2)後発の一次粒子の付着・脱水縮合による粒子成長、(3)原料の枯渇（成長の終了）の 3 つの段階に整理される(図 1)。

上述のプロセスは高 pH でシリカ分に富む流体の温度が急激に低下した際の過飽和度の低下でも起きることから、天然プレシャスオパールの形成過程もこれと同様であると考えられる。

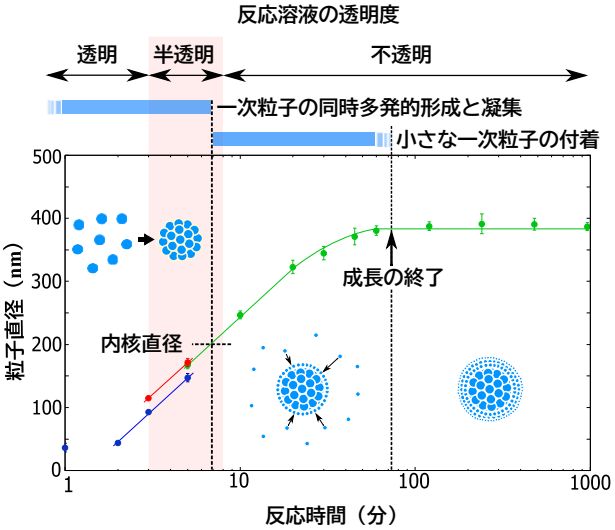


図 1. Stöber コロイドの形成過程

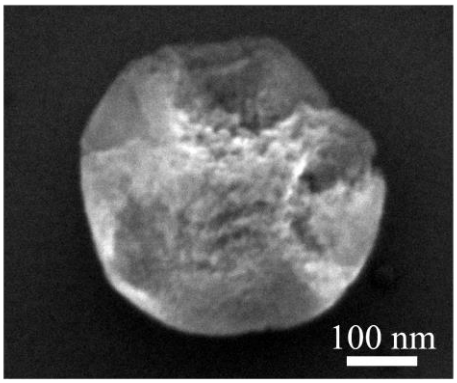


図 2. Stöber コロイドの破断面の SEM 像

無機的なシリカ―リン酸八カルシウムの複合化

杉浦　悠紀*(産総研・健康医工学)、堀江　祐範（産総研)、斎藤靖子（産総研)、遠藤貴士（産総研)、新津甲大（物材研）

Inorganic process for hybridization of silica-octacalcium phosphate

Yuki Sugiura* (AIST·HRI), Masanori Horie (AIST), Yasuko Saito (AIST), Takashi Endo (AIST), Kodai Niitsu (NIMS)

シリカは、骨を構成する細胞に働きかけ、骨の代謝機構である骨リモデリングプロセスを活性化する働きがあることが、古くから知られている。このため、近年は、シリカをバイオセラミックに添加することで、シリカの持つ優れた性質を発揮させる試みがなされている。炭酸カルシウムの一種であるバテライトにシリカをドープすると、骨芽細胞のバイアビリティや、ALP 産生能を向上させることが知られている。これらの粉末を、生体親和性ポリマーと複合化することにより、実際の臨床での利用がなされている。一方、シリカ源としては有機シリカ、TEOS 等が用いられているが、残存有機分子の存在、安全性の立証が課題となる。

有機シリカを用いないシリカ含有セラミックの調製法は、新規骨補填材などのバイオマテリアル開発において、優れた手法となる。無機シリカ源としては、水ガラスがある。また、リン酸八カルシウム(OCP)は、高い生体親和性を持ち、他のリン酸カルシウムを凌駕する骨置換性を持つ。また、他の多くのリン酸カルシウムの前駆体であるため、シリカ担持 OCP を調製出来れば、多くのリン酸カルシウム相にシリカをドープする手法を提案することが期待される。本研究では、水ガラス溶液中で易溶性リン酸カルシウムを加水分解により、シリカ担持 OCP が調製出来るか検討したので報告する。

易溶性リン酸カルシウムのリン酸水素カルシウム二水和物(DCPD)を、濃度を様々に変化させた水ガラス溶液中に浸漬し、60℃で 1 日反応させた。反応後の試料について、材料科学的に分析したところ、水ガラス濃度が 1 mol/L の試料においては、XRD パターンの 4.7°付近に明瞭なピークが観察され、OCP 様構造が形成していることが分かった。さらに、STEM-EDX 評価により、Si が Ca、P 同様に均一に分布していることが分かった。さらに、分光学的な手法では、OCP の含水層の部分のリン酸基のバンドが消失し、代わりにシリカのバンドが形成していることが分かった。これにより、シリカが OCP の含水層を置換する形で複合化していることが分かった。

Keyword: リン酸八カルシウム、生体材料、シリカ、バイオセラミックス
*杉浦　悠紀: yuki-sugiura@aist.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ フラックスにおけるトリディマイトの晶出

阿部利弥(山口大理)

Crystallization of Tridymite in $CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ Flux

Toshiya Abe* (Yamaguchi Univ.)

シリカ結晶を目的とした $CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ ($CaO=0.35$)フラックスを用いた実験を，本学会では数年来報告してきた。電気炉と Pt 坩堝を用いた大気圧下加熱によるもので，回収試料の解析を基にしている。フラックスは，温水浴と超音波洗浄の繰り返しと希塩酸浴で除去した。

これまでの実験の結果，1050～780℃から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)の晶出が認められた。一方，非晶質シリカ(Amorph)を出発原料した場合，冷却実験では Trid，1000~800℃の等温加熱実験では Crist が認められた。シリカ 15wt%，840℃(Qtz 安定領域）と 900℃(Trid 安定)にて，異なる加熱時間の実験を昨年行った結果，等温加熱の初期から準安定相の Crist が認められたが，時間経過とともに Trid が顕著となり Crist の消滅が観察された。ただし，0 hr 時点の Crist は XRD 強度も弱く，低角度へのシフトもみられ，議論の余地がある。さらに，実験時間内では，Qtz の晶出は認められなかった。また，Crist から Trid への変化は，840℃に較べ，900℃の方が短時間の内で完了していた。今年度は，この変化をさらに確かめるために，シリカ 10, 15, 20wt% 900, 950℃でも追加の補足実験を行った(1000℃でも一部実施)。

シリカ 10wt%, 900℃(Trid 安定領域下)おける各加熱時間(0, 100, 155, 200hrs) の XRD 結果を図 1 に示す。また 10%, 100hr における各温度(840, 880, 900, 950℃)の XRD 結果を図 2 に示す。結果は，昨年の結果と調和的で，図 1 に示されるように，加熱の初期段階で準安定な Crist が晶出し，時間経過とともに Trid が優勢になる。また図 2 からも，高温の方が Trid のみへの変化が短時間で完了すること

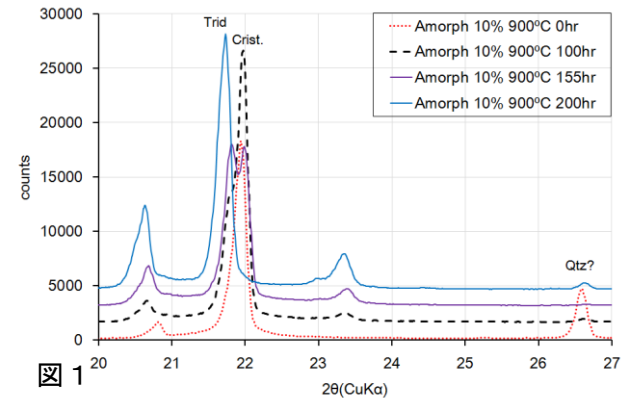


図 1

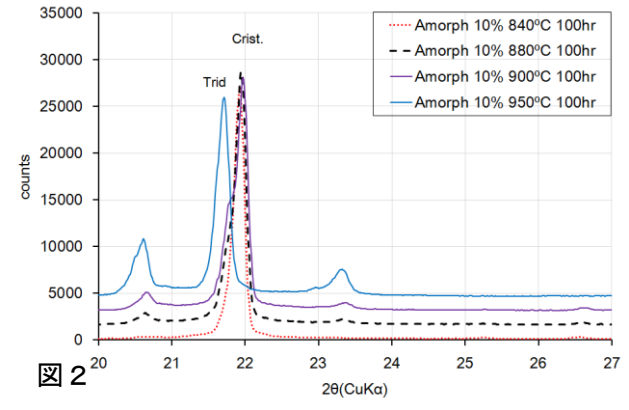


図 2

が確認できる。この実験で得られた Trid は僅かに着色したものであったが，粉末を純水で洗浄すると容易に脱色することから，フラックスを包有物として含むためと思われる。また，Qtz は，本実験でも明確な晶出は確認できなかった。10%, 900℃, 0hr でブロードなピークが一時みられたが，回収結晶の形態観察では確認できなかった。今後の再確認が必要である。

Amorph 物質からの Qtz 形成は，非常に限られた冷却実験でのみ観察されただけで，Qtz 形成は如何に困難であるかが窺えるが，Trid 相の合成には好都合である。現在，この性質を利用し，Trid 結晶の合成も並行して行っている。

Keywords: synthesis, flux, amorphous silica, tridymite, cristobalite.
* Corresponding author: toshiya@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福徳岡ノ場由来の漂着軽石からのケイ酸カリ鉱物肥料合成 ー予察報告ー

大藤 弘明（東北大・院理），浦添 春記（東北大・院理）

Synthesis of potassium silicate fertilizer from drifted pumice stones from Fukutoku-Okanoba -a preliminary report-

Hiroaki Ohfuji*(Sci., Tohoku Univ.), Haruki Urazoe (Sci., Tohoku Univ.)

We present a preliminary report on the synthesis of potassium silicate fertilizer, which is highly effective in improving the growth and yield of rice plants, from drifted pumice stones originated from Fukutoku-Okanoba, Ogasawara Island. The heating of a mixture of powdered pumice and KOH solution at 800 ºC gave a product composed of kaliophilite ($KAlSiO_4$), similar to the commercial “Keisankari” fertilizer synthesized from coal fly ash.

はじめに

2021 年 8 月に発生した小笠原諸島の海底火山「福徳岡ノ場」の爆発的噴火で生じた軽石が，沖縄や九州の沿岸部に大量に漂着し，漁船・フェリーの運行や養殖漁業などに甚大な被害をもたらしたことは記憶に新しい．砂浜などに漂着した大量の軽石は邪魔者扱いされ，廃棄処分に多大な労力とコストがかかっているが，一方で水質浄化材や土壌改良材などへの活用も試験的に行われている．我々も軽石の岩石鉱物学的特徴に着目し，ケイ酸質カリ質鉱物肥料（けい酸加里）へ転換できないものか，検討を始めた．

「けい酸加里」は，石炭火力発電の副産物として生じるフライアッシュにカリウム分などを添加し高温焼成して得られる無機肥料で，水稲用肥料として 40 年以上製造，販売，使用されている．カリウムは植物の必須栄養素であり，ケイ酸も非晶質シリカを組織内に蓄積するイネにとって重要であるため，同肥料の施用は根張りや茎強度の増強や収量向上に繋がる．「けい酸加里」の原料のフライアッシュは主に石英とムライトよりなり SiO_2 と Al_2O_3 に富むバルク組成を有するが，福徳岡ノ場由来の軽石もこれに似た化学組成を示すため，それを原料に同等物質をつくれると我々は考えた．ここではその予察研究の結果を報告する．

研究試料と手法

出発原料として沖縄県東村ウッパマビーチに漂着した福徳岡ノ場由来の軽石試料を用いた．水でよく洗浄して海水由来の塩分を除去した後，風乾させ，薄片観察や SEM-EDS，XRF 分析を行い軽石の微細組織や化学組成を調べた．合成実験には磁製るつぼを用い，微粉砕した軽石試料 2 g に 5M 濃度の KOH 溶液を一定量加え，80℃で乾燥させた後，電気炉中で 800℃，2 時間の加熱を行った．その後徐冷して試料を回収し，粉末 XRD および SEM-EDS を用いて生成相の同定と組織観察，化学分析を行った．

結果と考察

原料物質に用いた軽石は多孔質で繊維状の火山ガラスを主体とし，少量の斜長石と直方輝石，単斜輝石を含んでいた．XRF によるバルク組成分析から 62.1 wt%の SiO_2 と 16.0 wt%の Al_2O_3 が含まれることが分かった．KOH を添加して焼成した後の試料を調べると，添加量が少ないものはリューサイト（$KAlSi_2O_6$）と少量のカリオフィライト（$KAlSiO_4$）から構成され，添加量の多いものはカリオフィライトのみからなることが分かった．カリオフィライトは，市販の「けい酸加里」肥料の主要構成鉱物であり，他のカリウムケイ酸塩に比べて酸性環境下での溶解性が高い特徴がある．軽石は全体的にガラス質でフライアッシュに比べて反応性が高いため，より簡便かつ低コストに「けい酸加里」相当品をつくれる可能性が高い．

現在，我々は KOH の添加量や試料調合の仕方，焼成温度条件などを変化させた試験を実施しており，講演ではその結果も併せて報告する．

Keywords: pumice stone, potassium silicate fertilizer, kaliophilite

*Corresponding author: ohfuji@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

含 Al-$CaTiO_3$ ペロブスカイトの構造変化 2

永井隆哉，高倉直樹，松本洋輔（北大院理）
田口裕宇（北大理），薛献宇（岡山大惑星研）

Structural change of Al-bearing $CaTiO_3$ perovskite 2

Takaya NAGAI*, Naoki TAKAKURA, Yosuke MATSUMOTO , Yu TAGUCHI (Hokkaido Univ.)
Xianyu XUE (Okayama Univ., IPM)

Structure variations of Al-bearing $CaTiO_3$-perovskite, $Ca(Ti_{1-x}Al_x)O_{3-\delta}$, synthesized by the conventional solid-state reaction method have been investigated. We preliminary reported structural variations of those samples in the last year's Annual Meeting of JAMS. On the other hand, we also pointed out that the sample with $x = 0.05$ may not be the single phase based on the NMR measurement and more experiments should be needed. In this presentation, we add new data obtained by XRD and ^{27}Al -NMR measurements.

はじめに チタン酸ペロブスカイト構造相の B サイトを占める Ti^{4+}のみを 3 価陽イオンで置換する形の固溶は酸素欠陥の生成を伴い，材料分野では電気特性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，$MgSiO_3$ ブリッジマイトへの Al^{3+}の固溶と，それに伴う弾性的な変化や水の固溶に興味が持たれている。本研究ではケイ酸塩ペロブスカイト相とのアナログとしての視点を持ち，$CaTiO_3$ ペロブスカイトへの Al^{3+}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てきた。昨年度の年会においては，$0 \leq x \leq 0.25$における，$Ca(Ti_{1-x}Al_x)O_{3-\delta}$の XRD と ^{27}Al-NMR 測定の結果から，Al^{3+}の固溶に伴い，直方晶系→正方晶系→立方晶系のモルフォトロピックな構造変化を示すこと，また Al の配位環境は主に 6 配位で，一部 4 配位や 5 配位も存在し，Al の固溶量増加により，4 配位や 5 配位の Al が増加することを報告した。また，Al の固溶量に伴う$Ca(Ti_{1-x}Al_x)O_{3-\delta}$の格子定数変化の傾向が，$x = 0.05$あたりを境に変わっていることから，Al の固溶メカニズム変化の可能性を指摘した。しかしながら一方で，$x = 0.05$の ^{27}Al-NMR データが，$x = 0.1, 0.15, 0.2$の試料の ^{27}Al-NMR データの特徴と大きく異なり，単相の試料ではない可能性もあったことから，さらなる研究の必要性を指摘した。本発表では，$x = 0.01, 0.05$の試料を新たに合成し，得られたデータを追加して議論する。

実験手法 $CaCO_3$, Al_2O_3, TiO_2 を出発試料として，合成後$Ca(Ti_{1-x}Al_x)O_{3-\delta}$において$x = 0.01, 0.05$と化学組成がなるように秤量し，1000～1300℃での焼成・混合を 5～8 回繰り返した後，最終的に 1300℃で約 50 時間焼成し，急冷回収した。回収試料は，XRD 測定及び 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，$x = 0.05$の試料については，少なくとも XRD 及び SEM-EDS から単相であると評価できたため，^{27}Al-NMR 測定を岡山大学惑星物質研究所との共同利用研究で行った。

結果と考察 $x = 0.05$の試料の ^{27}Al-NMR 測定の結果は，試料が単相であることを示唆した。また，その特徴は以前測定した試料ものと大きく異なり，$x = 0.1$~0.2のものと類似していた。そして定性的には，Al の固溶量が$x = 0.1, 0.15, 0.2$と増加するにつれ，4 配位と 5 配位の Al の割合が増え，6 配位の Al の割合が減る傾向が見える。

XRD データは，プログラム GSAS（Larson and Von Dreele, 2004）を用い，Le Bail 法で格子定数の精密化を行った。精密化した値を測定の繰り返しに伴うばらつきを考慮に入れて考察すると，昨年度報告したような$x = 0.05$あたりを境とした格子定数変化の傾向の変化は有意ではなく，むしろ Al の固溶量の増加に伴い格子定数は単調に変化していることが示唆される。

Keywords: Al-bearing $CaTiO_3$, morphotropic transition, XRD, ^{27}Al-NMR
*Corresponding author: nagai@sci.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

黄鉄鉱型 PtP_2,$PtSb_2$,$AuSb_2$ の合成と単結晶構造解析

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

Syntheses and single crystal structure analyses of pyrite-type PtP_2,$PtSb_2$,$AuSb_2$.

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

Single crystals of PtP_2, $PtSb_2$ and $AuSb_2$ were synthesized in evacuated silica glass tubes. The crystal structures of PtP_2 [a = 5.7007(2) Å, u=0.38937(8)], $PtSb_2$ [a = 6.4523(1) Å, u=0.37514(4)] and $AuSb_2$ [a = 6.6618(1) Å, u=0.37550(4)] were refined to R1=0.0164, 0.0170 and 0.0212, respectively. We will report on the systematic changes in Debye temperature θ_D in pyrite-type compounds.

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。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やスピン状態変化が観測される[1,2]。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 を見積もることができる[1,2]。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、金・白金族成分の黄鉄鉱型化合物単結晶を封入管法により作製し、リガク社製 XtaLAB Synergy による単結晶構造解析を行い，Debye-Waller 因子を測定した。精密構造解析により得られた Debye-Waller 因子から、黄鉄鉱型化合物の Debye 温度 θ_D を見積もり、原子間距離を指標に比較した。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。図 1 に陽イオン M と陰イオン X の異方性温度因子 U_{12} の X-X 距離に対する変化を示した。U_{12} においても系統的な変化が観察される。この変化は、M-X と X-X 結合の強さの差により現れ、X-X 共有結合が強い場合には、X-X に垂直な偏角振動が有意になる。M-X 結合より X-X 結合が弱い場合は、X-X 結合方向に振動の振幅が大きくなり、陰イオン X の熱振動楕円体はラグビーボール型になる。

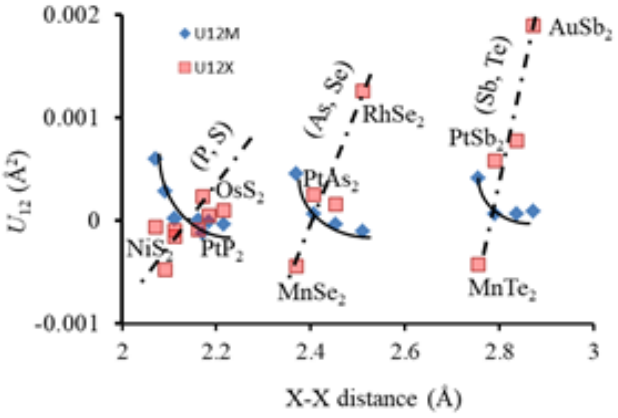


Fig. 1. Anisotropic thermal parameter U_{12} versus X–X distances in MX_2 pyrite-type compounds.

[1] M.Tokuda et al. Zeit. Krist. 234 (2019) 371
[2] A.Yoshiasa et al. J.Cryst.Growth, 574 (2021) 126327

Keywords: $AuSb_2$, $PtSb_2$, pyrite-type compounds, single crystal diffraction, Debye temperature

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

Oral presentation

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

Chairperson: Ryo Yamane, Hiroaki Ohfuji, Kazuki Komatsu(The Univ. Tokyo)
Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:15 PM B251 (Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F)
[Chairperson]
Ryo Yamane: R2-01 - R2-04
Hiroaki Ohfuji: R2-05 - R2-08
Kazuki Komatsu: R2-09 - R2-13

10:30 AM - 10:45 AM

[3Lecture-101-12-7add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

ウッシング石($Na_2AlSi_3O_8OH$)における Si-Al の配置と水素結合：多核種 NMR 及び第一原理計算による解明

薛　献宇＊（岡大・惑星研）

Si-Al distribution & hydrogen bonding in ussingite ($Na_2AlSi_3O_8OH$): Unraveled by multi-nuclear NMR and first-principles calculation

Xianyu Xue* (Okayama Univ., IPM)

Introduction. Ussingite ($Na_2AlSi_3O_8OH$) is a mineral with a unique partially interrupted framework structure [1,2]. It contains four tetrahedral (T) sites, of which T1 & T2 are Q^4 (i.e., having 4 next nearest neighbor (NNN) T sites), and T3 & T4 are Q^3 (i.e., having 3 NNN T sites). Their NNN environments are as the following (in brackets): T1(1T2,1T3,2T4), T2(1T1,2T3,1T4), T3 (1T1,2T2), T4(2T1,1T2). Hydrogen was found to be in the T4-O8-H···O2-T3 configuration, with a short hydrogen-bonding O8···O2 distance (2.481 Å)[2]. In the ordered structure, T1 is occupied by Al, and the other T sites are occupied by Si. Previous X-ray and neutron diffraction [1,2,3] and ^{1}H, ^{29}Si NMR [4,5] studies gave contradictory conclusions as to whether Al-Si disorder exist, and which site Al is disordered into. It is commonly observed from studies of partially depolymerized aluminosilicate glasses that Al preferentially enters into more polymerized Q^4 units. Constraining the Si-Al distribution in ussingite may provide a general crystal chemical understanding of the partition behavior of Al in partially depolymerized aluminosilicate structure. How the Si-Al disorder affects the strong hydrogen bonding is also of crystal chemical significance. In this study, I unambiguously clarified the Si/Al distribution and its effect on the hydrogen bonding in ussingite via combined comprehensive NMR measurements and first-principles calculation.

Methods. NMR measurements were performed on a natural ussingite sample from Lovozero alkali Massif, Russia using a Varian 9.4 T Unity-Inova spectrometer and 2.5 mm T3 MAS probe. First-principles calculations (energy & NMR parameters) were performed with the GIPAW method using the Quantum-ESPRESSO package (v.7.0). Both the ordered structure and various models for Si-Al disorder in ussingite were studied. For the latter, a 2x2x2 supercell (256 atoms) with one pair of Al-Si exchanged between a T1 site and each of its NNN (1T2, 1T3 , 2T4), as well as between a pair of remote T1 and T2 sites were examined. For each calculation, the crystal structure was first fully relaxed before NMR calculation. The PAW-pseudopotential and PBEsol functional (from the PSlibary) was adopted.

Results & Discussion. ^{1}H-^{29}Si CPMAS NMR of ussingite revealed three main peaks near -84.2, -87.9 and -96.5 ppm, which may be attributed to Q3(1Si2Al), Q3(2Si1Al) and Q4(3Si1Al), corresponding to T4, T3 and T2 site, respectively, in the ordered structure. In addition, three weaker peaks near -80.8, -91.6 and -97.3 ppm were also revealed, which may be attributed to Q3(3Al), Q3(3Si) and Q4(3Si1Al)(of somewhat different local structure from that of ordered structure). These peaks can be accounted for only by Si-Al disorder between T1 and T2 sites (about 3.5%) while obeying Al avoidance principle, contrary to previous speculations of disorder between T1 and T3 [3,5] or lack of disorder [2,4]. ^{1}H MAS NMR revealed a main peak near 13.8 ppm (with a shoulder near 13.3 ppm), a group of three weaker peaks near 15.8, 15.5, 15.2 ppm and another weaker peak near 11.0 ppm, similar to that reported for a sample of different locality [5]. Our 2D 1H DQ MAS NMR confirmed that all these peaks belong to the same structure. ^{23}Na and ^{27}Al 3QMAS NMR data are also consistent with local structural disorder.

Interpretation of the NMR data was greatly facilitated by first-principles calculation. The calculation revealed that Si-Al exchange between NNN T1 and T2 (T1-O-T2) is energetically most favorable and thus the most plausible model; the other models with Si-Al exchange between NNN T1-T3, T1-T4, or remote T1-T2 sites, which are accompanied by formation of Al-NBO (non-bridging oxygen), AlOH and/or Al-O-Al, gave higher energies (by 28~68 kJ/mol) and thus less plausible, consistent with the known unfavorable formation of Al-NBO and AlOH (relative to Si counterparts) and Al avoidance principle. The calculated ^{29}Si and ^{1}H chemical shifts of the model with Al-Si exchange between NNN T1-T2 agree well with the observed NMR data and shed light on their assignment. The main ^{1}H NMR peak near 13.8 ppm correspond to OH in the ordered structure, and those near 15 and 11.0 ppm can be attributed to OH that are either bonded or hydrogen-bonded to a Si (T3, T4) that is NNN of a substituted T1 or T2 site. The relative intensities of the ^{1}H NMR peaks are also consistent with that expected from the extent of Al-Si disorder revealed by ^{29}Si NMR. To my knowledge, this is the first study that has clearly revealed relationship between changes in hydrogen bonding strength and Si/Al disorder.

In conclusion, this study has unambiguously revealed the presence of about 3.5% Si-Al disorder between T1 & T2 sites (both Q^4) in ussingite, which is accompanied by formation of OH of both stronger and weaker hydrogen bonding (larger and smaller ^{1}H chemical shift). These results provided insights into the partition behavior of Si-Al in partially depolymerized aluminosilicate structure and its relationship with hydrogen bonding strength.

References:[1] Rossi et al. 1974 Am Mineral 59,335-340; [2] Williams & Weller 2012 Phys Chem Mineral 39, 471-478; [3] Ribbe 1974 Am Mineral 59, 341-344; [4] Oglesby & Stebbins 2000 Am Mineral 85, 722-731; [5] Johnson & Rossman 2004 Phys Chem Mineral 31, 115-121.

Keywords: ussingite, Si-Al disorder, hydrogen-bonding, NMR, first-principles calculation

Corresponding author: xianyu@okayama-u.ac.jp

Vivianite の脱水・酸化に伴う構造変化

山根 崚*，川又 透，杉山 和正 （東北大 金研），大嶋 江利子（一関高専）

Structural change of vivianite induced by dehydration and oxidization

Ryo Yamane*, Toru Kawamata, Kazumasa Sugiyama (IMR, Tohoku University),
Eriko Ohshima (National Institute of Technology, ICHINOSEKI College)

研究の背景

Vivianite（藍鉄鉱：$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$）は，リンに富んだ花崗岩ペグマタイトなどに産出する含水鉄リン酸塩鉱物である．結晶構造は，鉄八面体とリン四面体によって構成される層状構造が水素結合を通じて積層している．結晶に含まれる一部の Fe^{2+}は酸化された状態にあり，2 価および 3 価の Fe が占有する八面体ダイマー（Fe 八面体ダイマー）間で電荷移動遷移が起きている[1]. Vivianite に含まれる Fe^{2+}の酸化は昇温・脱水とともに進行し，120 ℃付近で，明瞭なブラッグピークを示さない santabarbarite （$Fe_3(PO_4)_2OH_3 \cdot 5H_2O$）に変化する．最近我々の研究グループは vivianite, santabarbarite の Fe の価数を電気化学的に制御して，Li の挿入・脱離が繰り返し起きることを発見した．これは vivianite-santabarbarite 系鉱物が Li イオン電池の正極活物質となりうることを示している．Li イオンの挿入・脱離のメカニズムを原子レベルで解明するためには，脱水・酸化による vivianite および santabarbarite の構造変化を調べることが重要である．そこで本研究では，vivianite の 90 ℃までの高温その場単結晶構造解析と santabarbarite（vivianite を 120, 500 ℃で焼成した試料）の異常散乱法を用いた環境構造解析を行った．

実験方法

Vivianite の単結晶試料は，ルーマニア産の天然試料を用いた．Santabarbarite の焼成に用いた vivianite 粉末試料は，Chiba et al.,（2020）[2]を参考に硫酸鉄・七水和物（$FeSO_4 \cdot 7H_2O$）とリン酸水素ナトリウム（$(NH_4)_2HPO_4$）を蒸留水中で反応させ合成した．単結晶 X 線回折実験は，ハイブリッドピクセル検出器搭載単結晶 X 線構造解析装置 Synergy（Rigaku）を用いて -53 ℃， 22 ℃, 77 ℃および 90 ℃で実験を行った．異常散乱法を用いた環境構造解析は，KEK-PF の BL7C において Fe *K* 吸収端（7.111 keV）-300 および -25 eV のエネルギーを用いて行い，差分コントラストから Fe 原子周囲の環境構造情報 $RDF_{Fe}(r)$を得た．

結果および考察

90 ℃の X 線構造解析実験では，層状構造の積層乱れに由来する回折ピークのブロードニングが観測でき，さらに空間群 *C*2/*m* の *C* 並進対称性を破る反射も観測された．詳細な構造解析の結果，この対称性の低下は vivianite の層状構造が脱水しやすい層と，脱水しにくい層に分化することが原因と判明した．一方，vivianite と santabarbarite の中間相と報告のある metavivianite（$Fe_3(PO_4)_2OH_2 \cdot 6H_2O$）[3]の存在を示唆する層の積み重なり方のずれは確認されなかった．Santabarbarite の環境構造解析によって得られた $RDF_{Fe}(r)$では，焼成温度に関わらず vivianite の結晶構造から計算した Fe に関する部分二体相関関数で概ね説明できるが，*c* 軸長（= 4.72 Å）に対応する $RDF_{Fe}(r)$のピークのみ低 *r* 側にシフトしている様子が確認された（図 1 の赤矢印）．この *c* 軸方向の収縮は電荷移動遷移に関与する Fe 八面体ダイマーの酸化状態の変化で説明できることがわかった．以上より，vivianite の構造変化として，まず加熱脱水により積層の周期性が乱され，さらに，脱水に付随した酸化により層面内の構造も変化する。この脱水・酸化による構造変化の延長で vivianite はブラッグピークを示さない santabarbarite に変化するが，500 ℃まで熱しても vivianite からの大きな構造変化は起きないと考えられる．

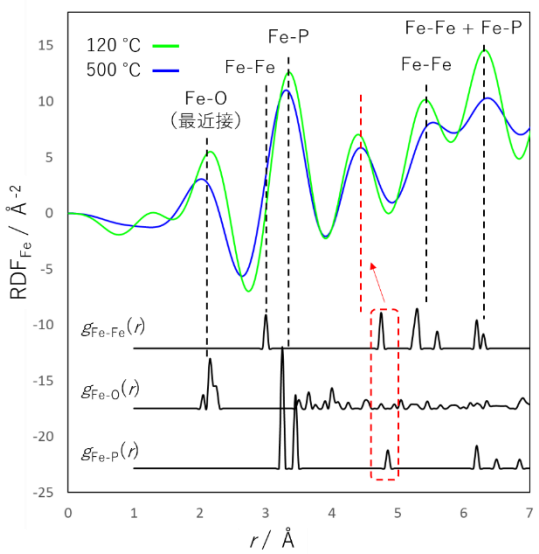


図 1. Santabarbarite の RDF と vivianite の結晶構造から計算される Fe に関する部分二体相関関数の比較

[1] Amthauer, G. and Rossman, G. R. Phys. Chem. Minerals, 11, 37-51 (1984)
[2] Chiba, K. et al., J. Mineral. Petrol. Sci. 115, 485-489 (2020)
[3] Chukanov, N. V., et al., Mineral. Mag. 76, 725 (2012).

Keywords: vivianite, dehydration, oxidization
*Corresponding author: ryo.yamane.c2@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Ba 含有カルサイトにおける炭酸イオンの静的無秩序状態の実験的証拠

鍵裕之*, 丸形詩歩, 伊地知雄太, 小松一生 (東大院理)
薛献宇 (岡山大惑星物質研), 杉山和正 (東北大金研)

Experimental evidence of static disorder of carbonate ions in Ba-doped calcite

Hiroyuki Kagi*, Shiho Marugata, Yuta Ijichi, Kazuki Komatsu (UTokyo),
Xianyu Xue (Okayama Univ.), Kazumasa Sugiyama (Tohoku Univ.)

炭酸カルシウムにはカルサイト、アラゴナイト、ファーテライトの 3 つの多形がある。常温常圧条件での炭酸塩の安定相は陽イオンのイオン半径に依存し、Ca^{2+}よりも小さな陽イオンの炭酸塩はカルサイト構造、Ca^{2+}よりも大きな陽イオンの炭酸塩はアラゴナイト構造となる。したがって Ca^{2+}よりもイオン半径が大きい Sr^{2+}や Ba^{2+}はカルサイトの結晶構造には不適合である。Sr あるいは Ba を高濃度で取り込んだ非晶質炭酸カルシウムを合成し、それを高圧あるいは高温条件下で急速に結晶成長させると不適合元素である Sr あるいは Ba を最高で 70%近く取り込んだ“カルサイト”が得られる(Saito et al., 2020)。Sr や Ba がカルサイトの構造中に取り込まれると、単位胞体積が増加するとともに 113 反射が消失し、CO_3 イオンが無秩序状態となる。カルサイトは 1275 K 以上の高温条件で CO_3 イオンの回転を伴う動的無秩序状態となることが知られているが(Ishizawa et al., 2013)、Ba を含有するカルサイトでの 113 反射の消失は室温条件で観察されており、Saito et al. (2020)は分子動力学計算に基づいて、CO_3 イオンがわずかずつ歪んだ構造に配置されている静的無秩序状態を提案した。本研究ではバリウムを構造中に取り込んだカルサイトを試料として、さまざまな実験的手法を用いて、このモデルの正当性を検討した。

Ba を含む非晶質炭酸カルシウムを 400℃で 2 時間加熱することで Ba を結晶構造中に取り込んだカルサイトを得た。^{13}C MAS NMR は ^{13}C を濃縮した試料を用いて、岡山大惑星物質研に設置されている Bruker Avance NEO 400 を用いて測定した。CaK 吸収端 XAFS スペクトルは KEK PF の BL-12C で測定した。低温条件での X 線回折(XRD)は東北大金研の Rigaku XtaLAB Synergy を用いて測定した。示差走査熱量分析(DSC)は 93 K から 303 K の領域で 10 K/min の温度上昇率で測定した。

113 反射が消失している Ba を含むカルサイトが仮に動的無秩序状態にあったとすると、低温下では炭酸イオンが秩序化状態へ相転移する可能性がある。290 K で 113 反射が消失している Ba を含むカルサイトは、91 K でも 113 反射は現れず、低温条件でも無秩序状態を保持していることがわかった。DSC の結果からも、Ba を含むカルサイト中の CO_3 イオンが秩序状態から無秩序状態へ相転移するのに対応する吸熱ピークは観察されなかった。

^{13}C MAS NMR スペクトルは、Ba 濃度の増加に伴って系統的な化学シフトの変化を示し、カルサイト中の Ba イオンによる Ca イオンのランダムな置換と調和的な結果となった。Ca K-吸収端 XAFS スペクトルと赤外吸収スペクトルから、Ba 含有量の増加とともに CO_3 イオンの対称性が低下することが示された。本研究はカルサイトに不適合な Ba が取り込まれることによってカルサイト結晶内の局所構造が変化し、室温条件での CO_3 イオンの静的無秩序状態を引き起こされることを示した。

Keywords: amorphous calcium carbonate, barium, calcite, static disorder

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Portlandite $Ca(OH)_2$ からの炭酸カルシウム生成メカニズム

興野純, 長谷川拓紀, 岡田慧(筑波大学生命環境系)

Mechanism of calcium carbonate formation from portlandite $Ca(OH)_2$

Atsushi Kyono*, Hiroki Hasegawa, Satoru Okada
(Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba)

【はじめに】地球温暖化問題は, 人類の生存を脅かしかねない極めて深刻な地球環境問題である. 日本政府は, 国内の温室効果ガスの排出を 2050 年までに実質ゼロにする「2050 年カーボンニュートラル宣言」を発表している. この達成のためには, 二酸化炭素の排出量削減だけでなく, 吸収量を増加させる必要がある. 二酸化炭素吸収量の増加への取り組みの一つに, 二酸化炭素回収・貯留(Carbon dioxide Capture and Storage; CCS)がある. Portlandite $Ca(OH)_2$ は, 炭酸塩化反応 [$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$]によって, 大気中の二酸化炭素を炭酸カルシウムとして固定することができる代表的な物質の一つとして知られている. Portlandite の炭酸塩化は, 温度, 相対湿度(RH), CO_2 濃度, 表面積等が影響することが知られているが, portlandite の炭酸塩化には異なる反応プロセスが存在している可能性も示唆されている(Falzon et al. 2020). そこで本研究では, portlandite が炭酸塩化する過程で形成される炭酸カルシウムに着目して実験を行った.

【実験方法】Milli-Q 水を沸騰し脱気した後, N_2 ガスバブリングを 15 分間行った. 作成した脱炭酸水 100 ml を入れた三角フラスコに, $CaCO_3$(富士フィルム和光純薬)を900℃で 2 日間加熱し生成した酸化カルシウム(CaO)を入れ, フラスコ内を N_2 ガスで満たした後, ゴム栓をして 24 時間スターラーで攪拌した. 粉末 X 線回折(XRD)の結果, portlandite が形成されたことを確認した. 合成した portlandite は, CO_2 ガスを満たし RH を変えた(0%, 30%, 60%, 99%)デシケータ内に置き, 最長 3 週間 CO_2 ガスに晒した. 試料は, KEK-PF, BL8B にて放射光 XRD 測定を実施した.

【実験結果】粉末 XRD の結果を図 1 に示す. RH = 0%では 3 週間でも炭酸カルシウムは形成されなかった. 一方, RH = 30%では 2 日後に calcite が形成し, RH = 99%では 24 時間後に完全に calcite に変化していた. ところが, RH = 60%では, 12 時間後から calcite だけでなく, aragonite と vaterite の 3 相の回折ピークが確認された. これらは少なくとも 14 日間存続していた. 本研究の結果, RH に従って calcite の生成が促進されることが確認できたが, さらに, portlandite の炭酸塩化は RH = 60%のときには, RH = 30%, 99%のときとは異なる反応経路を示す可能性が示唆された.

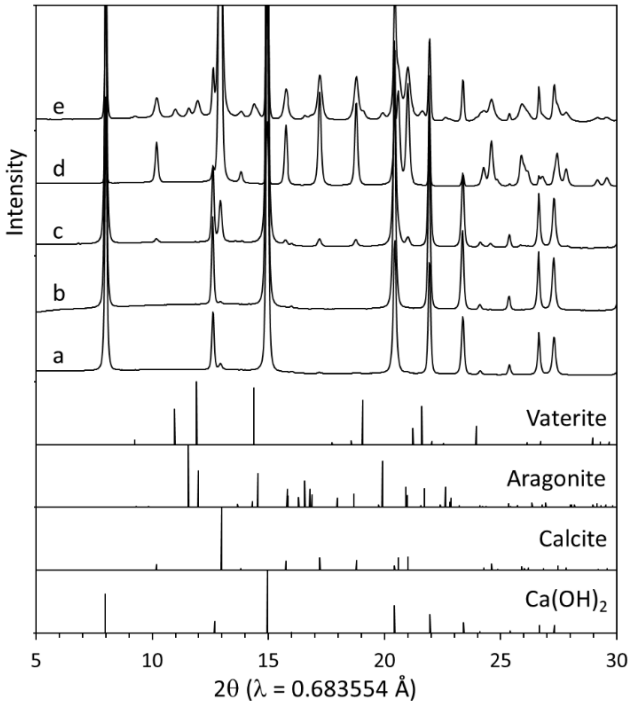


図 1. 放射光粉末 XRD パターン. (a)出発物質の portlandite および, (b) RH = 0%で 3 週間, (c) RH = 30%で 2 日間, (d) RH = 99%で 24 時間, (e) RH = 60%で 2 週間 CO_2 雰囲気に晒した portlandite.

Keywords: Carbon dioxide Capture and Storage (CCS), Portlandite, calcite, aragonite, vaterite
*Corresponding author: kyono@geol.tsukuba.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

準結晶の原子配列と結晶外形の可視化

門馬 綱一*（国立科博） 高倉 洋礼（北大工）

Visualization of crystal structures and morphology of quasicrystals

Koichi Momma* (NMNS), Hiroyuki Takakura (Hokkaido Univ.)

準結晶（quasicrystal）とは、並進周期性をもたず、したがって繰り返し単位としての単位格子もないが、原子配列に高い秩序性を有する物質である。5 回、8 回、10 回、12 回対称など、周期的結晶ではありえない対称性を有し、またアモルファスとも異なり離散的な回折図形を与える。1984 年に準結晶を発見したダン・シェヒトマン博士は 2011 年、ノーベル化学賞を受賞した。また、天然の鉱物としても、2011 に icosahedrite ($Al_{63}Cu_{24}Fe_{13}$)が、2015 年には decagonite ($Al_{71}Ni_{24}Fe_5$)が、いずれも隕石由来の粒子中に見つかっている。こうした準結晶の構造や結晶外形などを統一的に可視化するため、結晶構造、電子・核密度、結晶外形など3次元データの統合可視化システムである VESTA (**V**isualization for **E**lectronic and **ST**ructural **A**nalyses) を拡張した。

準結晶の構造表現にはいくつかの手法があり、たとえばペンローズ・タイリングは 2 種類の特定の菱形で規則的に平面を充填していくことで作成できる。同様にペンローズ・タイリングの 3 次元版である AKN タイリングも、2 種類の特定の菱形六面体（黄金六面体）で空間を充填することで作り出すことができ、準結晶の構造はそれらの菱形や菱面体を原子修飾したものとして表現できる。一方、次元を拡張し、5 次元や 6 次元空間における周期構造の 3 次元断面として表現することも可能であり、VESTA では後者の手法をとった。

従来、準結晶構造の可視化は一定範囲の原子位置を3次元の直交座標系に書き出してから行っていたが、可視化の時点では高次元対称性の情報が失われていた。また、高次元空間を用いた構造表現では、原子は点ではなく、物理空間と直交する補空間方向に大きさを持った立体(占有領域：occupation domain)であり、その立体と物理空間との交点に原子が現れるため、補空間の可視化や、補空間と物理空間を結びつけた可視化も必要である。そこで、VESTA 内部で 6 次元まで扱えるよう拡張し、高次元空間で記述された準結晶の構造情報を保持できるようにした。また、フェイゾン歪みを与えることで高次元結晶データから近似結晶データの導出も可能である。

準結晶の構造データは QUASI07_08 package の入力ファイル形式*.atm および*.pod から読み込む。準結晶の原子配列を広範囲にわたって導出するには、実際の 3 次元空間に見えている原子数より桁違いに多くの 5〜6 次元座標を計算し、物理空間との交差判定を行わなければならず、その計算時間を高速化するための最適化も行った。例えば、物理空間と占有領域の距離判定を早い段階で一度行い、一定以上距離が遠い占有領域については、その形状（頂点座標）の計算や物理空間との交差判定を省略することで、レスポンスを大幅に改善した。今後は、ユーザーインターフェースの拡張、補空間における占有領域の可視化などを実装し、次期バージョン VESTA4としてリリース予定である。

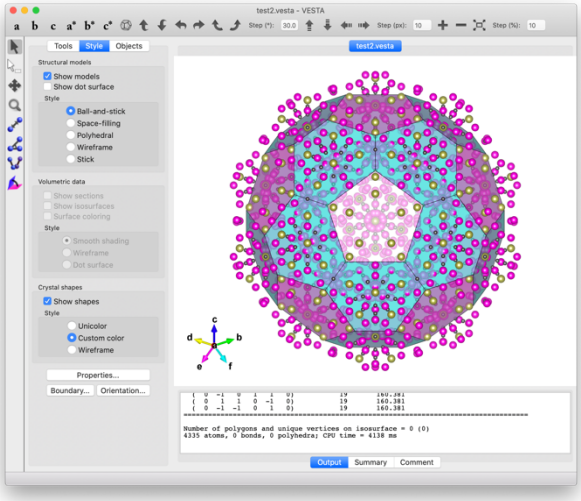


図.1: 仮想的な準結晶外形図に重ね合わせた Yb–Cd 正二十面体準結晶の原子配列。

Keywords: quasicrystal, aperiodic structure, VESTA

*k-momma@kahaku.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

アナンケオンに基づいた珪酸塩液体中の拡散機構の議論

則竹　史哉（山梨大・院総合）*

Discussion on the diffusion mechanism in silicate liquids based on anankeon

Noritake Fumiya*

Accurate knowledge of the diffusion mechanism of network-forming elements in silicate liquids is essential fort modeling transport properties such as the viscosity and diffusivity. In the silicate liquids, there are two structural components, one is the network consisting of corner-linked SiO4 tetrahedra, and another one is network-modifying cations such as alkali and alkali earth ions (Wright, 1998, J. Non-Cryst. Sol.). Previous studies focusing on diffusion of alkali elements in silicate liquids have revealed that alkali elements diffuse via thermal hopping event through diffusion pathway made of SiO_4 network (Horbach et al., 2001, Chem. Geol.; Noritake, 2017, J. Non-Cryst. Sol.). However, the elemental process of network-former diffusion left poorly understood.

In this study, I will discuss the diffusion mechanism of network forming elements in sodium silicate liquids using force-field molecular dynamics simulations. The main findings on this study is existence of local and rare long flight events, especially in acidic liquids. Oxygen atoms diffuse similar to a site exchange through the non-bridging oxygen state. However, the diffusion of silicon atoms is somewhat complicated. Silicon atoms diffuse via two process, one is rare/local long flight during bond-exchange event, and another is network deformation after a bond-exchange event. Adding to my previous work written above (Noritake, 2021, J. Non-Cryst. Sol.), I will discuss using anankeon. Anankeon is the conceptual particle represents excitation (or intermediate) state in bond-exchange event, and named after Greek goddess of fate, Ananke. Concept of anankeon successfully explain the deformation of simple glass and liquids, and formularization of viscosity (Bellissard and Egami, 2018, Phys. Rev. E). Anankeon in silicate liquids, its characteristics, and its relation with mechanical properties will be discussed.

Keywords: Silicate Liquids, Molecular Dynamics Simulations, Diffusion

*Corresponding author: fnoritake@yamanashi.ac.jp

Oral presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:00 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 3:00 AM UTC | B253 Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson:Keisuke Fukushi(Kanazawa Univ.), Tadashi Yokoyama(Hiroshima Univ.), Satoshi Utsunomiya(Kyushu Univ.)

[Chairperson]
Keisuke Fukushi: R4-01 - R4-04
Tadashi Yokoyama: R4-05 - R4-08
Satoshi Utsunomiya: R4-09 - R4-11

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

[R4-01] Surface diffusion analysis of hydroxide minerals experiencing dehydration by quasi-elastic neutron scattering

*Takuo Okuchi[1], Yuhei Umeda[1], Naotaka Tomioka[2], Yusuke Seto[3], Takeshi Yamada[4] (1. Kyoto Univ., 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metro. Univ., 4. CROSS Tokai)

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

[R4-02] Pore size dependence of the rates of water infiltration and air dissolution inside a rock

*Tadashi Yokoyama[1], Satoki Shintaku[3], Naoki Nishiyama[2] (1. Hiroshima Univ., 2. AIST, 3. Hiroshima Pref. Government)

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

[R4-03] Amorphous nanoparticles: clay minerals?

*Katsuhiro Tsukimura[1], Kazuko Manpuku[1], Yoko Miyoshi[1], Masaya Suzuki[1], Tetsuichi Takagi[1], Shin-ichiro Wada[2] (1. AIST, 2. Kyusyu Univ.)

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

[R4-04] Inhibition effects of polysaccharides on dolomitization at high temperatures

*Yang Wei[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

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

[R4-05] Contribution of organic molecules in plant opal to silica nanoparticle formation

Nozomu Yamazaki[1], *Jun Kawano[1], Noriaki Ozaki[2], Kyoto Miwa[3], Takaya Nagai[1] (1. Hokkaido Univ. Sci., 2. Akita Pref. Univ. Biol. Env., 3. Hokkaido Univ. Env. Sci.)

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

[3Lecture-201-11-6add] Break time

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

[R4-06] Relationship between morphology and crystal orientation in coccoliths analyzed by EBSD

*Toshihiro Kogure[1], Masayuki Utsunomiya[2] (1. Univ. Tokyo Sci., 2. GSJ, AIST)

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

[R4-07] Solubility of calcium carbonate hemihydrate : Implication for prediction of water chemistry of alkaline lakes

[Presentation award entry]

*Mai Suyama[1], Keisuke Fukushi[2], Takuma Kitajima[1] (1. Kanazawa Uni. Sci., 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

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

[R4-08] Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith
[Presentation award entry]

*Gen Takahashi[1], Taiga Okumura[1], Takayoshi Nagaya[1], Michio Suzuki [2], Toshihiro Kogure[1] (1. Univ. Tokyo, Sci., 2. Univ. Tokyo, Agri.)

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

[R4-09] Organic matter inclusions in magnetite crystals from BIF
[Presentation award entry]

*Tatsuro Manabe[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

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

[R4-10] Variation of aragonite axial ratios induced by Na substitution

*Taiga Okumura[1], Michio Suzuki[2], Toshihiro Kogure[1] (1. Univ. Tokyo Sci., 2. Univ. Tokyo Agric. Life Sci.)

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

[R4-11] Precipitation of dolomite induced by halophilic bacteria: influence of Mg2+, Ca2+, and HCO3- concentrations

*Maho Hasegawa[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

水酸化鉱物の脱水時に起こる表面拡散の中性子散乱解析

奥地 拓生[1]*，梅田 悠平[1]，富岡 尚敬[2]，瀬戸 雄介[3]，山田 武[4]
([1]京都大複合研，[2]海洋研究開発機構，[3]大阪公立大，[4]総合科学研究機構)

Surface diffusion analysis of hydroxide minerals experiencing dehydration by quasi-elastic neutron scattering

Takuo Okuchi[1]*, Yuhei Umeda[1], Naotaka Tomioka[2], Yusuke Seto[3] and Takeshi Yamada[4]
([1]Kyoto Univ., [2]JAMSTEC, [3]Osaka Metro. Univ., [4]CROSS Tokai)

We previously demonstrated that quasi-elastic neutron scattering is uniquely effective for analyzing hydrogen dynamics in hydrous minerals. In this study, the method is applied for partially-dehydrated hydroxide minerals at high temperatures. Defect-related enhancement of surface diffusion of hydrogen is observed, especially in the partially-dehydrated $Mg(OH)_2$ which is made of nanometer-sized particles.

含水鉱物の結晶構造においては、共有結合と水素結合の働きによって、動きやすい水素イオンが巧みに保持されている[1]。一方で含水鉱物の脱水分解の際には、水酸基の結合配向方向の切り替わりや、欠陥を残した水素イオンの跳躍など、水素イオンの多様で活発なダイナミクス（局所的な移動の現象）が出現する[2,3]。この水素のダイナミクスは、脱水分解のカイネティクスや分解後の組織の形成、および水素イオンの伝導現象などに影響を与えると考えられる重要な現象である。そ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、我々はこれまでの研究で示してきた[2,3]。

ダイナミクスを示す水素による中性子非弾性散乱の強度を、波数と運動エネルギーの遷移値の関数として計測することで、水素の局所的な空間分布が時間軸上でも変化する現象を捉えられる。このような散乱の二次元的な解析により、水素が結晶構造中を振動、回転拡散や並進拡散する際の移動の距離と跳躍（緩和）時間を併せて求めることが可能になる。ここで復元力のある振動は、計測法としては似る部分もあるが、復元力のない回転拡散や並進拡散とは得られる散乱の形態が異なる。一般的には後者つまり準弾性の計測には前者よりも高いエネルギー分解能が必要であり、その分だけ信号雑音比が減少するなどの理由で良い計測が難しくなる。J-PARC MLF の高エネルギー分解能非弾性分光器 DNA の性能を充分に活かすことで、この準弾性散乱の計測が実現される。

以上の背景を踏まえ、本研究では脱水分解を比較的引き起こしやすい $Mg(OH)_2$ とγ-$Al(OH)_3$ を対象として、脱水の途中で出現する新たな水素のダイナミクスの検出と解析を試みた。$Mg(OH)_2$ 試料には粒径 0.07 μm の微粒子を選択した。一方でγ-$Al(OH)_3$ 試料には粒径 100 μm 程度の粗粒子を選択した。各試料を脱水分解が完全に終了する温度より 10～50 ℃だけ低い温度で数時間保持して、それぞれの部分的な脱水を引き起こした後に、結晶中に残された水素の準弾性散乱を温度を変えて計測した。その結果、両者ともに準弾性散乱強度の増加がみられ、特に $Mg(OH)_2$ の微粒子においては脱水前からの顕著な強度の増加と緩和時間の減少が計測された。これらの結果は、微粒子の表面付近での多量の欠陥の生成に起因する水素ダイナミクスの発現として統一的に理解することができる。講演ではこのような脱水時に新しく現れるダイナミクスの特徴を詳しく議論するとともに、脱水前の欠陥のない $Mg(OH)_2$ のダイナミクス[2,3]との差異に関する比較検討を行う。

謝辞：本研究は科研費（21H04519）の助成を受け、J-PARC MLF 長期課題（2018L0200）の一部として行われました。

[1] Purevjav, Okuchi *et al*. (2020) IUCrJ, 7, 370.
[2] Okuchi *et al*. (2018) J. Appl. Cryst. 51, 1564.
[3] 奥地拓生 (2021) 日本結晶学会誌, 63, 129.

Keywords: hydrous minerals, hydrogen dynamics, dehydration, quasi-elastic neutron scattering.

*Corresponding author: okuchi@rri.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岩石内部の水の浸潤と空気の溶解の速度の間隙径依存性

横山　正*（広大）・新宅郷生（広島県庁）・西山直毅（産総研）

Pore size dependence of the rates of water infiltration and air dissolution inside a rock

Tadashi Yokoyama* (Hiroshima Univ.), Satoki Shintaku (Hiroshima Pref. Government), Naoki Nishiyama (AIST)

岩石・鉱物と水との相互作用の速度やメカニズムを考える上で，岩石内部に水がどのように浸潤するかの理解は基本となる。地表付近では，断続的に降水，乾燥，排水が生じる結果，間隙中は水と空気が混在した状態になる。岩石中には一般にさまざまなサイズの間隙が存在し，それぞれのサイズの間隙が水で満たされる割合は，岩石内部を水が流れる時間の増大と共に上昇していく。本研究では，岩石への水の浸潤に伴い，どのサイズの間隙がどのような順序で水で満たされているかを調べた。

実験には，ほぼ石英のみからなるフォンテーヌブロー砂岩を用いた。試料の主な間隙半径は数μm～数十 μm であり，半径約 10 μm の間隙が卓越する。この岩石のコアの側面を樹脂でシールして実験用試料とした。試料を透水試験装置に設置して一定水頭差下で水を流し，ときどき試料を取り出して全体の水飽和率（間隙中を水が満たす割合）を確認し，水飽和率を 63～100%の間で調節した。その後，各水飽和率において，間隙半径毎の水の量を測定した。この測定に用いた「水押し出し法」では，試料の下面にガス圧をかけて，上面に水を押し出す。水が押し出される間隙の半径 r と，かけるガス圧（大気圧との差圧ΔP）との間には，$\Delta P = 2\gamma\cos\theta/r$（式 1）の関係がある（$\gamma$ は界面張力，接触角 θ は 0 と仮定）。したがって，段階的にΔP を上昇させて，各段階で押し出された水の量を測定することで，各間隙径毎の水の量がわかる[1]。

実験の結果，水を流しはじめるとすぐにどの間隙径にもある程度の量の水が入り，全体の水飽和率は 63%になった。その後，全体の水飽和率が上がるにつれて，先に細い間隙が水で満たされ（細い間隙中の空気が先に消滅する），遅れて太い間隙も水で満たされていく傾向がみられた。間隙中の空気の多くは，周囲の水に“トラップ”された状態で存在する。細い間隙中の空気が先に消滅する理由として，間隙が細いほど強い毛管圧が生じるため（式 1 と同様の関係が成立），トラップされた空気の内圧が高くなり[2]，結果として，細い間隙中の空気ほど間隙を流れる水（大気と平衡）への溶解度が上がり空気の溶解速度も大きくなったと考えられる。

Keywords: Pore size, Infiltration, Entrapped air, Capillary pressure

*Corresponding author: t-yokoyama@hiroshima-u.ac.jp

References

[1] Nishiyama and Yokoyama (2012) *Water Resources Research*, **48**, W09556

[2] Nishiyama and Yokoyama (2013) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **122**, 153-169

非晶質ナノ粒子は粘土鉱物か？

月村勝宏[1]、万福和子[1]、三好陽子[1]、鈴木正哉[1]、高木哲一[1]、和田信一郎[2]

Amorphous nanoparticles: clay minerals?

K. Tsukimura*, K. Manpuku, Y. Miyosi, M. Suzuki, T. Takagi, S. Wada, S

国際粘土学会と米国粘土学会の傘下にある命名委員会は、「粘土鉱物」を「可塑性および高温で固まる性質の原因となっている層状ケイ酸塩鉱物およびその他の鉱物」と定義している。主要な粘土鉱物は層状ケイ酸塩鉱物だとほとんどの粘土の研究者は考えている。ここでは、粘土の可塑性の原因となっている物質は、層状ケイ酸塩鉱物ではなく、非晶質ナノ粒子であることを検証する。

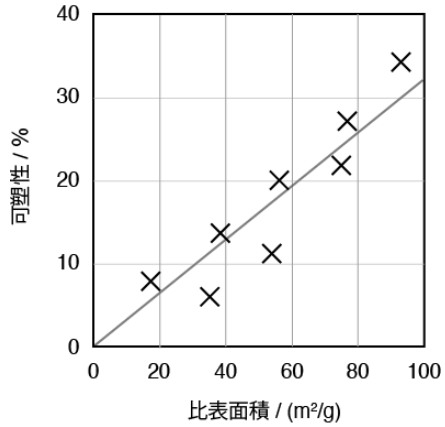
図１は粘土の可塑性は比表面積に比例していることを示している。ここでは、比表面積が非晶質ナノ粒子量に比例するかを、カオリン、ベントナイト、土壌・堆積物に分けて検討した。その結果、比表面積が非晶質ナノ粒子量に比例すること、すなわち可塑性が非晶質ナノ粒子量に比例することがわかった。

カオリンの可塑性や水分量や比表面積が非晶質ナノ粒子量に比例することを示す（図２）。非晶質ナノ粒子量が多い木節粘土と蛙目粘土は可塑性が高いために陶磁器原料となっているが、非晶質ナノ粒子量が少ないジョージアカオリンと関白カオリンは可塑性が低いために化粧品や紙のコーティングに使用されている。非晶質ナノ粒子量は、比表面積や水分量と比例している。

ベントナイトでも、比表面積は非晶質ナノ粒子量と比例する。なお、ベントナイト中の水分量はナノ粒子量と比例しない。それはベントナイトではナノ粒子だけでなくスメクタイトの層間にも水分を含むからだ。

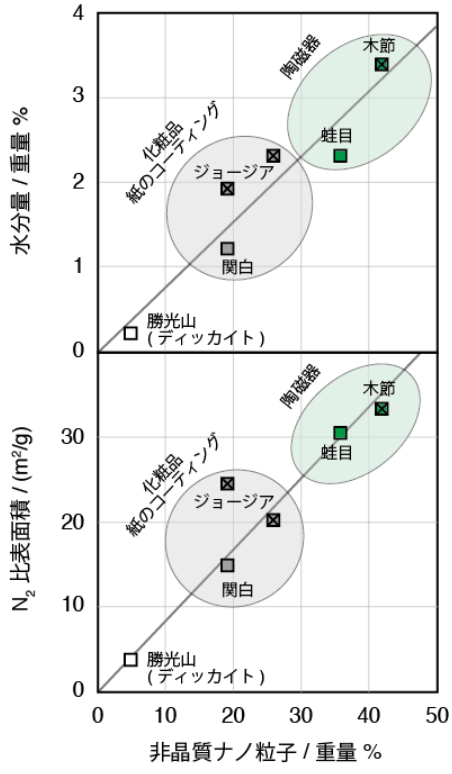
以上から、非晶質ナノ粒子が粘土の可塑性の原因となっていると言える。したがって、層状ケイ酸塩鉱物よりも、非晶質ナノ粒子を粘土鉱物と呼ぶ方が相応しいように思える。

図１　比表面積 vs.可塑性



LeFever, E. W. J. (1966) Soil plasticity dependency on surface area. Doctor of Phylosophy Ph.D Thesis, Oklahoma State University.

図２　カオリンの水分量と比表面積：非晶質ナノ粒子量の関数として



Inhibition effects of polysaccharides on dolomitization at high temperatures

Yang Wei, Hiromi Konishi*(Department of Geology, Niigata University)

The 'Dolomite Problem' is undoubtedly one of the most confusing yet interesting puzzles in geology. As a common carbonate mineral, dolomite has been abundantly developed in numerous ancient sedimentological and diagenetic settings, but is rarely deposited in modern marine sedimentary environments, and is hard to synthesize at low temperatures under seawater conditions in the laboratory. In the available laboratory studies, ordered dolomite can only be formed by hydrothermal experiments at high temperatures, which suggests that the dolomite formation is likely a kinetically controlled process. Recently, the microbial model for dolomite formation has been popular. It has been suggested that microbial activity can serve as the key to overcoming kinetic barriers to promoting dolomite precipitation. However, to date, there are no convincing examples of microbial dolomites from laboratory work that can be widely accepted.

The effect of dissolved polysaccharides (carboxymethyl cellulose and agar) on dolomite precipitation at 200 ℃ was investigated in this research and the results of our experiments demonstrate that the transition from calcite to dolomite is inhibited in polysaccharide-bearing solutions. The decomposition products of polysaccharides will adsorb onto the reaction interface, and thus prevent dissolution and precipitation processes. This indicates that microbial activity is not always favorable for dolomite formation in certain conditions.

Keywords: dolomite problem, polysaccharides, dolomitization

Corresponding author: hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

プラントオパールに含まれる有機分子のシリカナノ粒子形成への寄与

山崎望（北大院理）・川野潤*（北大院理）・尾崎紀昭（秋田県立大生物資源）・
三輪京子（北大院環境）・永井隆哉（北大院理）

Contribution of organic molecules in plant opal to silica nanoparticle formation

Nozomu Yamazaki (Hokkaido Univ.), Jun Kawano* (Hokkaido Univ.), Noriaki Ozaki (Akita Pref. Univ.),
Kyoko Miwa (Hokkaido Univ.), Takaya Nagai (Hokkaido Univ.)

【はじめに】イネ科植物は、含水非晶質シリカ $SiO_2 \cdot nH_2O$ を多量に集積することが知られており、ストレス耐性の向上や光合成促進の効果を獲得していると考えられている。これらの非晶質シリカはプラントオパールと呼ばれ、根に存在するトランスポーターを介して能動的に取り込まれた土壌中のケイ酸分子が、水とともに輸送された先で重合を繰り返して固化したものである。従来、このケイ酸重合は蒸散に伴う組織中のケイ酸濃度上昇によって進行すると考えられてきた。近年、イネ科ソルガムからケイ酸重合活性を示す Slp1 タンパク質が発見され、イネ科植物においても有機分子の関与するシリカ形成プロセスの可能性が示唆されるようになったが、そのような有機分子がどのようにシリカ形成に関与しているかはいまだ不明である。本研究では、Slp1 タンパク質中のケイ酸重合活性を示すペプチド（以下 Slp1 ペプチド）を用いて合成したシリカについて、分子構造解析や微細構造観察を行い、イネ科植物中のケイ酸重合過程における有機分子の働きと、形成されるシリカの特徴を明らかにすることを目的とした。

【実験手法】Slp1 ペプチドとケイ酸溶液、リン酸緩衝液を、pH およびケイ酸濃度を実験ごとに変えて混合し、含水非晶質シリカの合成を行なった。得られた析出物は遠心分離で回収し、純水で洗浄したのちに 40℃で乾燥した。また Slp1 ペプチドの活性を確認するために、Slp1 ペプチド中の塩基性アミノ酸リシンを中性アミノ酸アラニンに置換したペプチドを添加した条件と、有機分子を添加しない条件でも合成を行った。合成試料は電界放出形走査型電子顕微鏡（FE-SEM）による微細構造観察を行うとともに、顕微赤外分光分析（顕微 FT-IR）により分子構造の解析を行った。

【結果と考察】Slp1 ペプチドによるシリカの析出には pH 依存性があり、反応溶液の pH が 6~9 のとき、混合直後から析出が始まるのが確認された（ケイ酸 24.4 mM, ペプチド 1 mg/mL）。pH が 6~8 の条件では、実際のプラントオパールにも見られるようなナノ粒子が形成されたのに加え、pH の上昇に従い粒子径が小さくなる（最大 600 nm、最小 50 nm 未満）ことが確認された。pH 8~9 では塊状の析出物が得られ、ナノ粒子は観察されなかった。

FT-IR を用いて析出物の赤外分光測定を行い、Si-O 結合に起因する 1000~1300 cm^{-1} の範囲の吸収ピークから SiO_4 四面体の四員環/六員環比を計算した結果、pH 6~8 で形成するナノ粒子析出物の四員環割合は約 75%でほぼ一定となり、pH 8~9 で形成する塊状析出物や Slp1 ペプチドを添加せずに合成した試料よりも高い値を示した。この結果は、植物由来の有機分子により、形成するシリカ構造に明確な重合促進の特徴が現れることを示したものであり、このようなシリカの特徴は、プラントオパール形成における有機物の関与を裏付ける際の着目点の一つとなり得る。

Keyword: plant opal, silicification
*Corresponding author: j-kawano@sci.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson:Keisuke Fukushi(Kanazawa Univ.), Tadashi Yokoyama(Hiroshima Univ.), Satoshi Utsunomiya(Kyushu Univ.)
Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:00 PM B253 (Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F)
[Chairperson]
Keisuke Fukushi: R4-01 - R4-04
Tadashi Yokoyama: R4-05 - R4-08
Satoshi Utsunomiya: R4-09 - R4-11

10:15 AM - 10:30 AM

[3Lecture-201-11-6add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

EBSDによるココリス中方解石の結晶方位解析

小暮敏博[*1]，宇都宮正志[2]（1.東大・院理、2.産総研・地調）

Relationship between morphology and crystal orientation in coccoliths analyzed by EBSD

Toshihiro Kogure[*1] and Masayuki Utsunomiya[2] (1. Univ. Tokyo, 2. GSJ, AIST)

Analysis of the relationship between morphology and crystal orientation in coccoliths, calcified scales formed by coccolithophores, is important to discuss their biomineralization process and evolutional history as a nannofossil. Previously we demonstrated that electron back-scattered diffraction (EBSD) with high-resolution scanning electron microscopy (SEM) was effective for the analysis (e.g., Saruwatari et al., 2006). In the present study, we applied this technique to placolith-type hetero coccoliths of *Umbilicosphaera* species including extinct and extant ones. It was found that extant *U. sibogae* and *U. foliosa* have similar crystal orientation of calcite (V-unit) forming the distal shield but extinct *U. patera* which is considered as their most recent ancestor definitely has different orientation.

単細胞の植物プランクトンである円石藻がその細胞表面につくる直径数μmのココリス（coccolith、円石）は、有機質の基板（base plate）とその周囲に形成された複数の方解石結晶で構成され、種に独特の形態をもっている。その形態と方解石との結晶方位との関係は、生体鉱物としての結晶形成機構や有用な示準化石としてのココリスの進化系統を論じるための有益な情報と考えられる。以前我々はココリスの形態と結晶方位との関係を解析するために SEM 内の電子後方散乱回折（EBSD）解析が有効であることを示した（Saruwatari et al., 2006）。その後 EBSD は岩石などの多結晶試料の結晶方位解析手法として広く普及したが、このような微小な無研磨試料への応用はあまり見られない。今回の研究では円石藻 *Umbilicosphaera* 属の進化系統に連なった円錐台の形状をもつ複数のココリスについて、その錐面を構成する方解石（V-unit）の結晶方位を決定し、その形態との関係や種間の差異について考察した。

試料はインド洋で採取された石灰質軟泥コアのいくつかの層準から採取されたココリスで、純水に分散させ軟泥を、Au-Pd 膜を形成した<001>方位のシリコン基板上に滴下し、乾燥後カーボン膜を形成して SEM-EBSD 分析に供した。SEM は cold-FE 電子銃をもつ Hitachi S-4500 で、高解像度の形態観察は 2kV で行い、EBSD 測定は 20 kV で行なった。EBSD パターンは Noran PhaseID を用いて記録し、その方位解析は自作のプログラム（Kogure, 2003）で行なった。最後にココリスを形成する全方解石の結晶方位がココリスの中心軸について対称であると仮定して、基板に対するココリスの傾きを Excel の Solver で決定して結晶方位を補正した。

70°傾斜の基板に乗ったココリス中の方解石結晶は～0.3 μm 程度の大きさであるが、最適な分析箇所を選べば結晶方位解析が十分可能な EBSD パターンを取得することができた。その結果、現生種の *U. sibogae* と *U. foliosa* ではその形態がかなり異なっているがほぼ同一の結晶方位をもつ一方、この２つに最も近い祖先種と考えられる絶滅種の *U. patera* では錐面を構成する{104}面の仰角が 10°程度小さくなっており、形態的な違いの主因となっていることが明らかとなった。

Keywords: coccolith, calcite, crystal orientation, EBSD

*Corresponding author: kogure@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

炭酸カルシウム 1/2 水和物の溶解度 :アルカリ塩湖水質への示唆

酢山真衣，福士圭介，北島卓磨（金沢大）

Solubility of calcium carbonate hemihydrate : Implication for prediction of water chemistry of alkaline lakes

Mai Suyama*, Keisuke Fukushi, Takuma Kitazima (Kanazawa Univ.)

炭酸カルシウムは無水炭酸カルシウムのカルサイト、アラゴナイト、バテライト、含水炭酸カルシウムのモノハイドロカルサイト(MHC, $CaCO_3 \cdot H_2O$)、イカイト($CaCO_3 \cdot 6H_2O$)、非晶質炭酸カルシウム(ACC)の 6 種類に分類される。これらに加え、近年、Zou et al. (2019)にて炭酸カルシウム 1/2 水和物 (Calcium carbonate hemihydrate: CCHH, $CaCO_3 \cdot 1/2H_2O$)が合成された。CCHH は未だ天然環境では未発見であるが、その存在可能性を検討し、役割を予測することは地球の炭素循環への理解に貢献すると考えらえる。本研究では天然環境を模した条件で CCHH の生成を試み、鉱物学的・地球化学的性質を調査することで CCHH の自然界における存在可能性を検討する。

自然界における存在可能性を検討する上で、水環境と CCHH の関係を比較するための指標として「溶解度」が挙げられる。物質に固有の溶解度と天然環境のイオン活量積を比較することで、その場に存在している可能性のある物質を推定することができる。そこで本研究は CCHH の溶解度を実験的に明らかにすることを目的とする。

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 が生成し 2 時間以内に MHC へと転移することを示している。我々の予察的研究では、初期溶液条件によって CCHH の変質速度が異なることが検証された。そこで、多様な初期濃度・時間条件で CCHH の生成を試みた。その中でも、支配的かつ安定的に CCHH が生成した試料を選択し、それらの液相を分析することで溶解度を求めた。

ポリプロピレン容器中で Ca-Mg-CO_3水溶液を作成し 25℃で撹拌した。撹拌時間 60 分で固定し濃度変化をさせる実験、濃度を固定し撹拌時間を 20 分～数時間とした実験の 2 パターンを行った。撹拌後はpHを測定した後、減圧濾過により固相と液相に分離した。固相は粉末 X 線回折分析にかけて生成物の同定を行った。液相は 30mL 抽出してアルカリニティィ滴定を行い、残りは誘導結合発光プラズマ分析によって Ca、Mg、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、スペシェーション計算を行うことで各種の活量を計算した。なお、スペシェーション計算では熱力学データベース "thermo.com.v8.r6 +.dat"を使用した。

溶解度は物質ごとに固有の値をとり、カルサイト、アラゴナイト、バテライト、MHC、イカイト、ACC の溶解度の対数表記はそれぞれ-8.48, -8.34, -7.91, -7.65, -6.58, -6.3 である。CCHH の生成速度は初期濃度条件によって様々であるため、本研究で反応実験を行った各バッチは平衡に至っているものも至っていないものもあるはずである。熱力学的な観点では過飽和な溶液が平衡に向かう場合、イオン活量積は必ず下がる方向に向かう(Fukushi and Matsumiya, 2018)。生成物に CCHH が認められたバッチの中でもイオン活量積の低い複数の試料が CCHH の溶解度積を表現している可能性が高い。これらのイオン活量積から算出した溶解度積は ACC の溶解度積よりも小さく、MHC よりも大きいため、Zou et al. (2019)にて 認められた安定関係とも調和する。

これまでに、Fukushi and Matsumiya (2018)はアルカリ湖の水質を MHC が制御していることを明らかにした。彼らの示したアルカリ湖のイオン活量積の下限は MHC の溶解度と一致しているが、MHC の溶解度よりやや高いイオン活量積-7.00 付近にも水質データ群が確認できる。このデータ群は本実験で求めた CCHH の溶解度とほとんど一致する。ゆえに、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可能性が挙げられる。

Keywords: Calcium carbonate hemihydrate, precursor, solubility, Ion activity products, alkaline lakes
Corresponding author: mai_1910_s@stu.kanazawa-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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），永冶方敬（東大・院理）
鈴木道生（東大・院農），小暮敏博（東大・院理）

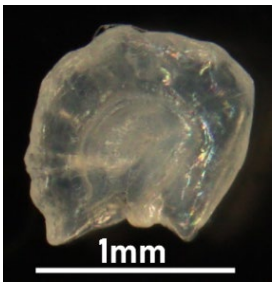
Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

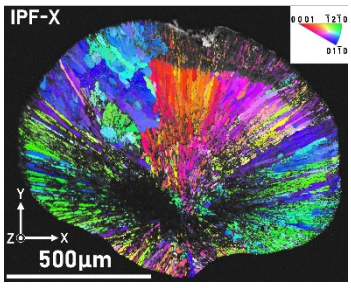
Gen Takahashi (Univ. Tokyo, Sci) *, Taiga Okumura (Univ. Tokyo, Sci), Takayoshi Nagaya (Univ. Tokyo, Sci)
Michio Suzuki (Univ. Tokyo, Agri.) and Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo, Sci)

Bony fishes have three kinds of otoliths, and generally they adopt different crystal polymorphs: lapillus and saggita adopt aragonite, and asteriscus adopts vaterite. Otolithic vaterite was analyzed mineralogically and compared with synthesized ones. There was no significant difference between them in the XRD peak positions and phase transition temperature measured by TG-DTA. Moreover, EBSD and TEM analyses revealed similar crystallographic aspects: mosaic-like crystallographic feature and preferential crystal growth along the $\boldsymbol{a}_i$-axes.

一般的な硬骨魚類には礫石、扁平石、星状石と呼ばれる 3 種類の耳石があるが、礫石と扁平石は aragonite、星状石は vaterite というように異なる結晶多形をもつことが多い。しかし、星状石で準安定相の vaterite が形成され、その後も安定に存在し続ける機構はわかっていない。本研究では星状石における vaterite の形成機構を解明するため、その結晶学的特徴を調べた。

試料には入手しやすい金魚(*Carassius auratus*)の星状石を使用し、また比較のため無機的に合成された vaterite の分析も行った。解析のための vaterite の構造には Kamhi (1963)による平均構造（$P63/mmc, a = 4.13, c = 8.49$ Å）を用いた。まず、これらの試料の粉末 X 線回折（XRD）と熱重量分析（TG-DTA）を実施した。星状石の 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 と比べ違いは見られなかった。金魚の星状石は概ね円盤状の形をしているが(図 1)、その円周を含む面で薄片を作製し、偏光顕微鏡による観察及び電子後方散乱回折（EBSD）による結晶方位測定を行ったところ、金魚の星状石を構成する vaterite は中心から放射状に伸長し、その伸長方向は概ね vaterite の $\boldsymbol{a}_i$ 軸のひとつであるという特徴が見られた。またこの放射状の構造は少しずつ $\boldsymbol{a}_i$ 軸の方向が異なった幅 10μm 程度のドメインによって構成されていることがわかった(図 2)。さらに、このドメインの一部から FIB によって超薄切片を作製し TEM 観察を行なったところ、0.5～3μm 程度の幅の小角粒界によって区切られたより小さな単結晶から構成されていることが明らかになった。これらの特徴を無機的に合成された円盤状の vaterite と比較したところ、結晶が $\boldsymbol{a}_i$ 軸方向へ伸長する点や微結晶のモザイク構造である点が共通しており、結晶成長という観点では、星状石を構成する vaterite はそれ自身がもつ結晶学的特徴に従って成長していると考えられた。





(左)図 1: 金魚星状石の光顕写真
(右)図 2: 金魚星状石薄片の EBSD マッピング

Keywords: biomineralization, calcium carbonate, vaterite, otolith

*Corresponding author: gen_takahashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

BIF に産するマグネタイト粒子中の有機物インクルージョン

Organic matter inclusions in magnetite crystals from BIF

眞鍋達郎・小西博巳（新潟大学理学部）

Tatsuro Manabe and Hiromi Konishi (Niigata University)

縞状鉄鉱床 (banded iron formation, BIF) に産する，二価の鉄を含む鉄鉱物は，有機物との酸化還元反応により生成した可能性がある．BIF 中の有機物を認識することは，BIF の形成への微生物活動の関与を理解するうえで重要である．本研究では南アフリカ Barberton Supergroup，Moodies Group (~3.2 Ga) に産する BIF 試料の観察を行い，マグネタイト 粒子内にみられる有機物の分析を行った．

観察した BIF 研磨試料はシリカのマトリクス中に，マグネタイト，ヘマタイト，ゲーサイト の鉄酸化物がレイヤーを形成している．自形のマグネタイト内部は空隙が多く，SEM-EDS 分析によりカーボンが多く検出された．

マグネタイトのコアの分析点のラマンスペクトルは，マグネタイトのバンドに加え，フェリハイドライト，熱分解した有機物の特徴を有する．スペクトルの First order region (1100-1800 cm^{-1}) において，1340 cm^{-1} のバンド(D1 band) が 1575 cm^{-1} のバンド (G) より小さい特徴は低熟成のケロジェンや green schist facies 以下の炭質物にみられる [2,3]．D1，G バンドに対し，1440，1200 cm^{-1} のバンドが大きくみられ，脂肪性の炭化水素を残していることを示唆する [3]．1440 cm^{-1} のバンドが明らかなときに，875 cm^{-1} のバンドもみられ，これはリン脂質の構造 [$N(CH_3)_3$] を示す可能性がある．Second order region (2200-3400 cm^{-1}) は 単一のブロードなバンドとしてみられ，低熟成の有機物の特徴を示す．マグネタイトのコアが有機物との混合物として形成したことが考えられる．

[1] Spötl et al. (1998) A combined petrographic and Raman spectrometric study, 28, 535–542.
[2] Yui et al. (1996) Journal of Metamorphic Geology, 14, 115–124
[3] Henry et al. (2019) Earth-Science Reviews, 198, 102936.

Keywords: BIF, magnetite, organic matter, Raman spectroscopy
*Corresponding author: hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Na 置換によるあられ石の軸率変化

奥村 大河*（東大・院理），鈴木 道生（東大・院農），小暮 敏博（東大・院理）

Variation of aragonite axial ratios induced by Na substitution

Taiga Okumura* (Univ. Tokyo Sci.), Michio Suzuki (Univ. Tokyo Agric. Life Sci.),
Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo Sci.)

Some biogenic aragonites possess larger axial ratios (*a*/*b* and *c*/*b*) than abiotic counterparts. To verify the hypothesis that Na^+ incorporation alters the axial ratios of aragonite, we synthesized aragonites *in vitro* in the presence of Na^+. The synthetic aragonites were obtained by mixing $MgCl_2$, $CaCl_2$, and Na_2CO_3 with different concentrations of NaCl. When the NaCl concentration was lower, aragonites exhibited euhedral columnar shapes and their axial ratios were comparable with those of abiotic ones. However, in the case of higher NaCl concentrations, synthesized aragonites became granular and showed higher axial ratios. The axial ratios decreased by heating at 250°C probably by the diffusion and segregation of Na^+ from the crystal lattice of aragonite. These synthetic experiments confirmed that the variation of the axial ratios in biogenic aragonites is caused by the substitution of Ca^{2+} by Na^+.

一部の生物起源あられ石では、無機的に形成されたあられ石とは格子定数が異なることが知られている。Pokroy *et al.* (2007)は海水生貝類の貝殻 3 種を非生物起源あられ石と比べ、直方晶系（*Pmcn*）における *a* 軸と *c* 軸が長く、*b* 軸が短いことを報告した。またこうした軸率の違いが加熱処理によって解消することから、結晶内に含まれる有機分子に起因する格子歪みが原因であると提唱した。しかし Okumura *et al.* (2018)では、非生物起源のあられ石（鉱物及び合成），陸生貝類の貝殻，淡水生貝類の貝殻，汽水生貝類の貝殻，海水生貝類の貝殻のあられ石について調べ、非生物起源 ≈ 陸生 < 淡水生 < 汽水生 < 海水生の貝殻の順で軸率（*a*/*b* および *c*/*b*）が大きい傾向を見いだした。また軸率の増大は Na の含有量と相関することから、生物起源あられ石における格子定数変化は Na^+による Ca^{2+}の置換が原因であると考えられた。本研究では、Na 置換が軸率の変化を起こすことを確かめるため、Na イオン存在下において *in vitro* であられ石を合成し、形成された結晶の格子定数を調べた。

合成実験では、まず NaCl，$MgCl_2$，$CaCl_2$ を含む水溶液と Na_2CO_3 水溶液を室温で混合し、24 時間撹拌した。$MgCl_2$，$CaCl_2$，Na_2CO_3 の初期濃度はそれぞれ 50，10，10 mM に調製し、NaCl は 0，92.4，462，667，1078，1694，2310 mM の 7 種類の濃度で実験を行った。析出物を純水およびエタノールで洗浄し、室温で乾燥することで結晶を得た。粉末 X 線回折（XRD）を用いて得られた結晶の結晶相および格子定数を調べ、走査電子顕微鏡（SEM）で結晶形態観察と組成分析を実施した。

XRD の結果から、得られた結晶はすべてあられ石で構成されていることが確認された。SEM 観察を行うと、NaCl 濃度が低い場合はあられ石の自形である柱状を呈したが、高い場合は粒状の結晶が見られた。格子定数から軸率を求めると、NaCl 濃度が 462 mM 以下の場合は陸生や淡水生の貝殻と同程度であったが、667 mM 以上の場合は汽水生や海水生の貝殻に近く軸率が大きかった。また軸率の上昇と Na 含有量には相関が見られた。合成した結晶を電気炉で 250°C まで加熱し、再度 XRD により格子定数を測定すると、非生物起源あられ石と同等な値に戻った。これは結晶中に固溶していた Na が加熱により拡散し、結晶格子から抜けたためと考えられる。以上のように、*in vitro* での合成実験からも生物起源あられ石に見られる特徴的な軸率変化は Na^+による Ca^{2+}の置換が原因であることが示唆された。これに伴う電荷の補償については、Cl の含有量は非常に低いことから、重炭酸イオンや空孔の導入の可能性が考えられる。

Okumura et al. (2018) On the transition temperature to calcite and cell lengths for various biogenic aragonites, *Biomineralization* 3–10.
Pokroy et al. (2007) Atomic structure of biogenic aragonite. *Chem. Mater.* 19, 3244–3251.

Keywords: Aragonite, Sodium, Lattice constant, Axial ratio, Synthetic experiment
*Corresponding author: okumura@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

好塩性細菌によるドロマイト沈殿と Mg^{2+}, Ca^{2+}, HCO_3^-濃度の影響

Precipitation of dolomite induced by halophilic bacteria: influence of Mg^{2+}, Ca^{2+}, and HCO_3^- concentrations

長谷川舞帆（新潟大・院自然），小西博巳*（新潟大・理）
Maho Hasegawa and Hiromi Konishi* (Niigata University)

炭酸塩鉱物の一種であるドロマイト［$CaMg(CO_3)_2$］は，地質時代の堆積岩類に多量に産する．ところが現在の地球表層環境では，形成場所は塩湖やメタン湧水帯など一部地域に限られている．また、地球表層環境の条件での合成は難しい．このパラドックスは、ドロマイト問題と呼ばれている．近年、バクテリア媒介による生成モデルが提案されている．これは，バクテリアの代謝活動や生成物によってドロマイト形成が促進されるというモデルである．

本研究の目的は，バクテリア媒介による生成モデルに焦点を当て，どの程度海水に近い条件でバクテリア媒介によりドロマイトが沈殿するかを検証することである．塩湖やメタン湧水帯の水分が海水由来であることを考慮し，海水組成を基準として実験を行った．メタン湧水帯のドロマイトから分離された *H. kuroshimensis*、*H. profundi* とこれらに系統的に近い合計 7 種の *Halobacillus* 属の好塩性細菌および *Halomonas meridiana* を用いて培養実験を行い，沈殿物の結晶相や Mg 含有量を評価した．

寒天培地による培養実験を行い, 生成物を XRD でキャラクタリゼーションした．培地組成は人工海水をベースとし，Ca^{2+}，Mg^{2+}，HCO_3^-の各イオン濃度を調整したものである．実際の海水を考慮し Mg/Ca=5 に固定した．

接種したバクテリアは *Halobacillus* 属 7 種(*H. dabanensi, H. karajensis, H. kuroshimensis, H. litoralis, H. profundi*, *H. trueperi* , *H. yeomjeoni*)および *Halomonas meridiana* である．対照実験として，バクテリア未接種の寒天培地を用意し，同じ条件で放置した．

全 8 種の好塩性細菌のうち 7 種は白色生成物が確認でき，結晶相はドロマイト，アラゴナイト，HMC(High Mg calcite)，モノハイドロカルサイトである．一方，対照実験では沈殿物が生じなかったことから，炭酸塩鉱物形成にはバクテリアまたはバクテリアの死骸が関与すると考えられる．しかし、*H. yeomjeoni* のみコロニーの形成が乏しく炭酸塩鉱物の生成も確認できなかった。なお，本研究で生じたドロマイトは，粉末 X 線回折においてオーダリングを示す反射が検出されなかったことから， Disordered dolomite である． ドロマイト沈殿が確認できた組成は，HCO_3^-=50(mM) かつ Ca^{2+}：Mg^{2+}=10：50～20：100(mM)である．

また、種によって沈殿物の結晶相や Mg 含有量に特徴を持つことが判明した． *H. litoralis* はモノハイドロカルサイト沈殿が確認されなかった．また *H. meridiana* の沈殿物は，他のそれよりも Mg 含有量が高い傾向を示した．そのため，近縁種であっても，沈殿物生成能力に個性を持つことが示唆される．

Keywords: Dolomite, Microbe-mediated mineralization, Biomineralization, Halophiles

*Corresponding author: hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:15 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 3:15 AM UTC | B351 Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson:Yoshihiro Nakamura(AIST), Kosuke Naemura(Iwate Univ.)

[Chairperson]
Yoshihiro Nakamura: R8-01 - R8-06
Kosuke Naemura: R8-07 - R8-12

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

[R8-01] Fault formation mechanism in brittle-plastic transition regime

*Jun-ichi Ando[1], Hirotoshi Kotama[1], Kaushik Das[1], Dyuti Prakash Sakar[1], Gautam Ghosh[3], Naotaka Tomioka[2] (1. Hiroshima Univ., 2. JAMSTEC, 3. Presidency Univ.)

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

[R8-02] Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro

*Takeyoshi Matsunaga[1], Junichi Ando[1], Das Kaushik[1] (1. Hiroshima Uni. Sci.)

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

[R8-03] U-Pb geochronology and metamorphic history of gneissic rocks from Sarwar-Junia fault zone, Rajasthan, NW India: Implications for the tectonothermal evolution of the Aravalli-Delhi Mobile Belt

*Junya Okazaki[1], Kaushik Das[1], Anupam Chattopadhyay[2], Jun-ichi Ando[1], Arindam Sarkar[2] (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Dehli Uni.)

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

[R8-04] Process and timing of ultrahigh-temperature metamorphism of metagabbro from the Kurosegawa tectonic belt in Kyushu

*Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Ippei Kitano[2], Masaaki Owada[3], Vuong Bui Thi Sinh[4], Dolzodmaa Boldbaatar[1] (1. Kyushu Univ., 2. Hokkaido Univ., 3. Yamaguchi Univ., 4. Vietnam Academy of Science and Technology)

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

[R8-05] **Structural and chemical evolution of carbonaceous materials in Archean low to medium grade metasedimentary rocks**

*KIRAN Sasidharan[1], Nakamura Yoshihiro[2], Satish-Kumar Madhusoodhan[1], Ohfuji Hiroaki[3] (1. Niigata Uni., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Tohoku Uni.)

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

[R8-06] **Geodynamic cycle of carbon in the continental crust**

*M. Satish-Kumar[1] (1. Fac. Sci. Niigata Univ.)

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

[3Lecture-301-12-7add] Break time

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

[R8-07] New calibration of Raman spectra of Carbonaceous material thermometry using a deep UV micro-Raman spectroscopy

*Yoshihiro Nakamura[1], Koji U Takahashi[1], Hidetoshi Hara[1] (1. AIST)

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

[R8-08] The time-scale conundrum of jadeitites: How long retained in forearc mantle wedge?

*Tatsuki Tsujimori[1], Toshiaki Komata[1], Hiroki Oka[1], Qing Chang[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[4] (1. Tohoku Univ., 2. JAMSTEC, 3. AKita Univ., 4. Okayama Univ. of Sci.)

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

[R8-09] Kinetic control on Al-Fe^{3+} distribution between Na-amphibole and Na-pyroxene in the lawsonite blueschist facies

*Wataru YABUTA[1], Takao HIRAJIMA[2] (1. Non, 2. Kyoto Univ.)

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

[R8-10] Stable isotope geochemistry of the olivine-bearing dolomitic marble in the Hida Belt, Japan

[Presentation award entry]

*Hironobu Harada[1], Tatsuki Tsujimori[1], Hideko Takayanagi[1], Yasufumi Iryu[1] (1. Tohoku Univ.)

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

[R8-11] Metamorphic zone mapping and a *P-T* path of metapelite of the Higher Himalayan crystalline nappe in Dhankuta, eastern Nepal

[Presentation award entry]

*Shumpei Kudo[1], Tetsuo Kawakami[1,2], Toru Nakajima[1], Harutaka Sakai[1] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. JAEA)

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

[R8-12] Heat source of the late Neoproterozoic-Cambrian ultrahigh temperature terrane: constraints from chemical composition of prograde melt inclusions in zircon

[Presentation award entry]

*Kota Suzuki[1], Tetsuo Kawakami[1], Tetsu Kogiso[2], Shuhei Sakata[3] (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ. HES., 3. Tokyo Univ. ERI.)

脆性-塑性遷移領域における断層形成メカニズム

安東淳一、樹神洸寿、Das Kaushik、Sakar Dyuti Prakash（広島大）
Gautam Ghosh（Presidency Univ.）、富岡尚敬（JAMSTEC・高知コア研）

Fault formation mechanism in brittle-plastic transition regime

J. Ando*, H. Kotama, K. Das, D.P. Sakar (Hiroshima U.), G. Ghosh (Presidency U.), N. Tomioka (JAMSTEC)

【はじめに】　内陸地震は、石英が塑性変形する一方で長石が脆性変形する脆性-塑性遷移領域において発生する。断層岩の微細組織観察は、なぜ石英が塑性変形するような場において断層が形成されうるのかという問題を解明しうる。

【研究対象】　北アルモラ衝上断層(NAT)に伴って露出する断層岩を対象とした。NAT はインド大陸とアジア大陸が衝突・収束した際に形成された大規断層である主中央衝上断層の一部である。研究対象とした断層岩は、インド北部 Uttarakhand 州 Almora 北部に存在する NAT から南方約 15 km の北アルモラ衝上断層帯に属している。NAT の上盤と下盤の源岩はそれぞれ花崗岩と堆積岩であり、本研究では上盤の断層岩に着目した。この断層岩は、塑性変形した石英と黒雲母/白雲母といった層状珪酸塩鉱物、それと脆性変形した長石から主に構成されおり、マイロナイト化している。マイロナイト化の程度は NAT に近づくほど大きくなる傾向が認められる。またマイロナイトの面構造と NAT の走向はほぼ平行であることから、マイロナイト化と NAT の運動は関係してことが分かる。

【研究手法】　系統的に採集した断層岩に対し、偏光顕微鏡、SEM、EBSD、TEM といった機器、及び ImageJ や MATLAB のオープンソース MTEX ツールボックスを用いて微細組織観察のキャラクタリゼーションを行った。これらのデータから、マイロナイト化の①温度と応力値、②歪場、③剪断方向、そして④マイロナイト化に与えた層状珪酸塩鉱物の影響を明らかにした。そして NAT の形成過程を考察した。

【結果】　①再結晶石英の微細組織から求めたマイロナイト化の温度は450-550 ℃、応力値はNAT近傍では約65 MPa、離れると約40 MPaと小さくなる。②再結晶石英の形態から求めた歪場は、押しつぶしの場であった。③非対称組織と再結晶石英のc軸ファブリックから求めた剪断方向は、インド大陸の衝突・沈み込みに整合的なtop-to-southであったが、NAT近傍のみtop-to-northである。④断層岩中に占める層状珪酸塩鉱物の量と粒径は、NATに近づくにつれて増加・細粒化する。再結晶石英のc 軸の集中度は層状珪酸塩鉱物の含有量と負の相関を示す。またNAT近傍では、層状珪酸塩鉱物は片理面に濃集し、片理面に平行に(001)面が配列する。石英と長石は明確に圧力溶解を受けている。層状珪酸塩鉱物には転位クリープで変形した証拠と共に、(001)面に平行な方向に引っ張りを受け破壊した痕跡が確認できる。

【考察】　上記ことからNATの近傍では、流体が強く関与してウルトラマイロナイト化し、変形のメカニズムが転位クリープから拡散クリープに変化した可能性が強い。その結果、NATの近傍の岩体の強度が小さくなり、応力集中が生じ、剪断方向が逆になったことが示唆される。またNAT近傍に存在するウルトラマイロナイトの層理面に濃集する層状珪酸塩鉱物中の破壊の痕跡は、応力集中により破壊の核が発生したことでNATが形成された可能性を示唆すると考えている。

Keywords: Fault, Mylonite, Brittle-plastic transition zone, Phyllosilicate mineral, Microstructure
Corresponding author: jando@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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】 断層中にタルクが存在する場合、断層面の摩擦強度が低下し、クリープ性滑りが生じることが高速摩擦実験や自然界での地質学的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角閃岩体中に発達する、断層面がタルクで構成された断層を発見し、その形成過程及び断層面の摩擦特性を明らかにすることを目的とした。本研究はクリープ性滑りを引き起こす可能性のある断層の形成過程に関して、新しい知見を与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、必要に応じて岩石を採取した。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、画像解析ソフト(ImageJ)を使用した鉱物モード比の算出、またガラスビード法での全岩組成分析を行った。

【結果】 研究対象とした断層は、角閃岩体中に発達し、断層面は緑泥石とタルクを主成分鉱物とする断層岩で構成されている。そして、断層面には非常に明瞭な鏡肌が形成されている。断層岩からは条線に平行に、滑り面に垂直な方向で岩石薄片を作成した。薄片の微細観察を行った結果、断層面から約 50 μm の領域はタルクが占めており、それより岩石内部はタルクと緑泥石が共存していた。更に微細組織に関して注目すると、断層面から約 1 mm を境に、断層面に近い側では鉱物の塑性変形が確認され、岩石内部側は未変形であった。また断層岩では鉱物の分布状況に特徴が見られ、断層面に近づくにしたがって、タルクの占める割合が増加する傾向が認められた。断層岩と角閃岩の全岩組成分析の結果を比較すると、断層岩は角閃岩に対し、Mg と Ca に富み、Al と Na が欠損していた。

【考察】以上の結果から断層の形成過程を考察する。 1) 角閃岩相領域で斑レイ岩が角閃岩に変化した後、2) 緑色片岩相領域に推移し、流体を伴った交代作用の影響で、岩石間の元素の移動や鉱物反応が生じ、角閃岩中に緑泥石が晶出した。3) 緑泥石で主に構成された岩石中で断層が形成され、その際発生した摩擦発熱により緑泥石の脱水が起き、タルクが形成された。断層面に近いほど摩擦熱の影響でタルクが多く形成され、特に断層面から約 50 μm の範囲は緑泥石が完全に脱水し、タルクのみで構成された。断層運動時に発生した摩擦熱は、緑泥石の脱水温度である約 650 ℃ (Shimoda, 1971)以上であったと推測される。また断層面から約 1 mm の範囲では、剪断応力により緑泥石とタルクが塑性変形した。このような断層面に沿った一定の幅を持つ塑性変形組織は、Smith et al. (2013) の高速摩擦実験の回収試料の組織と近似しており、断層滑りの際に生じたと考えられる。

今後は TEM や EBSD 装置を使用して、緑泥石とタルクの微細組織観察をすることで、上記した断層形成過程の検証を行う予定である。また原子間力顕微鏡を用い、すべり面の微細形状を調べ、摩擦係数との関係を議論したい。

Keywords: Gabbro, Talc, Metasomatism, Fault

Corresponding author: m213165@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

インド北西部ラジャスタン州 Sarwar-Junia 断層帯に露出する片麻岩の U-Pb 年代と変成履歴：Aravalli-Delhi 変動帯の変成変形過程

岡崎淳哉（広島大），Das Kaushik（広島大），Chattopadhyay Anupam（デリー大），
安東淳一（広島大），Sarkar Arindam（デリー大）

U-Pb geochronology and metamorphic history of gneissic rocks from Sarwar-Junia fault zone, Rajasthan, NW India: Implications for the tectonothermal evolution of the Aravalli-Delhi Mobile Belt

Jun-ya Okazaki* (Hiroshima Univ.), Kaushik Das (Hiroshima Univ.), Anupam Chattopadhyay (Delhi Univ.),
Jun-ichi Ando (Hiroshima Univ.), Arindam Sarkar (Delhi Univ.)

The gneisses of the Sarwar-Junia Fault Zone (SJFZ), belonging to Aravalli-Delhi Mobile Belt (ADMB) in northwest India, recorded two phases of metamorphism. From the geochronology, the first metamorphism (M_1) can be revealed the occurrence in the basement granitic gneiss at ca. 1740 Ma. Subsequently, the second metamorphism (M_2) occurred at ca. 950 Ma affecting both the granitic gneiss and the overlying pelitic gneiss. Estimation of the P-T condition and pseudosection modeling show that the M_2 peak stage condition reached ~ 850 ℃ temperature at ~ 7 kbar pressure and then that slow near-isobaric cooling occurred during the post-peak stage. Therefore, the possible subduction, associated with collision, ceased at 950 Ma in ADMB. The near-isobarically cooled and hydrated crust of the SJFZ records subsequent event(s) of brittle faulting as evident by the presence of pseudotachylyte veins and cataclastic grains. Such faulting is considered to have occurred between ca. 750 Ma and ca. 905 Ma.

中原生代から新原生代にかけて、ロディニア超大陸では陸塊の集合と分裂が起こっており、その時、同時に造山運動が起こった。インド大陸はロディニア超大陸の一部であり、超大陸の集合・分裂に伴って形成された造山帯が多く存在する。このような造山帯の岩石には、多重で複雑な変成や変形が起こった証拠が残っており、広範囲のリニアメントや剪断帯として造山帯の中に存在する。このような岩石の変成や変形、またその年代を明らかにすることは、超大陸の全球的な地殻のダイナミクスを理解する上で重要である。本研究では、インド北西部の Aravalli-Delhi 変動帯（ADMB）中の Sarwar-Junia 断層帯（SJFZ）に露出する泥質片麻岩を対象に、鉱物組み合わせや、鉱物の化学組成とシュードセクションからの変成の温度・圧力条件の推定から変成作用の特徴を明らかにし、加えて泥質片麻岩とその基盤岩である花こう片麻岩に対して年代測定を行い、変成が起こった年代を明らかにすることで、ADMB の構造進化を明らかにすることを目的とした。また、SJFZ には地震性断層運動の証拠となるシュードタキライトが片麻岩中に露出しており、年代測定から断層運動の年代を制約することも目的とした。

泥質片麻岩、花こう片麻岩のジルコンとモナザイトの年代測定から、SJFZ の片麻岩類は 2 度の変成を受けている。およそ 1740 Ma で、1 度目の変成（M_1）が花こう片麻岩中で起き、その後、2 度目の変成（M_2）が、およそ 950 Ma で、花こう片麻岩と泥質片麻岩の両方で起きていることが明らかとなった。泥質片麻岩の微細組織の観察と鉱物の化学組成から、M_2 はピーク段階とその前後の 3 段階に分けられ、鉱物の化学組成を用いた温度・圧力条件の推定とシュードセクションの鉱物組み合わせから、ピーク段階ではおよそ 850℃、7 kbar の条件にあり、その後、等圧に近い条件下で徐冷されたことが明らかとなった。

これらの結果から SJFZ および ADMB では、およそ 1740 Ma の M_1 後に、花こう片麻岩を基盤とする泥質片麻岩の原岩が堆積し、沈み込みに関連する衝突による造山運動によって、花こう片麻岩、泥質片麻岩におよそ 950 Ma で M_2 が起こったことが示唆される。さらにピーク段階後の等圧に近い条件下での徐冷から、この時に衝突が停止したことが示唆される。またシュードタキライト脈は、両方の片麻岩中に発達しており、M_2 によって形成された組織を切っているため、その形成は M_2 の後である。ジルコンとモナザイトの年代測定から、形成時期はおよそ 750 Ma と 905 Ma の間である。

Keywords: Sarwa-Junia Fault Zone; Metamorphic history; Granitic and Pelitic gneisses; Tectonics of the Aravalli-Delhi Mobile belt; Age of faulting

E-mail address: d202541@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

九州黒瀬川構造帯・超高温変ハンレイ岩類の変成作用と変成年代

小山内康人（九州大）・中野伸彦（九州大）・北野一平（北大）・大和田正明（山口大）・Vuong Bui Thi Sinh（ベトナム科学技術アカデミー）・Boldbaatar Dolzodmaa（九州大）

Process and timing of ultrahigh-temperature metamorphism of metagabbro from the Kurosegawa tectonic belt in Kyushu

Osanai, Y.* (Kyushu Univ.), Nakano, N. (Kyushgu Univ.), Kitano, I. (Hokkaido Univ.), Owada, M. (Yamaguchi Univ.), Vuong Bui Thi Sinh (Vietnam Academy of Science and Technology), Boldbaatar Dolzodmaa (Kyushu Univ.)

九州中央部を東西に横断する黒瀬川構造帯には蛇紋岩メランジュの広範な分布が知られており，変形した蛇紋岩に囲まれるブロック状～レンズ状岩体として多様な変成岩類および深成岩類が混在する（例えば，松本・勘米良，1964；唐木田，1977；斎藤ほか，2005 など）．変成岩類では，緑色片岩相～緑簾石-藍閃石片岩相ないしローソン石-藍閃石片岩相の高圧型変成岩類と，角閃岩相～高圧グラニュライト相の高温型変成岩類が分布し（西山，2010 など），深成岩類では一部マイロナイト化した岩相を含め花崗岩類が主要な岩相である．

高圧型変成岩類は主に苦鉄質火成岩類を原岩とするフェンジャイト-藍閃石片岩，ローソン石青色片岩，アルバイト-オンファス輝石岩，含ヒスイ輝石-藍閃石変ハンレイ岩などであり，約 250～350℃，5～11kbar の変成条件をしめす（Sato et al., 2016; Miyazoe et al., 2009 など）．一方，高温型変成岩類では，ホルンブレンド片麻岩，ザクロ石-黒雲母片麻岩や，苦鉄質火成岩起源のザクロ石角閃岩，単斜輝石角閃岩，ザクロ石-単斜輝石グラニュライトがみとめられる（斎藤ほか，2005；Miyazoe et al., 2009；唐木田，1977；小山内ほか，2000 など）．九州東部・三重～本匠地域では，ザクロ石-単斜輝石グラニュライトの一部にザクロ石-単斜輝石-斜長石から構成される優白質ポッドがみとめられ，部分溶融が示唆されるとともに，ザクロ石の周囲には典型的な減圧過程で形成されたと考えられる斜方輝石-斜長石シンプレクタイト起源と見なしうるコロナ組織が発達する．この岩石では，ピーク変成作用の温度・圧力条件として 900～1050℃，10～12kbar の超高温変成条件が見積もられる．

岩石化学的・同位体年代学的解析から，高圧型変ハンレイ岩の原岩は，約 500Ma に活動した海嶺玄武岩形成場の火成活動起源であり，高温型の変成作用を受けた変ハンレイ岩の原岩は，約 450Ma の活動的大陸縁における火山弧火成活動に由来することが明らかにされている（小山内ほか，2014a, 2014b）．また，蛇紋岩メランジュ中に変成岩類と混在する三滝型花崗岩類は，高温型変成岩類の原岩形成年代と同時期の約 450Ma をしめす（吉本ほか，2013；小山内ほか，2014a, 2014b）．変成作用年代としては，高圧変成岩から K-Ar 年代あるいは Rb-Sr アイソクロン年代として 300-270Ma が得られている（吉本ほか，2011；上村ほか，2012 など）．一方，高温型変成作用の年代としては，これまで 420～430Ma の変成年代が想定されてきた（小山内ほか，2000；宮下ほか，2016）が，今回新たにザクロ石-単斜輝石グラニュライトの優白質ポッド中に産し，優白質ポッド形成時の部分溶融にともなうメルトから晶出したと見なしうる自形ジルコンから約 250Ma の LA-ICP-MS U-Pb 年代が得られた．この優白質ポッド中の単斜輝石やザクロ石の不定形包有ジルコンは約 450Ma の年代をしめす．したがって，オルドビス紀の火山弧火成活動場における地殻深部ではハンレイ岩が形成され，地殻浅部では同時期に花崗岩類が形成されたと見なすことができる．その後，地殻浅部の花崗岩類ではマイロナイト化をともないながら低変成度の変成作用が進行したが，地殻深部のハンレイ岩類では角閃岩相～グラニュライト相の変成作用が進行し，ペルム紀末（約 250Ma）には最高変成条件下で部分溶融が進行したことが明らかになった．

高圧型変成岩類についてのカンブリア紀の海洋底火成活動とペルム紀初期の変成作用，高温型変成岩類についてのオルドビス紀の火山弧火成活動およびペルム紀末の衝突型変成作用と部分溶融など，極めて多様で複雑な黒瀬川構造帯構成岩石の形成プロセスと蛇紋岩メランジュ形成テクトニクスを考えるうえで必要な情報が出そろってきた．黒瀬川構造帯の形成過程は，日本海拡大前のアジア大陸形成過程と密接な関連があることは明白であり，ペルム紀/トリアス紀境界に起こった南・北中国地塊の大陸衝突過程との関連を改めて再検討する必要がある．

Keywords: Kurosegawa tectonic belt, UHT metamorphism, Grt-Cpx granulite, Ordovician magmatism, Permo-Triassic metamorphism.
*Corresponding author: osanai@scs.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Structural and chemical evolution of carbonaceous materials in Archean low to medium grade metasedimentary rocks

Sasidharan Kiran (Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ.), Yoshihiro Nakamura (GSJ-AIST), Hiroaki Ohfuji (Grad. Sch. Sci. Tohoku Univ.) and Madhusoodhan Satish-Kumar (Fac. Sci. Niigata Univ.)

The term carbonaceous material (CM) is coined for the organic matter trapped in the sedimentary rocks that attain maturity during prograde metamorphism, which involves two main processes known as carbonization and graphitization (Franklin, 1950; Oberlin, 1984). During the primary stage of carbonization, the release of heteroatoms such as hydrogen, nitrogen, oxygen, and sulfur, and the degradation of aliphatic CH groups leads to the relative enrichment of aromatic structures in CM. Solid state reorganization takes place by the formation of basic structural units with the release of non-condensable gases (e.g., CH_4 and H_2) from the aromatic CH groups in the later stage (Oberlin et al., 1999). Graphitization is the process by which the aromatic structure is reorganized to form turbostratic to graphitic structure. Micro-Raman spectroscopy and HRTEM are being widely used to assess the thermal maturity and structural evolution of CM in sedimentary rocks in various tectonic settings (e.g., Pasteris and Wopenka, 1991; Buseck and Huang, 1985).

The maturity of the CM in the meta-carbonates of the Archean Chitradurga Schist Belt, Dharwar Craton has been evaluated and compared structural changes using micro-Raman spectroscopy with carbon isotope systematics. Following the Raman Spectra of CM thermometry (Beyssac et al., 2002) and carbon isotope thermometry (Wada and Suzuki, 1983) a systematic increase in the metamorphic condition from upper greenschist facies to lower amphibolite facies was observed along the younger to older stratigraphic sequences respectively. The inconsistencies between the thermometry in one stratigraphic unit are considered due to the post-metamorphic hydrothermal infiltration evidenced by the cross-cutting quartz veins and associated alterations. To focus on the evolution of CMs under low thermal maturation further samples are considered from Archaean (Tumbiana Formation, 2.7 Ga, Pilbara Craton; Malmani Subgroup, 2.5 Ga, Kaapvaal Craton) and Proterozoic (Duck Creek Formation, 1.8 Ga, Pilbara craton) terranes. Preliminary results indicate that the CM is metamorphosed under prehnite-pumpellyite to lower greenschist facies condition. The $\delta^{13}C$ value of the CM in the Tumbiana Formation stromatolite is between −39.6 to −47.3 ‰, which attained large attention in terms of record negative carbon isotope excursion related to methanogenesis (Thomazo et al., 2009; Lepot et al., 2019). Recently using deep UV Raman spectroscopy that avoids fluorescence, Quirico et al, (2020) distinguished immature terrestrial kerogens and coals from those of extraterrestrial kerogens extracted from type 1 and 2 primitive chondrites. Moreover, traces of organic molecules present in the CM can be identified due to the resonance effect of the deep UV laser (Bhartia et al., 2021). In this presentation, we will be comparing the visible and deep UV Raman spectra of CM along with HRTEM images in low to medium-grade rocks and attempt to understand the maturation process of Archean unicellular organisms and later evolved complex multicellular organisms.

References:

Beyssac et al (2002) Journal of Metamorphic Geology, 20, 859-871; Bhartia et al (2021) Space Science Reviews, 217:58; Franklin (1951) Acta Crystallographica, 3, 107–121; Kouketsu et al (2014) Island Arc, 23, 33–50; Lepot et al (2019) Geochimica et Cosmochimica Acta, 244, 522-547; Oberlin (1984) Carbon, 22, 521–541; Pasteris and Wopenka (1991) Canadian Mineralogist, 29, 1–9; Quirico et al (2020) Geochimica et Cosmochimica Acta, 282, 156–176; Sadezky et al (2005) Carbon, 43, 1731–1742. Thomazo et al (2009) Earth and Planetary Science Letters, 279, 65-75 Wada and Suzuki, (1983) Geochimica et Cosmochimica Acta, 47, 697-706

Keywords: Carbonaceous material, Micro-Raman spectroscopy, deep UV-Raman spectroscopy, Carbon isotope
Corresponding author: kiransasidharan.s@gmail.com

Geodynamic cycle of carbon in the continental crust

M. Satish-Kumar (Niigata Univ.)

The geodynamic cycle of carbon is of vital importance in controlling the Earth's carbon budget, ever since the biological process became active in the surface. Organic carbon in sediments and carbonate carbon are two important reservoirs that can act as a source or sink for carbon during plate subduction and continent building processes. It is important to understand the movement of carbon through different reservoirs in the Earth and carbon isotope geochemistry has served as a common and widely applied tool. In this presentation, a comprehensive synthesis is carried out on the forms of carbon, its movement among the various reservoirs and the evolution of carbon isotopes in the middle to lower continental crust, where large volumes of carbon can be stored as long-term sinks. Examples from the orogenic belts in India, Sri Lanka and Antarctica are used to demonstrate that metamorphism of sediments rich in organic material can preserve graphite as carbon sinks for hundreds of millions to several billions of years.

A detailed carbon isotope study of graphite was carried out in continental collisions zones. Based on the mode of occurrence, they were classified into three types, vein-type, disseminate flakes and coarse aggregates. In addition, graphite concentration is also observed along the contact between metacarbonate rocks and silicate rocks. In order to understand the source of carbon, the carbon isotope fractionation between calcite, graphite and carbon-bearing fluids (CO_2 or CH_4) during metamorphism was considered. For example, at the Skallevikshalsen locality in the Lützow Holm Complex, East Antarctica, all three forms of carbon-bearing phases were present. Field evidence suggest that carbon is being pooled at lithological contacts and deposited as graphite. Carbon isotopic composition of graphite and associated carbonates are consistent with graphite precipitation from CO_2 fluids released by decarbonation reactions.

The formation of vein-type graphite in Sri Lanka is considered to be a different process, as large volumes of highly crystalline graphite is deposited from fluids, possibly derived from mantle derived magmatic source. The CO_2-rich fluids are observed in quartz pods within the graphite veins, recording compositional characteristics of fluids that deposited graphite veins. Carbon isotopic composition remain constant across the vein, with only minor variations observed with depth. Absence of methane in fluid inclusions suggest graphite deposition directly from CO_2-rich fluids.

Across the regimes of high-temperature metamorphism and partial melting of graphite-bearing rocks graphite dissolves to form COH fluids, part of which, especially the lighter isotope-bearing fluids, escape the system causing a bulk ^{13}C enrichment. Based on field, textural and carbon isotope evidence, from a typical example from the Kerala Khondalite Belt, southern Indian granulite terrane, during biotite dehydration melting of graphite-bearing rocks graphite dissolution is enhanced by Fe^{3+} reduction, however during melt crystallization graphite will reprecipitate, resulting in carbon remobilization and carbon isotope reorganization. Thus, carbon is recycled and retained as graphite in the continental crust during high-grade metamorphism and anatexis, though its isotopic composition can be considerably modified. A comprehensive review of carbon isotopic composition of graphite in continental crust is presented in order to understand the role of graphite as "long-term sinks" of carbon.

Keywords: graphite, COH fluids, continental crust, partial melting, carbon isotopes

Corresponding author E-mail: satish@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson:Yoshihiro Nakamura(AIST), Kosuke Naemura(Iwate Univ.)
Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 12:15 PM B351 (Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F)
[Chairperson]
Yoshihiro Nakamura: R8-01 - R8-06
Kosuke Naemura: R8-07 - R8-12

10:30 AM - 10:45 AM

[3Lecture-301-12-7add]Break time

©Japan Association of Mineralogical Sciences

深紫外顕微ラマン分光法を利用した新しい炭質物地質温度計

New calibration of Raman spectra of Carbonaceous material thermometry using a deep UV micro-Raman spectroscopy

中村佳博*(産総研), 高橋幸士(産総研), 原英俊(産総研)

炭質物の結晶構造進化に基づく地質温度計は，簡便かつ高精度に変成温度を推定できるため広く利用されている．しかし本手法で正確な温度を決定するには，適切な炭質物粒子の選定と薄片作成時の研磨の影響を避ける必要がある．さらに低変成度になると炭質物から発生する自家蛍光によって顕微ラマン分光分析自体が困難になる．このような問題を解決するため, 本研究では新しい深紫外顕微ラマン分光装置を開発した. 深紫外領域(200~300 nm)では，蛍光がほとんど発生しない．そのため蛍光に左右されない SN 比の高いラマンスペクトルを取得できる．本研究では 266nm パルスレーザーを励起光源として利用し，一般的な 50cm シングルモノクロメーターと前面照射型 CCD 検出器で顕微ラマン分光分析を行った. ラマン光学系には 2 枚のダイクロイックミラーを利用しレーザー及びラマン信号のスループットを大幅に向上させている．詳細は Nakamura et al. (in press)に報告している．

本装置を利用すると蛍光の影響を無視できるため，100 ℃から 400℃の変成温度で形成された岩石片を処理せずそのまま分析した. 100~230℃における炭質物のラマンスペクトルは，D band と G band だけではなく T band と呼ばれる Sp3 混成軌道に関連した振動モードが特徴的に出現する(Ferrari and Robertson, 2001)．D band と T band は変成温度が上昇するにつれ単調減少し，G band のみの単一ピークへ変化する．この変化は，結晶構造内部の欠陥が連続的に減少していることを反映している．この時の G band 半値幅(Full width at half maximum; FWHM)と RBS (wavenumber$_{\text{G-D bands}}$)は，変成温度に対して強い線形関係($R^2 = 0.94, 0.85$)を示す. 以上のラマンスペクトル変化の観察から G band FWHM 及び RBS が，100~400℃の広い領域で地質温度計として有効な温度指標であることが示唆される．本発表では，より詳細な温度補正式に関して紹介する．

[引用文献]

Nakamura et al. (in press), JMPS. Ferrari and Robertson, (2001), Vo. 64, 075414.

ひすい輝石岩の時間スケール問題:どれくらい前弧域マントルウェッジ深部に滞留できるか？

辻森 樹（東北大）・古俣 利明（東北大）・岡 紘希（東北大）・常 青（JAMSTEC）・青木 翔吾（秋田大）・青木 一勝（岡山理大）

The time-scale conundrum of jadeitites: How long retained in forearc mantle wedge?

Tatsuki Tsujimori* (Tohoku Univ.), Toshiaki Komata (Tohoku Univ.), Hiroki Oka (Tohoku Univ.), Qing Chang (JAMSTEC), Shogo Aoki (Akita Univ.), Kazumasa Aoki (Okayama Univ. of Sci.)

Jadeitites form in the forearc mantle wedge, and the jadeitite–hosted mélange can stay within the mantle wedge for a considerable time. But how long are jadeitites retained in serpentinized mantle wedge environment? Osayama jadeitite (OSJ) contains primary rutile, zircon, grossular and paragonite and secondary titanite and rare Ca-rich amphibole. Although the hydrothermal zircons yield a U–Pb age of ~524 Ma, new age data of secondary amphibole gives K–Ar age of 292 Ma that overlaps phengite ages of H*P* rocks in the same mélange. The δ^7Li values of amphibole (–0.2 ± 0.8‰) are significantly smaller than those of jadeite (+4.6 ± 1.4‰, *n*=10), suggesting isotopic disequilibrium among those two phases. Our reevaluation of OSJ suggests the possibility that jadeitite-hosted serpentinized mantle wedge can be retained for ~200 m.y..

定常的な海洋プレートの沈み込み帯において、ひすい輝石岩の形成場となる前弧域マントルウェッジ深部はスラブとディカップリングしており、比較的低温の状態で蛇紋岩化したかんらん岩が滞留していると考えられている。スラブ物質を原岩とした高圧変成岩の放射年代に比べて、ひすい輝石岩のそれが有意な年代幅を持つなど、前弧域マントルウェッジ深部の静的な状態を示唆する観察事実は存在する。しかし、蛇紋岩を直接年代測定できないため前弧域マントルウェッジ深部がどの程度のタイムスケールで滞留できるのか、分かっていない。我々は中国山地の大佐山蛇紋岩メランジュ(OSM)に産するひすい輝石岩(OSJ)の年代学を再訪することで間接的に前弧域マントルウェッジ深部が停滞できる時間スケールの束縛を試みた。OSJ の初生的なひすい輝石(δ^7Li 平均値+4.6 ± 1.4‰)と共存する初生の副鉱物はジルコンの他、ルチル、グロシュラー、パラゴナイトである。鳥取県若桜や兵庫県大屋のひすい輝石岩と同様に、全岩化学組成の Eu 正異常が顕著で糸魚川産のひすい輝石岩とは区別が付く(ひすい輝石岩塊のブラックウォールも同様の特徴を持つ)。二次的鉱物にはチタン石やペクトライトなど様々な相が産出するが、まれに Ca 角閃石を含む。ジルコンはしばしばルチルとグロシュラーを包有し、低い酸素同位体比(δ^{18}O[VSMOW]平均値 +3.8 ± 0.6‰)で特徴付けられる。Ti 含有量による温度推定は 620 ± 50°C である。523.5 ± 3.6 Ma の U–Pb 年代を示すが、酸素・ハフニウム同位体比が改変を被っている (Tsujimori *et al.*, 2006 IGR; Fu *et al.*, 2010 CMP; Tsujimori, 2017 JMPS)。ジルコンのクラックに沿って溶解再沈澱の組織があるが年代の若返りは確認できない。ジルコンは 10 μg/g 程度の Li を含み、δ^7Li はコアの+1‰からリム側に向かって–5‰まで累帯する。Ca 角閃石(δ^7Li 平均値–0.2 ± 0.8‰)はジルコンの U–Pb 年代よりも約 2 億年若い 292 ± 6.2 Ma の K–Ar 年代を示し、OSM 産の高圧変成岩類のフェンジャイト K–Ar 年代(327–373 Ma)の範囲と重なる。Ca 角閃石はその組織から初生的なひすい輝石とは形成時期が異なると考えられる。一般に共存するオンファス輝石と藍閃石間の同位体比分別($\Delta^7Li_{Omp-Gln}$)が負の値をとるが OSJ のひすい輝石と角閃石は真逆の Δ^7Li 値の関係をもち、両者は非平衡と考えられる。OSJ は形成後、約 2 億年間、前弧域マントルウェッジ深部で蛇紋岩化したマントルかんらん岩と静的な状態を経験し、蓮華帯の結晶片岩が取り込まれて蛇紋岩メランジュを形成するタイミングで新しい交代作用を経験したと考えられる。前弧域マントルウェッジ深部は高圧変成帯の上昇のような非定常的な地質イベントが起こらない限り、静的な状態を 2 億年近く保てる可能性がある。

Keywords: Jadeitite, Forearc mantle wedge, Osayama Serpentinite Mélange, , Ca-amphibole
*Corresponding author: tatsukix@tohoku.ac.jp

Kinetic control on Al-Fe^{3+} distribution between Na-amphibole and Na-pyroxene in the lawsonite blueschist facies

Wataru YABUTA* and Takao HIRAJIMA (Kyoto University)

Na pyroxene (Na-Px) and Na amphibole (Na-Amp) are two of the most common metamorphic minerals in metabasalts and metacherts, suffered lawsonite blueschist (LBS) sub-facies, in the Hakoishi sub-unit, Kyushu, Japan. In the area, Sato et al. (2016) proposed an westward upgrading in metamorphic conditions accompanied by hydration of metabasalts, based on the systematic variation of low-variant assemblages. However, X_{Jd} [= ^{VI}Al / (Ca+Fe^{3+}+Al)] in Na-Px reaches its peak in the middle of the area.

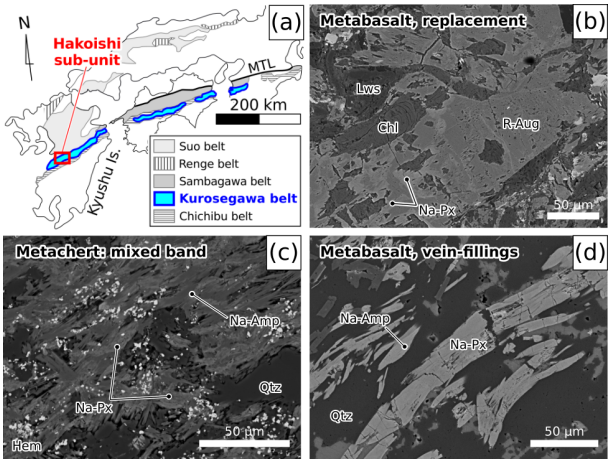


Fig. Map of the Hakoishi sub-unit and Na-Px/Na-Amp occurrences

Yabuta and Hirajima (2021, JAMS) pointed out that X_{Jd} is controlled by the coexisting Na-Al phases, i.e., X_{Jd} is lowered in the coexistence of Na-Amp, resulting in an apparent reversal in pressure estimation.Actually, the most X_{Jd}-rich sample located in the middle of the area is Amp-free and lower X_{Jd} sample in the western part of the area is Amp-bearing. This new finding brings a serious issue that the petrologists cannot simply use the Jd-Ab-Qtz geobarometer to the relevant grade rocks. In this report, we attempt to explain another determinant of the element distribution between coexisting Na-Px and Na-Amp by characterizing the pairs in LBS sub-facies.

In metabasalts, both Na-Px and Na-Amp occur throughout the Hakoishi sub-unit. Typically, Na-Px and Na-Amp replace relict augite and tremolite/hornblende, respectively. In metacherts, on the contrary, Na-Amp is more rare compared to Na-Px; Na-Amp mainly occurs in the western higher-grade part of the sub-unit while Na-Px is widespread. In coexistence, the two form mixed bands of acicular grains or intergrowth.

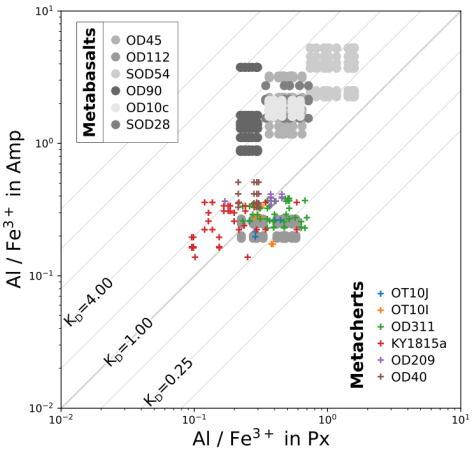


Fig. Al-Fe^{3+} distribution between Na-Px and Na-Amp

Al-Fe^{3+} partition between Na-Px and Na-Amp is investigated in terms of distribution coefficient [K_D=$(Al/Fe^{3+})_{Amp}/(Al/Fe^{3+})_{Px}$; Onuki and Ernst, 1969]. It is suggested that Al is distributed equally to both minerals in metacherts (K_D = 0.5-2; K_D = 1 in average), while Al is concentrated in Na-Amp in most metabasalts (K_D = 2-8; K_D = 4 in average). This could explain the lowered X_{Jd} in Na-Px of metabasalts. But K_D values near 1 are obtained for one exceptional metabasalt sample (OD112),where Na-Px and Na-Amp occur as vein-fillings. There the pair clearly shows a simultaneous crystallization from infiltrated fluid, like the cases in metacherts. This infers another factor to control K_D between Na-Px and Na-Amp.

Literature study of K_D in blueschist facies rocks also show two peaks at K_D ~ 1 and K_D ~ 4. Like Hakoishi metamorphic rocks, K_D is closely associated with rock texture: K_D ~ 4 obtained from less deformed rocks containing relict minerals, K_D ~ 1 from in well foliated (i.e., equilibrated) samples. For instance, blueschists in the Horokanai area of the Kamuikotan metamorphic belt, Hokkaido, where schistosity prevails and trace relict minerals are observed, K_D mostly equals 1. Furthermore, K_D approaches 1 in eclogite facies rocks, where better equilibrium state is expected.

Thus chemical compositions of Na-Px and Na-Amp in blueschist facies should be interpreted in light of kinetic control depending on rock texture. Al preferences of the two phases are controlled by their “seed” phases when replacement progresses.

Keywords: blueschist, Na pyroxene, Na amphibole, geobarometry

* Corresponding author: W. Yabuta yabuta.wataru.25n@kyoto-u.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

飛騨帯産含かんらん石ドロマイト質大理石の安定同位体地球化学

原田浩伸*, 辻森樹, 高柳栄子, 井龍康文（東北大）

Stable isotope geochemistry of the olivine-bearing dolomitic marble in the Hida Belt, Japan

Hironobu Harada*, Tatsuki Tsujimori, Hideko Takayanagi, Yasufumi Iryu (Tohoku Univ.)

Marble, a metacarbonate rock, occurs in various orogenic belts throughout the Earth's history. We newly determined C–O isotope compositions of upper amphibolite-facies dolomitic marbles from the Hida Belt, Japan. The C–O isotope compositions of dolomitic marble are characterized by $\delta^{13}C$[VPDB] = –3.3 to +2.8‰, $\delta^{18}O$[SMOW] = +8.6 to +20.0‰ respectively; overall, calcite tends to show lower $\delta^{13}C$ values than dolomite. New data can be explained by the result of the olivine forming decarbonation reaction.

大陸縁の地殻断片を主体とする飛騨帯には正片麻岩に伴って変成炭酸塩岩が多量に産する。飛騨帯の変成炭酸塩岩の多くはドロマイトを含まず方解石から構成される大理石であるが、方解石とドロマイトが主の含かんらん石ドロマイト質大理石も稀に産する。本講演では大陸地殻中部の変成作用を被った変成炭酸塩岩の同位体組成に記録された地質情報を抽出する試みとして、飛騨帯のドロマイト質大理石の炭素(C)–酸素(O)同位体分析結果を示し、飛騨帯の変成炭酸塩岩に着目した同位体地球化学的研究による新知見について紹介する。

変成炭酸塩岩の同位体地球化学的研究は、その原岩や流体–岩石相互作用、脱炭酸反応反応などについての議論を可能にする。最近、Harada et al. (2021) は飛騨帯に産するドロマイトを含まない大理石及び石灰珪質岩についてマイクロサンプリングによる炭酸塩鉱物の C–O 微少量同位体組成分析を行い、幅広い C–O 同位体組成を報告した ($\delta^{13}C$ = –4.4〜+4.2‰ [VPDB]、$\delta^{18}O$ = +1.6〜+20.8‰ [VSMOW])。とりわけ、低い $\delta^{13}C$ ($\delta^{13}C$ = –4.4〜–2.9‰) の石灰珪質岩は、炭酸塩鉱物と珪酸塩鉱物との間での脱炭酸反応による $\delta^{13}C$ 低下を示す。$\delta^{18}O$ は炭酸塩堆積物に比べて低く、水流体や珪酸塩鉱物との同位体交換を記録する。一方、本研究で着目したドロマイト質大理石は含 Mg 方解石 + ドロマイト + かんらん石(Fo_{93-94};一部蛇紋石化)の鉱物組み合わせを持ち、少量の金雲母やクリノヒューマイトなどを含む。このドロマイト質大理石の方解石 12 試料、ドロマイト 2 試料について炭素、酸素同位体組成分析を行った。かんらん石に富む部分が方解石、かんらん石をほとんど含まない部分がドロマイトであった。炭素、酸素同位体組成 ($\delta^{13}C$[‰ VPDB], $\delta^{18}O$[‰ VSMOW])の分析結果はそれぞれ、方解石が $\delta^{13}C$ = –3.3〜+2.8‰、$\delta^{18}O$ = +8.6〜+17.3‰、ドロマイトが $\delta^{13}C$ = +0.2, +0.8‰、$\delta^{18}O$ = +17.9, +20.0‰であった。方解石の $\delta^{13}C$ は 1 試料を除いて負の値を示し、ドロマイトよりも低い傾向にあった。これはドロマイトを消費し、かんらん石を形成する脱炭酸反応によるものであると考えられる。また、本研究で着目したドロマイト質大理石のかんらん石からは無機的に生成されたと考えられるメタンを含む流体包有物が発見されており (Harada et al., 2022 JpGU)、それについても簡単に紹介したい。

Keywords: Hida Belt, dolomitic marble, carbon isotope, oxygen isotope, abiotic methane synthesis

*Corresponding author: hironobu.harada.s7@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東ネパール・ダンクッタ地域における高ヒマラヤ変成岩ナップの変成分帯と温度−圧力履歴

工藤駿平[1*], 河上哲生[1], 中嶋徹[1,2], 酒井治孝[1] (1.京大, 2.JAEA)

Metamorphic zone mapping and a *P-T* path of metapelite of the Higher Himalayan crystalline nappe in Dhankuta, eastern Nepal

Shumpei Kudo[1*], Tetsuo Kawakami[1], Toru Nakajima[1,2], Harutaka Sakai[1] (1.Kyoto Univ., 2.JAEA)

ヒマラヤ造山帯には、高度変成岩類 Higher Himalayan Crystallines (HHC)が東西約 2000 km、南北約 100 km にわたって露出している。この HHC が地表に露出するに至るテクトニクスについては、現在も議論が続いており、数値計算による様々なモデルが提案されている[e.g.1]が、その検証には天然の岩石試料の温度-圧力-時間履歴(*P-T-t* パス)の構築とその地理的分布を調べることが必要不可欠である。

従来の研究では、主として高ヒマラヤのルートゾーンで *P-T-t* パスの構築が進められてきた。HHC は構造的上位に位置するテチス堆積物との境界である South Tibetan Detachment System (STDS)と、構造的下位に位置するレッサーヒマラヤ堆積物との境界である Main Central Thrust (MCT)を上下の構造境界として上昇してきたと考えられてきた[e.g. 2]。しかし、近年の研究で HHC 内に存在する延性剪断帯である High Himal Thrust (HHT)も HHC の上昇において重要な役割を果たしたことが指摘されている[3]。HHC は HHT を境界として上位側を Upper HHC、下位側を Lower HHC と区別される。

一方で、ルートゾーンから南に張り出した HHC ナップでは藍晶石安定領域から珪線石安定領域にかけての時計回りの *P-T-t* パスが報告されているが[4]、研究例が少なく、HHC ナップの上昇のテクトニクスを議論する上ではさらに広域的に *P-T-t* パスを制約する必要がある。

そこで本研究では、ダンクッタ以北地域の HHC ナップから採取した変成岩類の *P-T-t* パスを構築し、その上昇機構の解明に寄与することを大目的としている。本研究ではこれまでに、採取した泥質変成岩の鉱物組み合わせに基づき変成分帯を行い、ダンクッタから北に向かって藍晶石アイソグラッド、珪線石アイソグラッド、白雲母消滅アイソグラッドを定義した[5]。

今回新たに藍晶石アイソグラッドよりも高変成度側に位置する Grt-Ky-Bt 片麻岩の *P-T* パスの構築を行った。同片麻岩の主要鉱物組み合わせは Grt+Bt+Ky+Sil+Qtz である。Grt は包有物の多いコア、マントル、包有物の少ないリムの 3 段階に区別される。また、Grt リムは Bt+Sil+Qtz±Pl に部分的に置換される。基質の藍晶石は部分的に珪線石に置換される。Grt コアに包有される Rt に対して Zr-in-Rt 地質温度計[6]を、Qtz に対し Qtz-in-Grt 地質圧力計[7,8,9]を適用し、Grt コアの形成温度圧力を 690℃, 8.2 kbar と推定した。さらに Grt リムが Bt+Sil+Qtz±Pl に分解された組織に対して Grt-Bt 地質温度計[10]と GASP 地質圧力計[11]を適用し、後退変成時の *P-T* 条件を 600℃, 6.0 kbar と推定した。このことから本試料は Grt コア形成段階から Grt の分解組織形成に至る減温減圧の *P-T* パスを経たことがわかる。

今回得られた *P-T* パスは、藍晶石安定領域から珪線石安定領域にかけての減温減圧パスである点で、白雲母消滅アイソグラッドよりも高変成度側の Grt-Ky-Bt 片麻岩ですでに構築した *P-T* パス[5]と類似する。また、本研究地域の北東に位置する Lower HHC で構築された *P-T-t* パス[12]と東に位置する Ilam ナップで 構築された *P-T-t* パス[4]とも類似する。このことから、ルートゾーンの Lower HHC と HHC ナップは同様の上昇プロセスを経たことが示唆される。

引用文献: [1] Jamieson et al., 2004. JGR., 109, B06407. [2] Beaumont et al., 2001. Nature, 414, 738-742. [3] Imayama et al., 2018. Geol. Soc. London Sp. Pub., 481(1), 147-173. [4] Imayama et al., 2022. J. Asian Earth Sci., 105236. [5] 工藤ほか, 2022, 日本地球惑星科学連合 2022 大会講演要旨, SMP27-06. [6] Tomkins et al., 2007. JMG., 25(6), 703-713. [7] Angel et al ., 2017. Contrib. Mineral. Petrol., 172(5), 1-15. [8] Angel et al., 2017. Am Mineral., 102(9), 1957-1960. [9] Schmidt & Ziemann, 2000. Am. Mineral., 85(11-12), 1725-1734. [10] Holdaway, 2000. Am. Min., 85(7-8), 881-892. [11] Holdaway, 2001. Am. Min., 86(10), 1117-1129. [12] Imayama et al., 2012. Lithos., 134-135, 1-22..

Key Words: Himalaya, Higher Himalayan crystalline nappe
*Corresponding author: kudo.shumpei.84x@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

後期新原生代－カンブリア紀の超高温変成岩体の熱源：ジルコン中の昇温期メルト包有物の化学組成からの制約

鈴木康太*、河上哲生、小木曽哲（京都大）、坂田周平（東京大）

Heat source of the late Neoproterozoic-Cambrian ultrahigh temperature terrane: constraints from chemical composition of prograde melt inclusions in zircon

Kota Suzuki*, Tetsuo Kawakami, Tetsu Kogiso (Kyoto Univ.) & Shuhei Sakata (Tokyo Univ.)

It is controversial whether ultrahigh temperature (UHT) terrains were generated by radiogenic self-heating of the lower crusts [1] or by externally added heat from the upwelling mantle [2]. The radiogenic heat leads the lower crusts in collisional orogens to the UHT condition slowly (10's Myr after the onset of collision [3]), and granulite-UHT conditions are usually maintained for ~30-100 Myr [3]. Meanwhile, the mantle upwelling accompanied by the underplating/intraplating of mantle-derived magmas leads the lower crusts in back-arc settings and in collisional orogens to the UHT condition rapidly (>5 Myr after the underplating/intraplating [2]), and granulite-UHT conditions are usually short-lived (<10 Myr [3]). However, the poor understanding of prograde pressure-temperature-time (*P-T-t*) evolutions of almost all of the UHT terranes makes it difficult to reliably discuss the heat sources [3]. In this study, we discuss the heat source of a ~560-520 Ma UHT terrane (Rundvågshetta, Lützow-Holm Complex, East Antarctica) by using chemical composition of prograde melt inclusions in zircon (MI_{Zrn}) in a UHT granulite.

The MI_{Zrn} is included in the cathodoluminescence-dark mantle of zircon. Applying the Ti-in-zircon geothermometer [4] to the zircon mantle yielded 710-790 ºC [5]. The weighted mean age of the zircon mantle was ~560 Ma [5]. MIs are also included in the P-poor core of garnet (MI_{Grt}). Applying the Zr-in-rutile geothermometer [6] to rutile inclusions in the garnet core yielded ~900 ºC [5]. [5] interpreted that the MI_{Zrn} and MI_{Grt} were formed in the prograde and near-peak UHT conditions, respectively. [5] also constrained the duration of anatexis to be at least ~40 Myr, by combining the previously-reported leucosome crystallization age of ~520 Ma [7].

In this study, we performed piston-cylinder remelting experiments of MI_{Zrn} using separated zircon grains, and analyzed the rehomogenized glassy MI_{Zrn} (n = 4) and primary glassy MI_{Grt} (n = 5) by SEM-EDS. The experiments were conducted at 900 ºC/15 kbar for 24h. To prevent Na loss, the glass was analyzed with 15 kV acceleration voltage, 300 pA beam current, and 30 seconds live time. Because ZrO_2 of the host zircon was detected in the MI_{Zrn} analysis due to its small size (<5 μm), the glass composition was corrected by subtracting zircon component and normalized to 100 wt%. Both MI_{Grt} and MI_{Zrn} were peraluminous (ASI = 1.24-1.33 for MI_{Grt}, 1.10-1.31 for MI_{Zrn}) with high SiO_2 (76.2-77.2 wt% in MI_{Grt}, 74.1-76.5 wt% in MI_{Zrn}) and low CaO (not detected in MI_{Grt}, 0.3-0.8 wt% in MI_{Zrn}). Na_2O was high in MI_{Zrn} (2.2-3.3 wt%) compared to MI_{Grt} (1.1-1.5 wt%), while K_2O was high in MI_{Grt} (7.5-8.0 wt%) compared to MI_{Zrn} (5.9-7.9 wt%). In the Qz-Ab-Or normative diagram, the MI_{Grt} plots away from the haplogranite eutectic points for different *P* conditions and plots close to the Qz-Or axis. This is consistent with the MIs in garnet reported from the same lithology [8]. Meanwhile, the MI_{Zrn} plots close to the eutectic point of 5 kbar and a_{H_2O} = 0.07 [9]. So far, neither the MI_{Grt} nor MI_{Zrn} showed liner chemical trend in the diagram.

It is recently suggested that compositional homogeneity of prograde MIs reflects the rate of heating during prograde metamorphism [10]. [10] reported that composition of prograde MIs in garnet in an anatectic enclave show a liner trend parallel to the Qz-Ab axis in the Qz-Ab-Or normative diagram. This trend is confirmed in experimental glasses produced at high degree of *T* overstepping [11]. [11] interpreted, under the rapid heating conditions, that the sluggish diffusion of Si compared to the rapid diffusion of alkalis in melts results in the liner trend in the diagram. In fact, the enclave is interpreted to have experienced rapid prograde heating into the granulite facies condition by the underplating of mantle-derived magmas [12]. On the other hand, the prograde MI_{Zrn} in this study shows no liner trend in the diagram. Therefore, the external heat from the mantle is unlikely involved in attaining the peak UHT condition, but rather the radiogenic self-heating may be the viable heat source in Rundvågshetta. This is supported by the long-lived anatexis (~40 Myr) [5] and the lack of syn-metamorphic igneous activities [13] in this region. Although the protolith ages of orthogneisses in this region are reported as ~2.5 Ga, only one intrusive rock and two quartzites yield ~600 Ma protolith and metamorphic ages, respectively [13]. It is pointed out that terranes once melted in a previous metamorphic event are less fertile and thus less latent heat is consumed by anatexis in next events [1]. Although no polymetamorphic evidence was found at least in the studied UHT granulite, the ~600 Ma event possibly helped this region to attain the UHT condition in the next ~560-520 Ma metamorphic event.

References: [1] Clark et al. (2015) *Gondwana Res.* [2] Gorczyk et al. (2015) *Geosci. Front.* [3] Harley (2021) *Encycl. Geology* [4] Ferry & Watson (2007) *CMP.* [5] Suzuki et al. (2022) *EGU2022 Abst.* [6] Tomkins et al. (2007) *JMG.* [7] Fraser et al. (2000) *JMG.* [8] Carvalho et al. (2021) *EGU2021 Abst.* [9] Becker et al. (1998) *CMP.* [10] Acosta-Vigil et al. (2017) *Lithos* [11] Acosta-Vigil et al. (2006) *CMP.* [12] Cesare & Maineri (1999) *CMP.* [13] Dunkley et al. (2021) *Polar Sci.* **Keywords:** melt inclusion, glassy inclusion, zircon, piston-cylinder, rare earth element. **Corresponding author:** suzuki.kouta.22u@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Oral presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

Mon. Sep 19, 2022 2:15 PM - 3:15 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 5:15 AM - 6:15 AM UTC | B351 Adv. Edu. Res. Bldg. E-3F

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Kouta Suzuki(Kyoto Univ.)

[Chairperson]
Kouta Suzuki: R8-13 - R8-16

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[R8-13] An application of Raman geothermometry to carbonaceous materials in metapelites of the Horokanai area in the Kamuikotan metamorphic terrane, central Hokkaido, Japan

*Kosuke Naemura[1], Yushi Nishida[1], Ichiko Shimizu[2], Yuriko Horie[2], Syusuke Kinoshita[2], Takao Hirajima[2] (1. Iwate University, 2. Faculty of Science, Graduate School of Kyoto University)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R8-14] Re-proposal of a Metamorphic zoning in the Horokanai Area of Kamuikotan Metamorphic Belt

*Takao Hirajima[1], Wataru Yabuta[1], Kohta Minagawa[1], Kohichi Kataoka[1], Shusuke Kinoshita[1], kazuyuki Dohmen[1] (1. Kyoto Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R8-15] Metamorphic condition of the metamorphic rocks of Chikujo Town, Fukuoka Pref. and Otsushima Island, Yamaguchi Pref. , in southwest Japan

*ZEJIN LU[1], Masaaki Owada[1], Naoki Shibata[1] (1. Yamaguchi Univ. Sci)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R8-16] Polyphase metamorphism in migmatite zones caused by pulsed granitoid intrusions into a low-*P/T* type metamorphic belt: decoding *P-T-D-t* paths using multi-stage growth of zircon

*Tetsuo Kawakami[1], Tomoe Ichino[1], Keiichi Kazura[1], Shuhei Sakata[2], Kota Takatsuka[1] (1. Kyoto Uni. Sci., 2. Uni. Tokyo)

神居古潭変成帯・幌加内地域の泥質変成岩へのラマン炭質物温度計の適用

苗村康輔、西田裕志（岩大教育）、堀江百合子、木下周祐、
平島崇男、清水以知子（京大理）

An application of Raman geothermometry to carbonaceous materials in metapelites of the Horokanai area in the Kamuikotan metamorphic terrane, central Hokkaido, Japan

Kosuke Naemura*, Yushi Nishida (Education, Iwate Univ.), Yuriko Horie, Shusuke Kinoshita, Takao Hirajima, Ichiko Shimizu (Graduate School of Sci., Kyoto Univ.)

Kamuikotan blueschists exposed in the Horokanai area near Asahikawa display metamorphic zonation consisting of lawsonite dominant ZoneI, transitional ZoneII, and epidote-bearing ZoneIII. This study aims to constrain temperature condition of each zone by use of Raman geothermometry for carbonaceous materials. We applied geothermometer to 8 metapelites along Osarunai River at the NW side of the area and obtained a quite uniform temperature ranging from 280 to 300 ℃. Carbonaceous materials also occur in highly magnesian actinolite schists whose temperature was estimated around 400 °C. Therefore, surface temperature for the subducting slab that created Kamuikotan metamorphic rocks should be 300 °C prior to the cessation of subduction. On the way to the surface, it was heated up to 400 ℃ probably by conductive heat from the overlying mantle wedge.

日本を代表する青色片岩の産地の一つである神居古潭変成帯の大部分はメランジュ帯であるが、旭川市北西の幌加内地域ではCa-Alケイ酸塩鉱物の累進的な変化が見られ、Shibakusa (1989)はローソン石が卓越する構造的下位のⅠ帯から、上位に向かって緑簾石が出現し始めるⅡ帯、幌加内オフィオライトとの境界近傍でローソン石が消滅するⅢ帯との変成分帯を提案した。この累進変化は神居古潭変成帯を形成した沈み込み帯の深部温度構造を反映したものと考えられている。しかし、300℃程度で形成された変成鉱物の固溶体モデルや地下深部の水の活動度推定には不確定要素が大きく、岩石の形成温度を見積もる際に大きな障害となってきた。

炭質物を用いた地質温度計は、単体鉱物内における原子配置の秩序化を用いた温度計であるため、上記の問題点を回避することが可能である。Kouketsu et al. (2014)は、400℃以下の温度条件では炭質物のラマンスペクトルの一つ（D1 バンド）の半値幅が温度見積もりに使用できることを示した。本研究は、この手法を利用して神居古潭変成帯の温度を見積もった。

隣接する神居古潭渓谷においては泥質変成岩が卓越するのとは対照的に、幌加内地域では泥質変成岩が稀少である。しかし、京大グループの調査により、幌加内北西部の長留内川沿いに露出する神居古潭変成岩には、泥質変成岩が卓越することが判明した。この地域もShibakusa (1989)により、Ⅰ～Ⅲ帯に分帯されているため、複数の変成分帯の温度見積もりができることが期待された。

泥質変成岩は極めて脆いが、フェンジャイト成分に富む白雲母（Si=3.38~3.65 apfu, O=11）と石英、緑泥石、石墨で構成される。同じ露頭に産出する泥質片岩と塩基性片岩を比べると、前者に応力が集中したため縮緬皺褶曲などの微細な変形組織が顕著に見られる。本研究は、炭質物ラマン温度計を泥質変成岩9試料に適用した結果、そのうち8試料（Ⅰ帯：2試料、Ⅱ帯：6試料）については 280–300℃と一様な温度見積もりとなり、Ⅰ帯とⅡ帯の間に有意な温度差は見られなかった。残り1つの泥質変成岩は長留内川上流のⅡ帯に位置し、約200℃と顕著に低い温度を示した。さらに上流のⅡ帯では、赤色チャートと黒～緑のアクチノ閃石片岩を三箇所から見いだした。アクチノ閃石片岩は繊維状のアクチノ閃石と緑泥石で構成され、高圧の藍閃石や微細な不透明鉱物炭質物の微細結晶を包有していた。緑色のアクチノ閃石片岩は炭質物を含まないのに対して、黒色のものは炭質物を多く含むことが判明した。これに炭質物ラマン温度計を適用した結果、アクチノ閃石片岩の形成温度は約400℃であった。

以上の結果から、神居古潭変成帯のⅠ～Ⅱ帯を形成した沈み込みプレート上面温度は均質で極めて低温（約300℃）だったことが確かめられた。さらにアクチノ閃石片岩が上昇ステージの交代作用で形成されたならば、400℃まで昇温しながら上昇したことが示唆される。

Keywords: Kamuikotan belt. Raman geothermometry, blueschist, subduction zone.

Corresponding author: Kosuke Naemura, naemura@ iwate-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

神居古潭変成帯幌加内地域の変成分帯の再提案

平島崇男、薮田　渉、皆川広太、片岡晃一、木下周祐、道免和之(京大)

Re-proposal of a metamorphic zoning in the Horokanai Area of Kamuikotan Metamorphic Belt

T. Hirajima*, W. Yabuta, K. Minagawa, K. Kataoka, S. Kinoshita, K. Dohmen (Kyoto Univ.)

1.はじめに：

青色片岩(BS)は沈み込み帯浅部（地下 20－40 km）の流体活動を把握するうえで重要な素材である。北海道・神居古潭変成帯幌加内地域には、ローソン石(Lws)BS と緑簾石(Ep)BS の産出が報告されている。柴草(1974)は変成岩中の Lws/Ep の有無に基づいた分帯を提案した。その一方で、榊原ほか (2007)は変成岩の白雲母 K-Ar 年代に基づいた地帯区分を提案したが、それぞれの提案には問題点が内包されている(竹下ほか、2018 参照)。

本研究では、当該地域の BS の low-variant 鉱物組み合わせの分布に規則性を見出した。その意義について以下に報告する。

2:幌加内地域の地質概略と研究手法:

旭川市江丹別町とその北西の幌加内町には約 10x8km^2 の範囲で神居古潭変成岩が分布し、その東西両側は超塩基性岩と接している。幌加内峠～江丹別峠～冬路山～シラッケ山を結ぶ稜線より南方は、概ね、柴草(1974)の ZoneI{Lws –パンペリー石(Pmp)帯}、或いは、榊原ほか (2007) の美瑛ユニットに相当し、総じて片理の発達が弱い。それに対して、稜線より北方は、柴草(1974)の ZoneII/III、或いは、榊原ほか (2007) の幌加内ユニットに相当し、片理の発達が顕著になる。

Lws は当該地域の全域から認められるが、Ep は北部の片岩地域に限られる。両鉱物以外に、Pmp、アルカリ輝石(Napx)、アルカリ角閃石(Namp)、緑泥石(Chl)、白雲母、石英、アルバイト、炭酸塩鉱物、Fe 酸化物等が認められる。本研究では当該地域の変成苦鉄質岩を Al-Ca-(Fe＋Mg)-Fe^{3+}の仮想 4 成分系と見做し、それらに含まれる low-variant 鉱物組み合わせに注目した。

3: low-variant 鉱物組み合わせの地域変化

柴草(1974)の ZoneI と榊原ほか (2007)の美瑛ユニットでは、Chl 過剰で、Lws-Napx-Pmp 組合せが卓越する。この地域の北縁部と東縁部では、Lws-Namp±Napx±Pmp が認められる。従って当該地域の北縁部と東縁部では；

Napx + Pmp + Chl + H_2O = Lws + Namp　(1)

の吸水反応が進行したことが示唆される。

北部の片岩地域、すなわち、柴草(1974)の ZoneII/III、或いは、榊原ほか (2007) の幌加内ユニットでは、Chl 過剰で、以下の自由度 1 の 2 つの 4 相組合せと；

Ep-Lws-Namp-Pmp、Ep-Lws-Namp-Napx、

それらの部分集合に当る鉱物共生を見出した。

4:モデル petrogenetic grid による検証

Al-Ca-(Fe＋Mg)-Fe^{3+}の 4 成分系で、上記 6 相にアクチノ閃石(Act)とヘマタイト(Hem)加えた 4 成分 8 相系で petrogenetic grid を作成した。幾何学的に可能な複数の grid のうち、幌加内地域で確認した反応(1)を含み、その低温高圧側 の不変点が[Ep, Hem] 、高温低圧側 の不変点が[Tr, Hem]とする grid を選んだ。すなわち、反応(1)は負の勾配を持っている。

この grid から、柴草(1974)の ZoneI の大半では Lws-Napx-Pmp 組合せが安定で、地域北方に向けて昇温昇圧し、反応(1)を踏み越えて LwsBS が形成されたことが読み取れる。

不変点[Tr, Hem]からは、伴に正の勾配を持つ反応(2)が低圧側に、反応(3)は高圧側に射出する

Pmp + Lws + Napx = Ep + Chl + H_2O　(2)

Namp + Lws + Napx = Ep + Chl + H_2O　(3)

これらの鉱物共生は片岩帯で見つけた上記 2 つの自由度 1 の組み合わせに一致する。また、Ep-Chl 組合せは反応(2)と(3)より高温で安定となる。

結論として、幌加内地域の BS の形成温度は不変点[Tr, Hem]周辺の非常に限定的な温度条件で形成されたこと、並びに、幌加内地域の変成苦鉄質岩では、LwsBS の形成までは吸水過程が卓越したが、EpBS の形成の際に脱水過程に移行したことが判明した。この点は、片岩帯に流体活動の痕跡である白色脈が認められることと相補的である。

Keywords: blueschist, lawsonite, petrogenetic grid. Kamuikotan belt.
Corresponding author: T. Hirajima, hirajima.takao.4u@kyoto-u.a

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県築上町と山口県大津島に産する変成岩類の変成条件

LU ZEJIN(山口大), 大和田 正明(山口大), 芝田 直樹(山口大)

Metamorphic condition of the metamorphic rocks of Chikujo Town, Fukuoka Pref. and Otsushima Island, Yamaguchi Pref. , in southwest Japan

ZEJIN LU(Yamaguchi Univ.),Maasaki Owada*, Naoki Shibata*

はじめに　西南日本には三畳紀高圧型変成岩の周防帯変成岩類が広範囲に点在している（地質調査総合センター，2022）。近年，周防帯の分布域から白亜紀貫入岩類に伴われた低圧型の変成岩類が各地から報告されてきた。例えば，大牟田地域では，Ikeda et al. (2017)によって領家帯に相当する低圧型変成岩類の温度･圧力条件が推定された。ほか，Miyazaki et al. (2017)は角閃岩相高温部の条件を示すミグマタイトのジルコンU–Pb年代を報告した。その結果，ミグマタイトの形成年代は105 Maであるが，原岩の堆積年代は古生代ペルム紀250Maである。さらに柚原ほか（2021）は, 福岡県築上町に分布する田川変成岩の変成条件が低圧型で，原岩の堆積年代値が約250Maであることを示した。一方，LU et al. (2021)は，山口県大津島の変成岩が低圧型で, 原岩の堆積年代が約250Maであることを示し，九州に点在する上記変成岩類と同じ地質帯に属するとした。

上述した地域の変成条件は550–720˚C，150–400MPaであるが，P–T履歴や古地温勾配の特定には至っていない。そこで本研究では，築上町本庄と大津島に産する泥質変成岩に注目し, 鉱物組織から変成履歴を解明し, 領家帯柳井地域と比較する。そして，西南日本に分布し，周防帯を原岩とする低圧型変成岩類の特徴を明らかにする。

地質概要　大津島産変成岩類は主に泥質片岩から構成され、島の北東部には白亜紀の花崗岩が貫入している。片理面は東西方向で北南に傾斜し，褶曲構造が認められる。

築上町本庄地域には, 中新世後期～鮮新世初期の火山岩類が広く分布し, 河床部に砂泥質変成岩類が東西500 m，南北200 mの範囲に分布する。変成岩類は伊良原花崗閃緑岩に貫かれる。片理面はNE–SW走向で，分布域の中央部に背斜構造の軸部が想定される。

鉱物組み合わせ　大津島の最高変成度はSil 安定な温度条件に達し, 鏡下組織と鉱物組み合わせから，Bt zone，And-Crd zone，Sil zone に変成分帯される。一方，本庄地域の変成岩は以下の鉱物組み合わせを示し，大津島のAnd-Crd zoneとSil zoneに対応する。Bt+Ms+Grt; Crd+Ms+Bt±Kfs±Grt; And+Ms+Bt±Crn; And+Crd+Bt±Kfs±Grt; Grt+Sil+Crd+Bt。

変成履歴　大津島のAnd-Crd zoneはAndがMsとQtzを包有することからMs＋Qtz →And＋Kfs＋H_2Oの反応が想定される。また，Crd中には，ChlとMsが含まれることからChl+Ms+Qtz →Crd+Bt+H_2OによってCrdが生成したと考えられる。また，面構造を形成するCrd中にBtが含まれることからSil+Bt+Qtz →Crd+Kfs+H_2Oの反応が起こったと考えられる。さらに，片理面を切るMsや，Crn, Andの周囲に産するMsが含まれる。こうした産状からSil zoneの変成岩類は後退変成作用によってAndやMs+Qztが安定な温度条件へ温度が低下したと考えられる。すなわち、大津島の変成岩は時計回りの P-T Pathを示すと推察される。

一方, 本庄地域でも同様に昇温期変成作用が認められる。すなわち，Bt＋Ms＋Qtz → Crd＋Kfs＋H_2O，And → Sil，Bt＋Sil＋Qtz → Crd＋Crd＋H_2Oが進行したと考えられる。また，AndやCrnの斑状変晶の周縁部に細粒な白雲母がコロナ状組織を形成している。従って、本庄地域の変成岩も時計回りをP-T pathを示す。

古地温勾配　大津島の変成条件And-Crd zoneは500-550℃，100-270MPaで，Sil zoneは600-720℃と300-420MPaが見積もられた。地殻の密度を2.9g/cm^{3}とした場合，Bt zoneの温度圧力条件は見積もられていないが，地表からAnd-Crd zoneに達する勾配は80–100˚C/km，And-Crd zoneからSil zoneへは40–50˚C/kmである。これはSkrzypek et al.(2016)による岩国–柳井地域の領家帯変成岩の古地温勾配の特徴を類似している。また，本庄地域や大牟田の地域の変成岩類も大津島の地温勾配上にプロットされる。

Keywords: HT metamorphic rocks; P-T path;Geothermal gradient

低 *P/T* 型変成帯へのパルス状花崗岩貫入によるミグマタイト帯の複数回の変成—ジルコンの多段階成長を用いた *P-T-D-t* 履歴の解読

河上哲生*, 市野智栄, 葛立恵一(京大院理), 坂田周平(東大地震研), 髙塚紘太(京大院理)

Polyphase metamorphism in migmatite zones caused by pulsed granitoid intrusions into a low-*P/T* type metamorphic belt: decoding *P-T-D-t* paths using multi-stage growth of zircon

Tetsuo Kawakami*, Tomoe Ichino, Keiichi Kazuratachi (Kyoto Uni.), Shuhei Sakata (Uni. Tokyo), Kota Takatsuka (Kyoto Uni.)

領家帯三河高原地域には、約 100 Ma～70 Ma の年代値を示す変成岩類や深成岩類が広く露出している。花崗岩類・斑レイ岩類が領家変成岩類に対してパルス状に多数貫入し、白亜紀フレアアップイベント時の上～中部地殻の断面が保存されていると考えられている[1]。本研究では同地域に露出する領家変成岩類のうち最高変成度のザクロ石ー菫青石帯と、伊奈川花崗岩周辺の接触変成帯に産するミグマタイトの温度ー圧力ー変形ー時間（*P-T-D-t*）履歴を推定し、花崗岩類のパルス状貫入に伴う複雑な地殻の応答について制約を試みた。

ザクロ石ー菫青石帯では、ミグマタイト中のジルコンの約 97 Ma から 87 Ma の年代を示す部分が珪線石を包有し、ジルコンの成長時期は試料ごとに異なっていた。このことから、珪線石安定領域下での高温変成作用が約 97 Ma から 87 Ma まで継続したことがわかる。ミグマタイトの片麻状構造を切る紅柱石ー石英脈がザクロ石ー菫青石帯から新たに見つかったことから、同帯のミグマタイトはその後一旦約 500 ℃、4 kbar（紅柱石安定領域の高圧部）への冷却を経験したことがわかった。他の試料では、同様の紅柱石ー石英脈が褶曲を伴う変形によりレンズ状を呈する。また、紅柱石ー石英脈の構造を切るにもかかわらず片麻状構造に平行に配列する、2 次的な珪線石（脈形成前から存在し片麻状構造に平行な珪線石とは異なる CL 輝度を持つ）が形成されている。ザクロ石ー菫青石帯のジルコンには珪線石を包有する約 84 Ma を示す部分が成長している。したがって、紅柱石ー石英脈を切って片麻状構造に平行に配列する珪線石は、片麻状花崗岩類の貫入（約 81 Ma[2]、誤差の範囲内で約 84 Ma と一致）に伴って形成されたと考えられる。以上の観察から、ザクロ石ー菫青石帯の構造的直下への片麻状花崗岩類の貫入により、同帯のミグマタイトは再度、珪線石安定領域まで加熱された。また、ミグマタイトの片麻状構造を形成する延性変形はミグマタイトの層構造ができてメルトが固結した約 89 Ma 以前に開始しており[1]、少なくとも約 84 Ma までは続いたと考えられる。このように、ザクロ石ー菫青石帯のミグマタイトは、約 97Ma から 87Ma にかけての広域変成と、約 84 Ma から 79 Ma の片麻状花崗岩類の貫入に伴う接触変成の、複数回の変成作用と延性変形を経験したことが明らかとなった。その後、約 71-70 Ma にさらに多量の花崗岩類の貫入を経験し[1]、2.2-2.3 kbar の圧力下で接触変成帯が形成された[3]。

伊奈川花崗岩の周囲の接触変成帯（菫青石ーカリ長石帯）にもミグマタイトが発達するが、このミグマタイト中のジルコンからは約 74 Ma の変成年代が得られ、それより古い変成年代は得られなかった。また、約 70 Ma の年代を示す変形同時のペグマタイト脈とポストテクトニックなペグマタイト脈の双方が見つかった。このことから、伊奈川花崗岩を含む「75-69 Ma 花崗岩類」[1]はその貫入に伴い、もともと低変成度の変成岩であった周囲の岩石の部分融解と局所的な低歪みの延性変形を引き起こしたことがわかった。

柳井地域[4, 5]や青山高原地域[6-9]など他の領家帯の高度変成部と比較すると、三河高原地域と青山高原地域は約 80 Ma の花崗岩類の貫入に伴うザクロ石ー菫青石帯の再加熱[8]があるという点で類似している。一方、柳井地域のザクロ石ー菫青石帯では約 103-99 Ma の変成年代とほぼ同期した花崗岩類の活動[4, 5]しか見られない点で、他の領家帯の高変成度部とは異なる熱履歴を経ている。領家帯の形成プロセスを考える上ではこうした東西の変成履歴の違いも考慮する必要がある。

引用文献

[1] Takatsuka et al. (2018) Lithos, 308–309, 428–445.
[2] Takatsuka et al. (2018) Island Arc, 27, e12224.
[3] 遠藤・山崎 (2013) 地質調査研究報告, 64, 59-84.
[3] Skrzypek et al. (2016) Lithos, 260, 9-27.
[4] Skrzypek et al. (2018) J. Petrol. 59, 1109-1144.
[5] Kawakami et al. (2013) CMP, 165, 575–591.
[6] Kawakami et al. (2019) Lithos, 338–339, 189–203.
[7] Kawakami and Suzuki, (2011) Island Arc, 20, 439-453.
[8] 東野ほか (2022) 日本地球惑星科学連合 2022 年大会講演要旨, SCG47-03.

Keywords: low *P/T* type metamorphic belt, zircon, *P-T-t* path, Ryoke belt, magmatic flare-up

*Corresponding author, t-kawakami@kueps.kyoto-u.ac.jp

Oral presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

Mon. Sep 19, 2022 2:15 PM - 3:15 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 5:15 AM - 6:15 AM UTC | B253 Adv. Edu. Res. Bldg. E-2F

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Chairperson: Jun Kawano(Hokkaido Univ.)

[Chairperson]
Jun Kawano: R4-12 - R4-15

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[R4-12] Ammonium capturing behavior by saponite

*Hiroto Tokumon[1], Keisuke Fukushi[2], Yasuhito Sekine[3] (1. Kanazawa Univ. Sci, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ, 3. Tokyo Institute of Technology)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R4-13] Pyrite framboid analysis of the Lower Triassic Osawa Formation in the Southern Kitakami Terrane, Japan: an insight into the redox conditions

*Yoshino Ishizaki[1], Yuta Shiino[2], Eiichi Takazawa[2] (1. Niigata Univ. Grad., 2. Niigata Univ. Sci.)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R4-14] Spectroscopic Characterization of Major Interlayer Cations in Smectite

*Yohei Noji[1], Keisuke Fukushi[2], Hiroto Tokumon[1] (1. Kanazawa Univ. Sci., 2. Kanazawa Univ. K-INET)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R4-15] Super-Radioactive Unit 1-Derived Particles from Fukushima Daiichi ~Properties and Environmental Impacts~

*Satoshi Utsunomiya[1], Kazuya Morooka[1], Kazuki Fueda[1], Shinya Yamasaki[2], Kenji Horie[3], Gareth T. W. Law[6], Bernd Grambow[5], Rodney C. Ewing[4] (1. Kyushu Univ., 2. Tsukuba Univ., 3. NIPR, 4. Stanford Univ., 5. Univ. Nantes, 6. Univ. Helsinki)

サポナイトによるアンモニウム取り込み挙動

徳門 弘都 1、福士 圭介 2、関根 康人 3
(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)

Ammonium capturing behavior by saponite

Hiroto Tokumon1*、Keisuke Fukushi2、Yasuhito Sekine3
(1. Kanazawa Univ, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ,
3. Tokyo Institute of Technology

層状構造を有するケイ酸塩鉱物であるサポナイトは、水中に存在する陽イオンを層間に保持する特性を持つ。近年の宇宙探査では小惑星セレスの表面上に、層間にアンモニウムを保持するサポナイトが発見されている。そのため、このアンモニウム$^+$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。グランドタックモデル（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、アンモニアスノーラインから初期セレスの位置についても考察することができる。そのため、アンモニウムに富んだとされるセレス初期海洋の水質を理解するために、サポナイトのアンモニウム取り込み挙動を理解することは必須条件である。しかし、サポナイトによるアンモニウム取り込み挙動は検討例がほとんどない。そこで本研究では Na^+-NH_4^+選択係数の測定を定量的に行い、非結晶性の高い合成サポナイトと結晶の天然サポナイトで比較する。また同様の構造を持つモンモリロナイトでも比較を行い、得られた結果からセレス初期海洋の溶液中 NH_4^+ 濃度復元を試みる。

試料は合成サポナイトであるスメクトン-SA、天然のスペインサポナイト、天然ベントナイトの高純度モンモリロナイトであるクニピア-F、の計３つを使用した。まず、各サンプルを１N の NaCl 溶液で攪拌させ、層間を完全にナトリウムで置換させたスメクタイト懸濁液を作成した。次に、各懸濁液に NH_4Cl 溶液を添加し、ナトリウムからアンモニウムへの陽イオン交換実験を行い、反応後に溶液中に残留したアンモニウム濃度を測定することで層間アンモニウム含有率を計算した。なお、溶液中のイオン濃度はイオンクロマトグラフ及び誘導結合プラズマ発光分光装置で測定した。溶液中のイオン活量を αX で、スメクタイト層間におけるイオン種の割合を β_x で表すと、Na^+-NH_4^+選択係数 K は

$$K_{(Na\rightarrow NH_4)} = \frac{(\beta_{NH_4^+})(\alpha Na^+)}{(\beta_{Na^+})(\alpha NH_4^+)} \quad \cdots (1)$$

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 で算出した。

実験結果より、概ね１：１の割合で、層間にアンモニウムが取り込まれた分、ナトリウムが層間外へ出ていく関係性がみられた。この結果は今回の実験条件において、アンモニウムのスメクタイトへの取り込みは層間へのイオン交換により進行したことを示す。Na^+-NH_4^+選択係数については、異なるアンモニウム濃度条件でも一定値が得られた。各試料で比較すると、合成サポナイト（スメクトン-SA）＜天然サポナイト（スペインサポナイト）＜モンモリロナイト（クニピア-F）の大小関係となった。De Sanctis et al (2020)では、Na^+-NH_4^+選択係数の代わりに、経験的手法により推定される Na^+-K^+選択係数を仮定してセレス初期海洋のアンモニウム濃度を 10～30mmol/kg と推定している。一方、本研究で得られた Na^+-NH_4^+選択係数の値から推定されるセレス初期海洋のアンモニウム濃度は 100～900mmol/kg であり、これは先行研究で報告されるセレス初期海洋のアンモニウム濃度が実際は相当高かったことを示している。またこれはセレスが太陽系形成初期、アンモニアのスノーライン以遠に位置したこと示唆するが、これは先行研究に同調的事実であった。

今後は各サンプルの層間アンモニウムを FTIR で測定し、スペクトルミキシングモデルを使い、蛇紋岩の測定値と対応させることで、実際の探査機ドーンのセレスにおけるリモートセンシング分光データと比較・検討を行うことで、セレス初期海洋の水質のさらなる詳細な解明を目指す予定である。

Keyword: Saponite, selectivity coefficient, Ceres
Corresponding author: mm00533@stu.kanazawa-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

三畳系大沢層のフランボイダルパイライトから探る酸化還元環境

石嵜美乃*（新潟大・院自然）・椎野勇太（新潟大・理）・高澤栄一（新潟大・理）

Pyrite framboid analysis of the Lower Triassic Osawa Formation in the Southern Kitakami Terrane, Japan: an insight into the redox conditions

Yoshino Ishizaki* (Niigata Univ. Grad.), Yuta Shiino (Niigata Univ. Sci.), Eiichi Takazawa (Niigata Univ. Sci.)

堆積岩に保存される黄鉄鉱は，一般的に，微生物が堆積物中の有機物を消費する硫酸還元反応の結果として形成される。特に，ラズベリー様形態となる黄鉄鉱はフランボイダルパイライトと呼ばれ，酸素の乏しい比較的浅い海底面下で形成されることが知られている[1]。そのため，フランボイダルパイライトの産状は，海底面付近の酸化還元環境を復元する上で重宝される。一方，溶存酸素と水中に含まれる有機物の量によっては，硫酸還元反応が水柱で起こることもある。この場合，堆積岩中には，浮遊限界とされる直径 6 μm 以下のフランボイダルパイライトが主に埋積する。

南部北上山地に分布する下部三畳系稲井層群大沢層は，生痕化石をほとんど含まない葉理の発達した泥岩層を主とし，魚竜や節足動物といった保存されにくい化石を多産することで知られている。また，多数の層準にフランボイダルパイライトが含まれていることから，当時の堆積場は貧酸素環境であったと考えられており，ペルム紀―三畳紀境界の大量絶滅をもたらした無酸素事変との関係も示唆されている[2]。しかしその堆積環境は，外側陸棚から深い海底扇状地まで多様な解釈がなされ，貧酸素水塊がどのような堆積場へ影響を及ぼしていたのかを詳細に検討した例は乏しい。

そこで本研究は，宮城県本吉郡南三陸町の舘崎地域に分布する下部三畳系稲井層群大沢層の岩相解析によって，堆積環境を復元した。さらに，海底および水柱の酸化還元環境を考察するために，5 つの層準から産出するフランボイダルパイライトの形態とサイズ分布を解析した。

岩相解析を行った結果，大沢層の堆積場は，河川から大量の砕屑物が供給されるプロデルタであったことが明らかになった。このような堆積システムによって，植物片などの有機物が大量に供給されていたと考えられる。

大沢層の 5 つの層準で鏡面研磨した薄片を作成し，1 cm 四方の領域に含まれるすべてのフランボイダルパイライトを反射顕微鏡および SEM を用いて観察・測定した。その結果，すべての層準で，海底面下でしか形成されない直径 6 μm 以上の大きなフランボイダルパイライトが存在し，無酸素（anoxic）あるいは貧酸素（dysoxic）環境であることがわかった。このような海底の貧酸素化は，堆積場へ大量の有機物が供給され，分解に伴う酸素消費量の増加と強く関連すると考えられる。また，大沢層中部の 3 層準（No. 2-4）は，水柱で形成されるフランボイダルパイライトの直径の基準となる 6.0 μm 以下の粒子を 40%以上含んでおり，底質の貧酸素化に加え，水柱も断続的に貧酸素であったことが示唆される[3]。

一連の結果から，大沢層のフランボイダルパイライトは，大量絶滅をもたらした無酸素事変だけでなく，プロデルタの堆積場で埋積しやすい有機物にも起因して形成されたと考えられる。前期三畳紀の汎世界的な温暖化が陸域の風化侵食作用を促進させたことを考慮すると，河川から供給された多量の有機物は，海底のみならず，水柱の一部までを貧酸素化させていたのかもしれない。

引用文献 : [1] Liu et al. (2019) Minerals, 9, 428. [2] Yoshizawa et al. (2021) Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 567, 110143. [3] Wignall et al. (2005) Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 216, 183–188.

Keywords: pyrite framboids, Triassic, redox conditions, sulfate reduction
*Corresponding author: f21e066j@mail.cc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

スメクタイト層間主要陽イオンの分光学的キャラクタリゼーション

野路陽平(金沢大), 福士圭介(金沢大), 徳門弘都(金沢大)

Spectroscopic Characterization of Major Interlayer Cations in Smectite

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(Ojha et al., 2015)。NASA の火星探査車パーシビアランスは、かつての湖沼であったジェゼロクレーターを探査している。ジェゼロクレーターには、湖沼堆積物にスメクタイトなどの鉱物が存在することが確認されている(Ehlmann et al., 2008)。溶液中でスメクタイト構造内の層間陽イオンは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、スメクタイトの層間陽イオン組成から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(Fukushi et al., 2019)。探査車パーシビアランスはラマン分光および可視近赤外分光装置を搭載しており、スメクタイトなどの粘土鉱物に対して分析を行う予定である。本研究ではパーシビアランスの分光測定データから層間陽イオン組成を見積もる方法を確立するために、実験室で作成した層間陽イオン種の割合が既知なスメクタイトの赤外分光測定を行った。その測定データの吸収率の増減や、ピーク位置のシフトについて分析し、今後パーシビアランスが火星で測定したスメクタイトの分光測定の結果と比較して、火星のスメクタイトの層間陽イオン組成を決定することができるのかについて検討した。

実験は山形県、月布産のスメクタイトであるクニピア-F を使用し、層間陽イオンが Na^+型のスメクタイト懸濁液を作成した。遠心管に作成した Na^+型スメクタイト懸濁液、溶液の陽イオン濃度が順に 0.4～26mM 程度になるように、KCl 溶液、または $MgCl_2$溶液、または $CaCl_2$溶液を添加し、全量が 40 mL 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℃の温度条件下で、24 時間攪拌し、反応させ、遠心分離機にて固相と液相に分離した。ICP-OES710-ES(VARIAN Inc.)にて液相の陽イオン組成を見積った。陽イオンの層間含有量は、添加した陽イオン濃度から液相の陽イオン濃度を差し引くことで求めた。得られた固相は凍結乾燥させ、フーリエ変換型赤外分光装置 FT/IR-4200(JASCO)を使用して、KBr 錠剤法で赤外吸収スペクトルを測定した。KBr 150 mg にスメクタイト約 1.3 mg を加え、乳鉢でよく攪拌し、加圧成型した。測定ではまずスメクタイト試料を含まない KBr 錠剤でバックグラウンド測定を行い、その後目的の試料の測定を行った。測定時の分解能 4 cm^{-1}で、積算回数は 16 回であった。なお、赤外分光装置室試料内を窒素パージし、測定を行った。測定時の温度は 28±2℃、相対湿度は 5%であった。

赤外分光測定の結果では、層間水由来の波長 2.90μm 付近のピークの吸収率が層間陽イオンの割合によって変化することが確認できた。K^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}すべての試料において、含有率が 0%以外の試料では添加した陽イオン割合が増えると吸収率が高くなることが確認された。また、ピーク位置は Na^+100%の試料と K^+を添加した試料ではほとんど同じだった。しかし、Mg^{2+}と Ca^{2+}が含有されている試料ではピーク位置がやや高波数側にシフトすることが確認された。これは層間陽イオンの水和エネルギーの差や積層構造の違いによるものであると推察される。これらの分光学的特徴をパーシビアランスのデータに適用することができれば、ジェゼロクレーターのスメクタイトの層間陽イオン組成を判別できる可能性が示唆された。

Keywords : Smectite, FT-IR, Mars2020

*E-mail : y_noji0219@stu.kanazawa-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福島原発 1 号機由来の超高放射性粒子(SR1P) ~その特性と環境影響~

諸岡和也(九大院理), 笛田和希(九大院理), 堀江憲路(国立極地研), 山崎信哉(筑波大), Bernd Grambow(ナント大), Gareth T.W. Law(ヘルシンキ大), Rodney C. Ewing(スタンフォード大), 宇都宮聡(九大院理)*

Super-Radioactive Unit 1-Derived Particles from Fukushima Daiichi ~Properties and Environmental Impacts~

Kazuya Morooka, Kazuki Fueda, Kenji Horie, Shinya Yamasaki, Bernd Grambow, Gareth T.W. Law, Rodney C. Ewing, and Satoshi Utsunomiya *

Thirty-one radioactive particles were isolated from surface soils collected 3.9 km north-northwest of the FDNPP. Two of these particles have the highest particle-associated $^{134+137}$Cs activity ever reported for Fukushima (6.1×10^5 and 2.5×10^6 Bq per particle after decay-correction to March 2011). The particle with the highest Cs activity has a glassy carbon core and a surface that is embedded with numerous micro-particles: Pb–Sn alloy, fibrous Al-silicate, Ca-carbonate or hydroxide, and quartz. The composition of the micro-particles on FTB26 reflects the composition of airborne particles at the moment of the H_2 explosion in Unit 1.

1. 緒言

2011 年 3 月に福島第一原発で起きた原子力災害により~520 PBq の放射性核種が放出され、なかでも ^{137}Cs は半減期が約 30 年と比較的長いため、現在も環境中の高線量の要因となっている。環境中に現存する難水溶性の Cs は、高濃度放射性 Cs 含有微粒子(CsMP)と 1 号機由来の放射性粒子の 2 種類の形態で存在する。CsMP は粒径が数 μm 程の粒子で、Cs が約 10^{11} Bq/g と高濃度に濃集している。一方で 1 号機由来粒子は粒径が数百 μm と比較的大きく、多様な形状をとる。Cs の濃度は 10^6 Bq/g 程であるが、1 粒子あたりの放射能は 30 – 37000 Bq と CsMP よりも高い。

1 号機由来粒子は原発北北西部の局所的な場所からのみ発見されているが、この場所は 1 号機の水素爆発による放射性物質が沈着したことで、周辺よりも特異的に線量が高くなっている。つまりこの線量帯から発見される放射性粒子を分析することは、未だアクセスの困難な福島原発 1 号機で起きた水素爆発発生までの事象の解明の手掛かりとなる。本研究では北北西高線量帯の表層土壌から非常に放射能が高い粒子 (SR1P: Super-Radioactive Unit 1-Derived Particles)の単離に成功したので、その精密解析の結果を発表する。

2. 実験

福島県双葉郡双葉町で採取した土壌から、懸濁法により 31 個の放射性粒子を単離した。そのうち最も放射能の高い FTB26 について、Ge 半導体検出器を用い放射能を測定後、SEM-EDX、XRF を用いて構造・組成分析を実施した。また、X-CT により粒子の 3 次元像の構築を行った。更に粒子表面及び粒子断面に対して SIMS による Cs、B 同位体比分析を行った。断面試料は、粒子を切断した後、表面をダイアモンド研磨した。

3. 結果・考察

今回単離した FTB26 の放射能は 2.48×10^6 Bq であり、これまでに報告されてきた放射能の最高値と比較して約 67 倍の放射能を持っていた。^{134}Cs/^{137}Cs 放射能比は 0.954 であり、1 号機由来の放射性粒子であることが確認された。粒径は 3mm と大きく歪な形状をしていた。XRF、X-CT から、粒子表面に高密度な部分が存在し、粒子内部は低密度かつ多孔質であることがわかった。断面の分析から、FTB26 はガラス様炭素を中心核として、建屋内建造物由来とされる微粒子が外縁部に埋め込まれた構造をしていた(図 1)。この組織は 1 号機水素爆発時に建屋内で充満していた大気微粒子を捕獲したものと考えられる。また、同位体比分析の結果、ガラス様カーボンコアから Cs は検出されず、表面の微粒子からのみ Cs が検出された。これは、Cs が水素爆発以前に揮発し、圧力容器から原子炉建屋内部に放出された後に建屋内建造物に吸着していたことを示唆する。

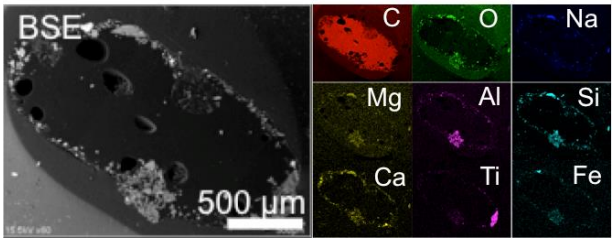


図 1. FTB26 断面の BSE 像及び元素マップ

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

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

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-01] Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite

Narangoo Purevjav[1], Naotaka Tomioka[2], Shigeru Yamashita[7], Keiji Shinoda[3], Sachio Kobayashi[2], Kenji Shimizu[2], Motoo Ito[2], Suyu Fu[4], Jesse Gu[4], Christina Hoffmann[5], Jung-Fu Lin[4], *Takuo Okuchi[6] (1. Univ. Bayreuth, 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metropolitan Univ., 4. Univ. Texas, 5. ORNL, 6. Kyoto Univ., 7. Okayama Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-02] Dehydration Behavior of Hopeite-type (Fe,Co,Ni)$Zn_2(PO_4)_2$

[Presentation award entry]

*ryo tanuma[1], ryo yamane[2], kazumasa sugiyama[2] (1. Tohoku Univ. Eng., 2. Tohoku Univ. IMR.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-03] Prediction of crystal structures of high-pressure Zn_2SiO_4 phases

*Masami Kanzaki[1] (1. IPM)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-04] The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.

*Noboru Furukawa[1] (1. Chiba Uni. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-05] Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals

*Hiroaki Ohfuji[1], Watanabe Rino[2] (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC)

Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite

Narangoo Purevjav*[1,2], Naotaka Tomioka[3], Shigeru Yamashita[1], Keiji Shinoda[4], Sachio Kobayashi[3], Kenji Shimizu[3], Motoo Ito[3], Suyu Fu[5], Jesse Gu[5], Christina Hoffmann[6], Jung-Fu Lin[5], and Takuo Okuchi[1,7]
([1]Okayama University, [2]University of Bayreuth, [3]JAMSTEC, [4]Osaka Metropolitan University, [5]University of Texas, [6]Oak Ridge National Lab, [7]Kyoto University)

Transportation of water through the subduction slab into the deep mantle, at least up to the lower part of the mantle transition zone became well documented through many studies. However, the fate of the water beyond the transition is vague due to the considerable controversy of previous studies on water solubility in the major lower mantle minerals. Bridgmanite is the predominant mineral in the lower mantle, accounting for ~ 80 vol.% of the region. Thus, unarguably it is the most crucial mineral that controls the physical and chemical properties of the lower mantle. Bridgmanite uptakes a significant amount of hydrogen within its crystal structure. Thus, it could be a potential candidate for storing water in the lower mantle, while its mechanisms of how hydrogen is located and incorporated into the crystal structure of bridgmanite are still being debated.

In the present study, we investigated the crystallographic site of hydrogen and its incorporation mechanism in bridgmanite by single crystal neutron diffraction for the first time [1]. High-quality single crystals of hydrous bridgmanite with a composition of $(Mg_{0.88}Fe^{2+}_{0.05}Fe^{3+}_{0.05}Al_{0.03})(Si_{0.88}Al_{0.11}H_{0.01})O_3$ were synthesized by a multi-anvil apparatus under water-saturated environments at relevant pressure and temperature conditions to the topmost lower mantle. The crystallographic site position of hydrogen in the (Fe, Al)-bearing bridgmanite is evaluated by the time-of-flight single-crystal Laue neutron diffraction technique, together with supporting evidence from polarized infrared spectroscopy. Our results show that the primary hydrogen site has an OH bond direction nearly parallel to the crystallographic *b*-axis of the bridgmanite lattice, where hydrogen is located between two oxygen anions to form a straight geometry of covalent and hydrogen bonds. Our modelled results show that hydrogen is incorporated into the bridgmanite crystal structure via coupled substitution of $Al^{3+} + H^+$ simultaneously exchanging for Si^{4+}, which does not require any cation vacancy. The concentration of hydrogen evaluated by secondary-ion mass spectrometry and neutron diffraction is ~ 0.1 wt.% H_2O and consistent with each other, showing that neutron diffraction can be an alternative quantitative means for the characterizations of trace amounts of hydrogen in nominally anhydrous minerals.

[1] Purevjav *et al. under review*.

Keywords: bridgmanite, lower mantle, hydrogen substitution, neutron diffraction

***Corresponding author**: narangoo.purevjav@uni-bayreuth.de

Hopeite 型$(Fe,Co,Ni)Zn_2(PO_4)_2\cdot 4H_2O$ の脱水挙動と結晶構造の変化

田沼 怜* (東北大学工学研究科), 山根 崚(金属材料研究所), 杉山 和正(金属材料研究所),

Dehydration Behavior of Hopeite-type $(Fe,Co,Ni)Zn_2(PO_4)_2$

Ryo Tanuma * (Graduate School of Engineering, Tohoku Univ.), Ryo Yamane (IMR. Tohoku Univ.), Kazumasa Sugiyama (IMR. Tohoku Univ.)

【研究の背景】Hopeite[$Zn_3(PO_4)_2\cdot 4H_2O$] および Phosphophyllite[$FeZn_2(PO_4)_2\cdot 4H_2O$]は, 花崗岩ペグマタイトや熱水鉱脈に産出するリン酸亜鉛鉱物である. これらの鉱物は社会利用として, 輸送機器やインフラ構造物の鋼板保護に用いるリン酸亜鉛処理プロセスに利用されている[1](以下それぞれ H 型および P 型と略記する). 実際の鋼板処理現場においては, phosphophyllite の方が hopeite よりも脱水温度が高いため, 前者の割合が高いほど被膜の安定性は向上すると考えられている. また亜鉛を含むリン酸塩鉱物は共存する元素によって多様な構造を示すことが知られている. 例えば Ca を添加すると, P 型および H 型構造とは異なる構造が析出し, 耐熱性が向上すると報告されている [1]. 我々は, このような経緯を踏まえ, 共存元素を変化させ析出する亜鉛を含むリン酸塩鉱物の特性に関する知見を深めることで, 先進プロセスの開発とその社会実装を目指している. 本研究では, Fe, Co, Ni および Cu の 4 種類の隣接する遷移金属を添加したリン酸亜鉛を対象に高温粉末 XRD 測定ならびに TG-DTA 測定を行い, 系統的な脱水挙動の変化を調べた. 加えて本研究では H 型および P 型構造中の遷移金属元素に着目した XAFS 測定によって脱水に伴う価数状態の変化を調べた.

【実験方法】試料は先行研究[2]を参考に, 試薬 H_3PO_4, $MCl_2\cdot 6H_2O$ (M = Fe, Ni), $M(NO_3)_2\cdot 6H_2O$ (M = Co, Cu)を 150 ℃で 1 時間攪拌し, 合成した反応生成物は粉末 XRD 測定によって同定した. また, 500 ℃までの TG-DTA および高温粉末 XRD 測定を行い, 結晶構造・化学組成の違いによる脱水挙動の違いを調べた.

Zinc phosphate mineral, XAFS measurement, dehydration

ryo.tanuma.r3@dc.tohoku.ac.jp

また XAFS 測定は, KEK-PF の BL-12C を用いて Fe, Co, Ni および Zn の *K* 吸収端(7112 eV, 7709 eV, 8333 eV および 9659 eV)で測定を行った.

【結果】合成の結果, Ni, Co および Cu を添加した系では H 型構造, Fe を添加した系でのみ P 型構造が生成した. 図 1 には P 型 $FeZn_2(PO_4)_2\cdot 4H_2O$ の高温粉末 XRD 測定の結果を示す. T = 500 ℃における測定結果から, $FePO_4$ および $Zn_3(PO_4)_2$ の二相が共存していることが判明した. 一方, H 型 $MZn_2(PO_4)_2\cdot 4H_2O$ (M = Co, Ni, Cu, Zn)の高温粉末 XRD 測定では, T = 500 ℃において $Zn_3(PO_4)_2$ として報告されている構造が単独で存在していることが判明した. XAFS 測定においても, Fe 原子のみが温度変化とともに吸収端が高エネルギー側にシフトし, 酸化が進んでいることが判明した. 両者の結果から, 遷移金属として Fe を含む P 型構造は脱水とともに酸化が進み, その価数状態の変化によって無水相において鉄と亜鉛のリン酸塩が生じる相分離が起きると考えられる. 当日は 500 ℃に至るまでの詳細な脱水過程や XAFS 測定の結果もあわせて報告する.

(参考文献) [1]石井均, 表面技術, **3**, 61 (2010). [2]O.Pawling et al., Mater Res Bull. **34**, 1959 (1998).

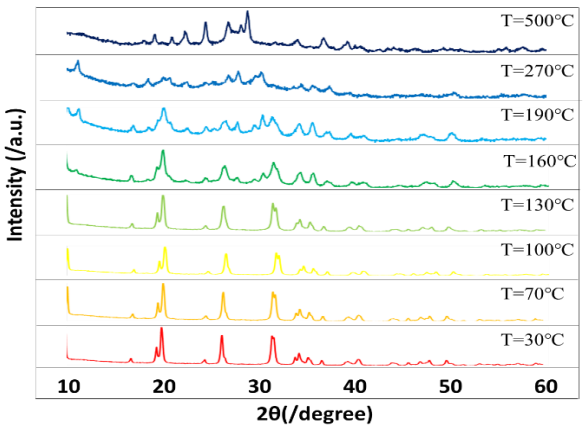


図 1 Fe-phosphophyllite の高温粉末 XRD パターン

Zn_2SiO_4高圧相結晶構造の予測

神崎正美（岡大・惑星研）

Prediction of crystal structures of high-pressure Zn_2SiO_4 phases

Masami Kanzaki* (IPM, Okayama U.)

In order to explore high-pressure crystal structures of Zn_2SiO_4, crystal structure prediction using XtalOpt has been conducted. GULP was used as a structure optimizer. Two new structures were obtained, and one of them (Cmcm structure) can be derived from spinel structure. Combining with previous our DFT calculations, now we propose that high-pressure phase of III has Ag_2CrO_4 structure, and that of IV has the Cmcm structure, respectively.

イントロダクション：我々は永らく構造不明であったZn_2SiO_4 III, IV相の構造を明らかにした(Liu et al., PCM, 2013)。しかし、それらはretrograde相であり、それぞれ高圧下で転移することがその後の高圧その場ラマン測定から分かった(Kanzaki, JMPS, 2018)。それらの高圧相の構造を推定するためにアナログ構造等についてDFT計算を行って、Ag_2CrO_4とNa_2CrO_4構造がIII, IVの高圧相の構造らしいと推定したが、矛盾点が残った（より低圧側で出るはずのAg_2CrO_4相の密度がNa_2CrO_4相より高いなど）。最近構造予測計算法が進んだこともあり、今回はIII, IVの高圧相の構造をさらに調べるために構造予測計算をZn_2SiO_4について試みた。

計算方法：

構造予測計算にはXtalOpt (xtalopt.github.io/)を使用した。XtalOptは遺伝的アルゴリズムを使う構造予測プログラムである。エネルギーや構造最適化の計算には外部プログラムが必要となる。DFT計算が最適ではあるが、計算時間との兼ね合いで、今回は経験的ポテンシャルを使うGULP(Gale, 10.1039/A606455H)を使用した。計算は常圧条件でおこなっている。予測された構造で特に安定な構造については、さらにQuantum Espressoで構造最適化を行った。GULPで使ったポテンシャルは、Catlowの2体ポテンシャルをベースにして、Zn_2SiO_4の既知構造を再現するようにGULPで最適化した。

結果と議論：１回１万個の構造探索計算を８回行なった。結果をエネルギーvs.密度でプロットすると、ほとんどの構造はエネルギーが高く安定ではないが、エネルギー最低値付近に分布する一握りの構造は、常圧で安定／準安定な相に相当する。最もエネルギーの低い構造としてwillemite構造（I相）が得られ、実際の常圧安定相である。高圧相は密度の高い側のエネルギー最下部に現れる。これまでの計算では既知構造のI, II相, スピネル構造は予測されたが、オリビン, III, IV, V (変形スピネル)相は今の所予測されていない。これが使ったポテンシャルの問題なのか、XtalOptのためなのかは不明である。

一方、２つの新しい構造が予測された。１つはIII相の類似構造であるが、これは高圧相ではない。もう１つの構造は、スピネル構造からSiを空いている４配位席へ移動させ、隣接する２つのZnも空席に移動させることで得られる（Fig. 1）。

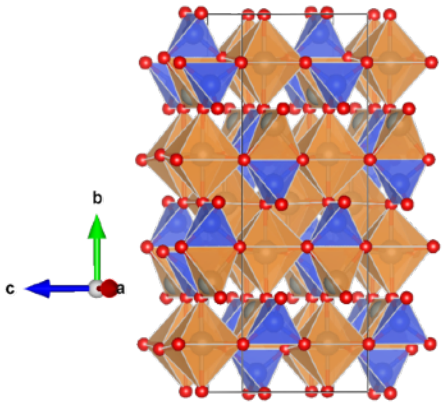


Figure 1. Structure of Cmcm Zn_2SiO_4 phase predicted by XtalOpt. Blue tetrahedra are SiO_4, and orange polyhedra are ZnO_4 and ZnO_6. Drawn by VESTA

現在合成されているZn_2SiO_4相で低圧相はZnの配位数が４であることが多く、６配位のみなのはV相だけである（オリビン、スピネル相は安定ではない）。III, IV相ではZnは4配位席のみを占め、Na_2CrO_4とAg_2CrO_4では4配位が1/2、今回のCmcm構造では1/4となり、V相を除くと最も４配位Znが少ない構造となる。Cmcm構造はNa_2CrO_4構造とも類似性を有するが、DFT計算からはNa_2CrO_4よりも安定であることが分かった。以前のDFT計算とも合わせて、III相の高圧相がAg_2CrO_4で、IV相高圧相が今回のCmcm構造であるとすると以前の矛盾は解消される。また、酸素パッキング的にIIIとAg_2CrO_4はHCPで、IVとCmcmはCCPであり、酸素パッキングはそのままで陽イオンの空席への移動でそれらの間での転移が生じていると予想される。今後、X線回折法による測定を実施する予定である。

Keywords: crystal structure prediction, Zn_2SiO_4
*Corresponding author: mkanzaki@okayama-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

溶液中のNaとKによるvateriteのcalcite化速度の逆転.

古川　登　（千葉大・理）

The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.

FURUKAWA Noboru（Chiba Univ.）

炭酸カルシウムの多形の一つである vaterite の合成方法の一つに，$CaCl_2$ の溶液に炭酸塩の水溶液を混合する方法がある．炭酸塩には K_2CO_3 や Na_2CO_3 などが用いられる．

発表者は，炭酸カリウムの溶液を使用して vaterite を作成したが，炭酸ナトリウムを使用して作成した vaterite(松田 他，1968）よりも短時間で calcite 化が進み，溶液中の Na と K が vaterite の calcite 化に異なる効果を与える可能性が示唆された。

そこで, 発表者は vaterite の生成時及び calcite への変化時に K と Na それぞれの与える影響を実験的に観察した。

出発物質の vaterite は，攪拌した 30℃の 0.5M $CaCl_2$ 溶液に 30℃の 0.5M K_2CO_3 溶液もしくは 0.5M Na_2CO_3 溶液，およびこれらの炭酸塩溶液に 0.25M K_2SO_4 を加えた溶液を混合して作成した。0.5mL のマイクロチューブに，これらの vaterite と溶液を入れ，4℃の冷蔵庫に設置し 21 日後まで定期的に回収した。溶液は超純水，及び vaterite の生成に使用した溶液を用いた。生成物は XRD で測定し，vaterite から calcite への変化率は，Rao（1973）の方法を用いて求めた。

Na を含む溶液は，超純水での反応に比べ，calcite 化を抑制する効果を示した。また硫黄は vaterite 生成時，反応溶液に添加した場合のどちらも calcite 化を抑制する方向に作用した。特に，vaterite 生成時と反応溶液の両方に S を添加した場合に著しく calcite 化の速度が低下した。

これに対し，K を含む溶液は，Na とは逆に calcite 化を促進する効果を示した。また S は vaterite 生成時，反応溶液に添加した場合のどちらも，Na と同様に calcite 化を抑制する方向に作用した。

このことは，パミール高原やエルズミア島のような温泉水から析出した vaterite について，その温泉水の組成や vaterite の保存される期間の違いについての手がかりとなるかもしれない。

Keyword: vaterite, calcite, sodium，potassium，inhibit

furukawa@faculty.chiba-u.jp

水晶表面の被覆成長層の特徴と形成プロセス

大藤弘明（東北大・院理），渡辺梨乃（愛媛大・GRC）

Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals

Hiroaki Ohfuji*(Sci., Tohoku Univ.), Rino Watanabe (GRC, Ehime Univ.)

We studied the characteristics and formation process of microcrystalline quartz covering the {100} planes of hydrothermal quartz crystals using natural samples with small and large degrees of the overgrowth. The result showed that the formation of microcrystalline quartz initiates with roughening of {100} surface as a result of rapid increase in supersaturation of the solution, followed by the elongated growth of quartz crystals toward [001] perpendicular to the {100} of the mother quartz crystal through geometric selection.

はじめに

石英（SiO_2）の自形結晶である水晶は古くから観察，研究され，「面角一定の法則（Steno, 1669）」に代表されるように，鉱物結晶学の基礎確立において普遍的かつ重要な対象とされてきた．今回我々は愛媛県の石鎚層群凝灰岩中に産する熱水性水晶の柱面を被覆する微結晶水晶の観察に端を発し，カクタスクォーツやスピリットクォーツなどと呼ばれる極端な被覆成長層を伴う水晶にまで観察対象を広げて記載研究を行った．水晶表面の被覆成長については，母結晶の成長方向と表面構造の関係性を論じた Laemmlein（1941）の他には研究例はなく，その起源と形成プロセスはよく分かっていない．そこで，我々はこの古くて新しいテーマを追求するために，近代的な分析手法を用いてミクローナノレベルでの観察を行った．

研究試料と手法

研究試料には，水晶の一部の柱面が二次成長した微結晶でわずかに被覆されたもの（愛媛県久万高原町産，岩手県陸前高田市玉山金山産）と柱面全体が多数の微～小結晶水晶で被覆されたもの（南アフリカ産）を用いた．試料をエポキシ樹脂に包埋後，柱面に平行に切断し，薄片・厚片を作成した．内部組織の観察には，デジタルマイクロスコープ，偏光顕微鏡，SEM-EDS，カソードルミネッセンス（CL）を用いた．また，母結晶と被覆成長層との境界部分から FIB を用いて薄膜を切り出し，TEM で観察した．

結果と考察

被覆成長の程度の低い久万高原町産の水晶は，ほとんどの場合，連続した 3 面の柱面（6 面中）において 1 mm 以下の微結晶水晶の被覆を伴い，柱面を指で触るとザラザラした感触を与える．その薄片を偏光顕微鏡で観察すると，母結晶の最外表に厚さ 200 μm ほどの波動消光を示す層が観察され，柱面を被覆する微結晶水晶はその波動消光層から成長していることが分かった．この部分から FIB を用いて薄膜を切り出し，TEM 観察を行ったところ，波動消光を示す層は母相の水晶と結晶方位を共有するものの，（100）柱面に対して平行に多数の積層欠陥を含み，全体として 10° 程度の格子ミスフィットを伴うことが分かった．

一方，多数の水晶が隙間なく柱面を覆う南アフリカ産のカクタスクォーツにおいても被覆層の根元部分，母結晶の最外表に厚さ 100-150 μm ほどの波動消光を示す層が観察され，被覆成長結晶はやはりこの層を基盤として成長していた．被覆成長水晶の結晶方位（c 軸）の配向性は，下部（母結晶側）では弱いが．上部（外側）にゆくにつれて強くなり（母結晶柱面に対して垂直に伸長成長），幾何学的選別が働いた結果と解釈される．

以上の観察結果より，水晶柱面における二次成長水晶の被覆は，1）溶液過飽和度の急激な上昇による成長界面のラフニング，2）微小核の形成と微結晶水晶の成長，3）幾何学的選別による平行連晶組織の形成（被覆層の肥大化）のプロセスを経て生じたと考えらえる．

Keywords: quartz, overgrowth layer, wavy extinction, misorientation

*Corresponding author: ohfuji@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R4: Mineral sciences of the Earth surface

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-01] Observation of pH distribution during the formation of $CaCO_3$ in gel media

*Shinji Matsumoto[1], Jun Kawano[1], Takashi Toyofuku[2,3], Yukiko Nagai[2,4], Takaya Nagai[1] (1. Hokkaido Univ. Sci, 2. JAMSTEC, 3. TUMSAT, 4. NMNS)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-02] Texture observation on the calcite-aragonite interface in the skeletons of culturing scleractinian coral

*Satoko Motai[1], Saki Harii[2], Naotaka Tmioka[3], Motoo Ito[3] (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Univ. of Ryukyus, 3. KOCHI, JAMSTEC)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-03] Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures

[Presentation award entry]

*Maho Hasegawa[1], Yuki Kubota[1], Hiromi Konishi[1] (1. Niigata Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-04] Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide

*Sayako Inoué[1] (1. GRC Ehime Univ.)

ゲル内での $CaCO_3$形成過程における pH 変化の観察

松本信二（北大）*・川野 潤（北大）・豊福高志（JAMSTEC,海洋大）・
長井裕季子（JAMSTEC,科博）・永井隆哉（北大）

Observation of pH distribution during the formation of $CaCO_3$ in gel media

Shinji Matsumoto (Hokkaido Univ.)*, Jun Kawano (Hokkaido Univ.), Takashi Toyofuku (JAMSTEC, TUMSAT),
Yukiko Nagai (JAMSTEC, NMNS), Takaya Nagai (Hokkaido Univ.)

はじめに

炭酸カルシウム $CaCO_3$は生体硬組織を構成する主要な鉱物であり、その形成メカニズムを明らかにするために数多くの研究が行われてきた。近年、生体環境を模した $CaCO_3$ 合成の手法として、ゲルの両側から陽イオンと陰イオンをそれぞれ拡散させ、結晶を形成させるゲル内二重拡散法が注目を集めている。しかし、ゲル内でのイオンの挙動を直接的に知ることはできないため、そこで形成する多形や形態についての結晶形成メカニズムを pH やイオン濃度と比較して定量的に議論することは困難であった。私たちの研究グループはこれまで、蛍光プローブを用いて水溶液中で溶解する鉱物近傍の pH 分布の時間変化を二次元可視化する取り組みを行ってきた。この手法を適用すれば、ゲル内における結晶成長環境の可視化が可能となる。本研究では、ゲル内二重拡散法を用いて $CaCO_3$合成実験を行い、形成環境の pH 分布の時間変化を、蛍光プローブを用いて顕微鏡下で二次元可視化することで、形成メカニズムを検討することを試みた。

実験手法

pH の可視化は、pH によって異なる強度の蛍光を示す試薬 HPTS(8-hydroxyprene-1,3,6-trisulfonic acid)を用いて行った。この試薬を含む pH 既知の溶液に、異なる 2 種類の波長の励起光を照射して得られた蛍光強度の比をとって規格化し、校正曲線を作成した。HPTS を含んだ 2 cm 幅の短冊状の寒天ゲル（1wt%）の両側から、0.3 M の $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 及び $NaHCO_3$溶液をそれぞれ拡散させ、10 分間隔で蛍光像を撮影して校正曲線に従って定量化することにより、$CaCO_3$形成時の pH 分布の時間変化を示す連続画像を得た。観察には、様々な位置で形成する結晶を捉えるために自動ステージを搭載した蛍光顕微鏡を用いたほか、共焦点レーザー顕微鏡により形成する結晶近傍の詳細な観察を行った。

結果と考察

ゲル中に $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 及び $NaHCO_3$溶液を拡散させると、$NaHCO_3$側から pH が上昇していくのが観察された。約 3 時間後にゲルの中央からやや $NaHCO_3$寄りの場所で結晶化が始まるとともに、pH は低下することが確認された。その後、結晶の形成は、最初に結晶化した場所の両側でも進み、最初に結晶化した場所では菱面体、$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 側では菱面体の集合体、$NaHCO_3$側では球形の結晶がそれぞれ卓越していた。結晶化時の pH や pH 勾配は場所ごとに異なっており、これらの形態の違いに影響を及ぼしている可能性が示唆される。また、いくつかの形態の異なる結晶において、成長時の結晶近傍の pH が、周囲の平均的な pH より 0.1~0.2 程度低くなる現象が確認された。より高精度な定量を行うことにより、このような局所的な pH 変化を多形や形態の違いと結び付けて考察することが可能になると期待できる。

Keywords: calcium carbonate, visualization, pH, counter diffusion system

*Corresponding author: matsumoto.shinji.q2@elms.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

人工飼育サンゴ骨格のカルサイト–アラゴナイト境界の組織観察

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・高知コア研）

Texture observation on the calcite-aragonite interface in the skeletons of culturing scleractinian coral

Satoko Motai *(Yamagata Univ.), Saki Harii (Univ. of Ryukyus),
Naotaka Tomioka, Motoo Ito (KOCHI, JAMSTEC)

造礁サンゴは主に熱帯・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（$CaCO_3$）で構成される外骨格を持つ．これまで造礁サンゴ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，低温海域の南極海に生息し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，カルサイトを骨格構成鉱物とするサンゴがい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，サンゴ骨格の微細組織観察を行った．

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Stanley and Hardie (1998)によりカルサイトが析出しやすいとされたMg/Caモル比2.0以下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．得られた骨格は光学顕微鏡下で，6回対称の隔壁で形成されるコラライトと底盤を持つ典型的な造礁サンゴ骨格構造を有することを確認した．骨格を樹脂包埋し，骨格の垂直な成長方向に平行な断面を研磨した．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）で骨格中のCa，Mg分布の不均一を観察した後，ラマン顕微鏡 (RAMANtouch, Nanophoton, Osaka）による分析でMgに乏しい領域にアラゴナイト，Mgに富む領域にカルサイトの分布が対応付けられた．集束イオンビームでアラゴナイト–カルサイト両領域を含む薄膜を作成し，透過型電子顕微鏡（TEM）で観察した．

TEM観察は骨格が粒状で粒径は200 nmを超えない結晶から構成されることを示した．粒界には10 nm程度の空隙がみられる．制限視野回折像による鉱物相同定からは，SEM-EDSおよびラマン分析からカルサイトが主要構成物と推測された領域にもアラゴナイトが混在することが示された．一方，アラゴナイトが主要構成物と推測された領域でカルサイトの検出されていない．SEM-EDSおよびラマン分析によるカルサイトの分布はサンゴ骨格の下部に集中するため，カルサイトの析出は石灰化初期である．よってサンゴ骨格形成場において，石灰化の最初期にはカルサイトとアラゴナイトが同時期に析出するような環境が続き，その後アラゴナイトのみを析出するような環境に変化すると考えられる．

炭酸カルシウムの多形選択に関わる要因は，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）．多形を制御する有機物が本研究で観察された結晶粒界の空隙に普遍的に存在していた場合，アラゴナイトとカルサイトが混在する領域を説明できない．そのため有機物テンプレートは局所的に存在することが考えられる．一方，Mg/Caモル比が要因の場合，アラゴナイトとカルサイトの混在は骨格形成場が均一なMg/Caモル比だと説明できず，Mg/Caモル比が不均一な形成場であると考えられる．

Stolarski et al., 2007, Science, 318, 92–94.
Stolarski et al., 2021, Proc. Natl. Acad. Sci., 118, e2013316117.
Stanley and Hardie, 1998, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 144, 3–19.
Cuif et al., 2003, Geochim. Cosmochim. Acta., 67, 75–83.
Kitano, 1962, Bull. Chem. Soc. Jpn., 35, 1973–1980.

Keywords: reef-building coral, biomineralization
*Corresponding author: motai@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

常温常圧環境下におけるドロマイトの無機的合成

Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures

長谷川舞帆 (新潟大・院自然)，久保田祐己，小西博巳* (新潟大・理)
Maho Hasegawa, Yuki Kubota, and Hiromi Konishi* (Niigata University)

炭酸塩鉱物の一種であるドロマイト［$CaMg(CO_3)_2$］は，地質時代の堆積岩には多く産出するが，現在の地球表層環境下では，形成場所はごく限られた場所に限定される．また，地球表層の条件では，ドロマイトの無機的合成は難しい．このパラドックスは「ドロマイト問題」と呼ばれている．

Oomori らの実験（1982）では，海水を 1/7～1/10 の体積まで濃縮（蒸発），Na2CO3 を加え 15～55 m M の濃度にした溶液から，常温で protodolomite が生成したが，溶液の pH 条件との関係は不明である．

本研究では，どの程度海水組成に近い条件で常温環境下でドロマイトの無機的合成が可能かを検証する．ドロマイト形成を左右する要因としては，溶液の Ca^{2+}，Mg^{2+}，HCO_3^-イオン濃度と pH が考えらる．そこで，溶液のイオン濃度および pH を調整して無機合成実験を行い，沈殿物を XRD でキャラクタリゼーションした．本研究では，塩湖やメタン湧水帯などの海水を想定し，イオン濃度を設定した．

実験手法について，$CaCl_2 \cdot 2H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $NaHCO_3$ 溶液を混合し，NaOH 溶液で pH を上昇させ沈殿物を得た．その後，結晶化の促進のため 24 時間放置した．沈殿物を蒸留水で洗浄して乾燥させたのち，XRD による分析を行った．

溶液組成は，Ca：Mg 濃度が 10：50，15：75，20:100 (mM)の 3 種，その各々に HCO_3^-濃度 30，50，100 (mM)を設定した．pH は 7，8，9，10，11 とした．なお，より詳細な沈殿条件を調べるため，pH=8.2，8.5，8.8 の条件を追加し，同様の手法で沈殿物を分析した．

XRD による分析の結果，結晶相はドロマイト，High Mg Calcite (HMC)，アラゴナイト，モノハイドロカルサイト，ネスケホナイトである．粉末 X 線回折によりドロマイトのオーダリングを示す反射が検出されなかったことから，本研究で得たドロマイトは Disordered dolomite である．

ドロマイトの沈殿は，pH8.2～9 かつ HCO_3^-が 50～100(mM)の条件で頻繁に生じた．pH9 以上の場合，比較的高濃度である Ca:Mg=20:100 (mM)の条件ではドロマイト沈殿は確認できず，モノハイドロカルサイトの沈殿が顕著となった．一方，pH7 では沈殿物のほとんどはアラゴナイトであり，稀に HMC が沈殿した．

(1)海水と同程度～1.5 倍程度の Ca^{2+}，Mg^{2+}濃度，(2)50mM 以上の HCO_3^-濃度，(3)pH8.2～9 の条件が揃うと常温環境下においても Disordered dolomite 形成される．ドロマイト沈殿が報告されている塩湖には，この条件を満たすものがあることから，バクテリア媒介によるドロマイトの沈殿に加え，無機的沈殿が重複している可能性がある．

Keywords: Dolomite, Disordered dolomite, Microbe-mediated mineralization

*Corresponding author: hknishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鉄酸化物を触媒とするマンガン酸化反応によるマンガン酸化物生成

井上　紗綾子（愛媛大 GRC）

Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide

Sayako Inoué (GRC Ehime Univ.)

マンガン水酸化物・オキシ水酸化物・マンガン酸化物（Mn 酸化物）は地球表層環境での元素の循環に重要な役割を果たすことが知られている。水の存在する環境中では溶存 Mn^{2+}イオンが安定である。さらに三価または四価の Mn は Mn 酸化物として存在する。Mn^{2+}イオンの酸化速度は均一系では極めて遅く、効率良い酸化反応には触媒の存在が必要である。地球表層環境でみられる触媒の代表例として鉄酸化物（Fe 酸化物）ナノ粒子が挙げられる。Fe 酸化物ナノ粒子へのMn^{2+}イオンの吸着に伴う酸化反応は酸性鉱排水などの表層環境で報告されており、水の存在する環境を模した条件での Mn 酸化還元反応実験も行われている。Mn 酸化還元反応を理解するためには、溶液反応を解析するとともに、Mn 酸化還元反応の生成物として得られる Mn 酸化物の結晶構造や形態を理解することが重要である。本研究では、地球上で一般的に存在する Fe 酸化物である赤鉄鉱と針鉄鉱が存在する溶液中での Mn^{2+}酸化実験の生成物の解析を行い、Fe 酸化物の触媒としての性質と生成物 Mn 酸化物の関係を明確にする。

本研究で触媒として平均粒径 7 nm と 38 nm の合成赤鉄鉱 (7H, 38H)と合成針鉄鉱(G)を使用した。赤鉄鉱は Madden and Hochella (2005)、針鉄鉱は Zhang et al. (2011)の方法を用いて合成した。反応容器中で 20 mg の Fe 酸化物と pH 7.5、濃度 1 mM の Mn2+水溶液 50mL を 2 週間反応させ、反応開始 2 日後、1 週間後、2 週間後に生成物を回収した。生成物の形態、結晶構造、化学組成を透過電子顕微鏡（TEM）と走査電子顕微鏡（SEM）で解析した。さらに、Fe 酸化物の代わりに粒径 3.5 μm のクリストバル石を用いた実験も行った。

赤鉄鉱が存在する溶液中では粒径に関わらずワイヤ状のマンガナイト（γ-MnOOH）が生成された。TEM と SEM で測定した 2 週間反応後のマンガナイトナノワイヤの平均粒径は直径 21 nm, 長さ 906 nm (7H), 直径 47 nm, 長さ 2192 nm (38H)となり、7H に比べて 38H の方が直径、長さ共に大きなマンガナイトナノワイヤが見られた。7H と 38H の生成物の結晶構造には大きな違いは見られなかった。一方で、針鉄鉱とクリストバル石が存在する溶液中では粒子表面への Mn の吸着は認められたが、2 週間の間には Mn 酸化物の生成は確認出来なかった。

Chernyshova et al. (2011)では、赤鉄鉱の Mn 酸化反応を促進する作用は粒径が小さくなるにつれて弱くなることを報告している。これは赤鉄鉱の粒径が小さくなり結晶性が低下することで、電気化学的な性質が変化し、赤鉄鉱表面に吸着した酸素と Mn^{2+}の電子授受が効率よく行われなくなるためと考えられている。本研究で見られた生成物の粒径差は Chernyshova et al. (2011)で見られた傾向と調和的であり、生成物マンガナイトナノワイヤの成長速度は赤鉄鉱の触媒としての性質と関係していることが示唆される。針鉄鉱については、赤鉄鉱と同様のバンド構造を持つと考えられているが、マンガナイトナノワイヤの生成が確認されなかったことから、Fe 酸化物の形態や結晶構造が Mn 酸化反応の生成物の種類と形態に影響を与えると考えられる。

Keywords: Hematite, Manganite, Nanoparticle-catalyzed redox reaction
***Corresponding author: inoue.sayako.nr@ehime-u.ac.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Poster presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Onsite Poster Core time
12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-01] Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

[Presentation award entry]

*Tomohiro Takebayashi[1,2], Yui Kouketsu[1], Katusyoshi Michibayashi[1] (1. Nagoya Univ. Env. , 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-02] Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

[Presentation award entry]

*Natsumi Yoshimoto[1], Tetsuo Kawakami[1], Satoshi Hojo (1. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-03] Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko Higashino[1], Tetsuo Kawakami[1] (1. Kyoto Univ. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-04] Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica

*Tokuya Mitsubori[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Tomokazu Hokada[3] (1. Niigata Univ. Grad. Sci., 2. Niigata Univ. Sci., 3. NIPR)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-05] Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India

*Tomokazu Hokada[1,5], Satish-Kumar M.[2], Tsuyoshi Toyoshima[2], Kyoko Kataoka[2], Yuichiro Ueno[3], Kaoru Mishima[3], Abdulla Nasheeth[4], Takamoto Okudaira[4], Chiaki Ikawa[5] (1. NIPR, 2. Niigata Univ., 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Osaka Metropolitan Univ., 5. SOKENDAI)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-06] Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India

Shuvankar Karmakar[2], Gautam Ghosh[2], *Dyuti Prakash Sarkar[1], Sankar Bose[2] (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-07] Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag-Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton, southern India

*Sreehari Lakshmanan[1], Tsuyoshi Toyoshima[2], Yoshihiro Nakamura[3], Satish-Kumar Madhusoodhan[2], Sajeev Krishnan[4] (1. Shimane U, 2. Niigata U, 3. AIST, 4. IISc)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-08] Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka

*Aoi Yohioka[1], Satish-Kumar Madhusoodhan[2], Kosuke Goto [3], Gen Shimoda[3], Sanjeewa P. K. Malaviarachchi[4] (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ, 2. Fac. Sci., Niigata Univ., 3. AIST-GSJ, 4. Univ. Peradeniya, Sri Lanka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-09] Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

*Rio Higuchi[1], Tatsuki Tsujimori[2], Nelson Boniface[3] (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. UDSM)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-10] Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

*Hiroshi Mori[1], Hiroki Mizumura[2], Tetsuya Tokiwa[1], Kohei Yoshikawa[1], Yuki Nobe[3], Yui Kouketsu[4] (1. Shinshu Univ., 2. Kyowa Sekkei, 3. Electric Power Development, 4. Nagoya Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-11] Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

*Mutsuko Inui[1], Shuto Kojima[1], Yoshiya Nagatsuma[1] (1. Kokushikan Univ.)

四国中央部三波川帯権現山に産する石英エクロジャイト中のザクロ石におけるルチル離溶ラメラ

竹林知大*（名古屋大・院環境/ふじのくに地球環境史ミュージアム），
纐纈佑衣（名古屋大・院環境），道林克禎（名古屋大・院環境）

Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

Tomohiro Takebayashi (Nagoya Univ., Env./ Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka),
Yui Kouketsu (Nagoya Univ., Env.), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ., Env.)

ザクロ石中の Ti±Fe 鉱物の離溶ラメラは、減圧時にザクロ石中の Ti 相が 1 相から 2 相共存への安定化によって起きる。Ti 溶解度に及ぼす温度圧力条件は、実験的研究がなされおり、とくにルチルやイルメナイトなどの Ti-針状ラメラは高い圧力に顕著に依存することが報告されている(Zhang et al., 2003)。一方、天然のザクロ石中のルチル離溶ラメラは、超高圧条件下またはマントル起源の報告例が多く、例えば、中国 Sulu のエクロジャイト(e.g. Zhang et al., 1994)、アメリカユタ州 Garnet Ridge ザクロ石 (e.g. Sato and Ogasawara, 2013, Sakamaki et al, 2016)等が挙げられる。

本研究対象の石英エクロジャイトは、四国三波川帯権現山のかんらん岩岩体と五良津岩体の境界に分布し、変成ピーク時の温度圧力条件が 1.7–2.4 GPa, 675–750℃の温度圧力条件が見積もられ、三波川変成帯の最深部に相当すると解釈されている(e.g. Miyamoto et al., 2007)。また、この岩石のザクロ石の化学組成は一つの岩石中に 4 種類の化学組成をもつザクロ石が見つかり、それらが沈み込み、上昇、加水の変成履歴を反映していると考察されている(Enami et al., 2018)。

本研究では、三波川帯権現山に産する石英エクロジャイトの転石を、山頂、山道、及び床鍋沢で採取し、石英エクロジャイトにおけるザクロ石中から規則的に配列する針状の包有鉱物を発見した。ラマン分析の結果及び規則的な配列からルチルの離溶ラメラと確認された。Ti 鉱物を包有するザクロ石の大きさは、長径約 2.0–4.4 mm の半自形から伸長した形状を成す。包有される Ti 鉱物の形状は、針状、短冊状(ロッド状)、球状の三種類である。特に、針状の鉱物は同じ方向に規則的に並ぶ離溶ラメラ組織を示す。ザクロ石中のルチル離溶ラメラは、山道と床鍋沢の石英エクロジャイト転石に確認された。

ザクロ石中の Ti-包有鉱物の分布は、(1)コア部(山道試料)、(2)リム部(山道試料)、そして(3)全体(沢試料)である。ザクロ石の化学組成は、Sps 成分が乏しく、Prp 成分に富む (i.e. タイプ 1 型：Enami et al., 2018)。(1)及び(3)のザクロ石は組成累体構造を示さず、(2)のザクロ石は、不均質な組成累体構造を示す。

これまでザクロ石中のルチル離溶ラメラは、合成実験においても超高圧(超高温)での議論がなされ、天然の産出例として超高圧(超高温)以上のザクロ石からの報告例に限られた。一方、三波川帯における石英エクロジャイトは超高圧条件下に達していないにも拘わらず、ルチル離溶ラメラが確認された。この意味は、三波川帯石英エクロジャイトのザクロ石からルチル離溶ラメラが高圧変成領域にて形成できる証拠を示唆し、変成圧力を制約する上でルチル離溶ラメラが新たな指標となる可能性を示している。本研究発表では、Ti 離溶ラメラと包有鉱物の分類、産状、それらの包有物を含むザクロ石の組成について記載報告をする。

Keywords: Sanbagawa, Quartz Eclogite, Garnet, Lamella, Rutile
*Corresponding author: taketomo.geology@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

流体相共存下でのザクロ石を形成する部分融解 —肥後変成帯泥質ミグマタイトの例

善本夏実*（京大・院理）、河上哲生（京大・院理）、北城諭

Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

Natsumi Yoshimoto* (Kyoto Univ.), Tetsuo Kawakami (Kyoto Univ.), Satoshi Hojo

地殻深部岩石中の流体相は、粒間にわずかに存在するのみであるため [1]、中部～下部地殻で起きる部分融解の大半は、流体相が関与しない脱水融解反応であると考えられてきた [2]。ペリテクティックな鉱物中にメルト包有物が取り込まれてできるナノ花崗岩包有物は、岩石が部分融解した直接的な証拠である [3]。近年、メルト包有物と C-O-H 流体包有物がザクロ石の同じ領域に包有される組織が報告された [4]。この組織は、C-O-H 流体の存在下でザクロ石を形成する部分融解反応が起きたことを示す。

このような現象の本邦での例として、領家変成帯青山高原地域では、C-O-H 流体の存在下での部分融解が、ミグマタイト帯で広く起きていたことがわかっている [5]。そこで本研究では、流体相存在下での部分融解反応が他の高温低圧型の変成帯でも普遍的か否かを調べる目的で、肥後変成帯に産する砂泥質ミグマタイトの記載岩石学的研究を行った。

肥後変成岩類は中～高変成度の片麻岩で構成され、角閃岩相高温部～グラニュライト相の変成作用を受けている [e.g., 6]。本研究では、肥後変成岩類の D 帯に産する砂泥質メタテキサイト [7]の詳細な観察を行った。D 帯の温度圧力条件は、720-840°C、4.5-6.5 kbar である [6]。

本研究試料の主要鉱物組合せは Sil、Grt、Crd、Bt、Kfs、Pl、Qtz である。Grt は直径およそ 3 mm で、高い Ca 濃度と低い P 濃度をもつコア、中間的な Ca 濃度と低い P 濃度を持つマントル、低い Ca 濃度とやや高い P 濃度を持つリムに分けられる。コアは Sps、Grs 成分に富む（$Alm_{0.31-0.75}Prp_{0.01-0.13}Grs_{0.16-0.28}Sps_{0.14-0.41}$）。コアからリムにかけて、Alm、Prp 成分は連続的に増加し、Grs、Sps 成分は連続的に減少する。

コアには Pl（>An90）、Qtz、Ilm、マントルには Qtz、Pl、Bt、Ilm、Apa、ナノ花崗岩包有物、炭酸塩鉱物に富む多相包有物、リムには Qtz、Zrn、Apa が包有される。ナノ花崗岩包有物は長径 85 μm におよび、主に Qtz、Pl、Kfs、Bt で構成される。これとともにザクロ石中に包有される多相包有物は直径 10 μm 以下であり、主として炭酸塩鉱物と含水鉱物からなり、まれに CO_2 や石墨も含まれる。こうした多相包有物は、もともと C-O-H 流体としてザクロ石に取り込まれたものが、後退変成期にホストのザクロ石と反応することで二次的に形成されたと考えられている [4]。以上から、肥後変成帯 D 帯においてもザクロ石を形成する岩石の部分融解時に C-O-H 流体が存在したことが分かった。今後、具体的な部分融解反応とその温度圧力条件の決定が必要である。

引用文献: [1] Saywer et al., 2011. Elements. 7, 229-234. [2] Brown, 2013. Geol. Soc. America Bull. 125, 1079-1113. [3] Cesare et al., 2009. Geology.37, 627-630. [4] Carvalho et al., 2019. JMG, 37, 951-975. [5] Yoshimoto & Kawakami, 2022. JpGU. Abstr. SMP27-01. [6] Obata et al., 1994. Lithos, 32, 135-147. [7] 北城, 1999. 熊本大学修士論文

keywords: fluid, nanogranites, partial melting

*Corresponding author: yoshimoto.natsumi.87z@st.kyoto-u.ac.jp

東南極セール・ロンダーネ山地で見られる超高温変成作用とメルト包有物

東野文子*、河上哲生（京都大学）

Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

Fumiko Higashino*, Tetsuo Kawakami (Kyoto University)

超高温変成作用とは、地殻岩石が 0.5-1.8 GPa の圧力で ＞ 900℃に達する極めて高温な変成作用である [1]。超高温変成作用は、鉱物組み合わせに加え、ternary feldspar 温度計など超高温条件に適用可能な温度計によって確認される [e.g., 2, 3]。超高温変成作用時に生じた部分溶融メルトは、岩石中にメルト包有物として保存されうる。超高温メルトのみならず、部分溶融メルトの組成はメルト包有物を用いて復元されるが、メルト包有物の結晶化の有無や粒径が復元組成に与える影響は考慮されていない [4, 5]。

東南極セール・ロンダーネ山地は、ゴンドワナ超大陸を形成する大陸衝突イベントの理解において重要な位置づけにある [e.g., 6]。同山地形成のテクトニックモデルは未だ議論の最中であるが、同山地の大部分は、約 5-6 億年前にグラニュライト相相当の変成作用を被ったとされる [7]。同山地では、転石から超高温変成作用が報告されており [8, 9]、東部バルヒェン山において ＞900 ºC, ＞1.2 GPa から減温減圧する温度圧力履歴が提案されている [10]。しかし、これまで露頭から超高温変成作用を示す試料は見出されていない。そこで、本研究では、同山地東部バルヒェン山において、露頭から採取した超高温変成作用を記録する試料について報告する。

本研究試料は、バルヒェン山南部に産する珪線石―ザクロ石―黒雲母片麻岩である。主要構成鉱物は、ザクロ石、黒雲母、珪線石、斜長石、カリ長石、メソパーサイト、石英である。ザクロ石は、コアからリムにかけて Fe、Mn 濃度が増加する一方、Mg、Ca 濃度は減少する。主要元素および微量元素いずれにおいても、明瞭なコア/リム境界は確認できない。メソパーサイトは、マトリクスおよびザクロ石の中心部に包有物として産する。バルヒェン山北部では 850 ℃、1.1 GPa のピーク変成条件が報告されている [11]。そこで、0.8-1.0 GPa の圧力を仮定し、本試料のメソパーサイトに ternary feldspar 温度計 [3, 12] を適用したところ、圧力依存性を考慮しても、産状の違いに依らず >900 ℃を得た。すなわち、セール・ロンダーネ山地で、露頭で採取した試料から初めて超高温変成作用の記録が明らかとなった。

ザクロ石に包有されるメソパーサイトの近傍には、粒径 50-300 μm のナノ花崗岩包有物が包有され、その鉱物組み合わせは、黒雲母 + 石英 ± 斜長石、黒雲母 + 珪線石 + 紅柱石 + 斜長石 + 石英である。メソパーサイトとナノ花崗岩包有物の間に、包有時期の差異を示す鉱物組織は見られない。したがって、ナノ花崗岩包有物は超高温変成作用時に存在したメルトの可能性がある。本研究で得られたナノ花崗岩包有物の復元バルク組成は、花崗岩質で、石英初相領域にある。また、文献値によると、ザクロ石に包有される超高温のメルト包有物組成は、ガラス包有物よりもナノ花崗岩包有物の方が Mg に富む [4, 5]。本研究のナノ花崗岩包有物は、これらの先行研究のメルト包有物組成よりも優位に Mg に富む。これは、メルトがザクロ石に包有された後に組成改変しており、結晶化の有無や高温継続時間の違いによって組成改変の程度が異なる可能性を示す。したがって、メルト包有物を用いて部分溶融メルトの組成を議論する際には、各々の元素に応じてホスト鉱物との反応関係を考慮する必要がある。

引用文献: [1] Harley (2021) Encyclopedia of Geology [2] Harley (2008) JMG [3] Fuhrman & Lindsley (1988) Am. Min. [4] Gianola et al. (2021) JMG [5] Ferrero et al. (2012) JMG [6] Satish-Kumar et al. (2013) Precam. Res. [7] Osanai et al. (2013) Precam. Res. [8] Nakano et al. (2011) Polar Sci. [9] Baba et al. (2019) Min. Pet. [10] Grantham et al. (2013) Precam. Res. [11] Higashino et al. (2013) Precam. Res. [12] Benisek et al. (2004) Am. Min

Keywords: UHT metamorphism, nanogranitoid, mesoperthite
*Corresponding author: higashino.fumiko.2m@kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東南極ナピア岩体リーセル・ラルセン山の高度変成岩類の硫黄同位体を用いた硫黄の追跡

三堀徳也（新潟大・院自然), Satish-Kumar, M*.（新潟大・理), 外田智千(極地研)

Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica.

T. Mitsubori, M. Satish-Kumar* (Niigata Univ.), T. Hokada (NIPR)

東南極ナピア岩体リーセル･ラルセン山地域には，約 25 億年前[1]に超高温変成作用(>900℃)を被った変成岩が広く露出しており, 超高温変成作用や年代研究が盛んに行われてきた. 本地域の変成条件として 0.6-0.9 GPa, 1000-1100 ℃のピークとそれに引き続く等圧冷却の温度圧力経路が見積もられている[2]．本地域は直方輝石やザクロ石を含むフェルシック片麻岩が主に広がり, 一部にはザクロ石珪線石片麻岩などの堆積岩起源だと考えられている準片麻岩もレイヤー状で確認できる.

本研究では, こうした超高温変成岩類中に産する硫化鉱物に着目して解析を行った.

これらフェルシック片麻岩とザクロ石珪線石片麻岩に含まれている硫化鉱物は, 黄鉄鉱（Py), 磁硫鉄鉱（Po), 黄銅鉱（Cp)の組み合わせタイプ，さらにペントランダイト（Pn)を含むものと, ２種類(Py+Po+Cp, Py+Po+Cp+Pn)に区分できる. 硫化鉱物の産状は，ザクロ石やイルメナイトに包有されるもの, 鉱物粒間に分布するもの, 基質や粒間に確認され, いずれも他形ないし不定形である. 本研究ではこれら硫化鉱物を確認した上でサンプル粉末試料から硫黄を抽出し, 全岩硫黄同位体比を分析した.

その結果，ザクロ石珪線石片麻岩の $\delta^{34}S$ 値が -3.0 ‰から+2.0 ‰，直方輝石片麻岩の $\delta^{34}S$ 値は 0 ‰から+4.0 ‰の値を示した. どちらも大きな差異はなく，$\delta^{34}S$ 値がマントルや火成岩の報告されている値と整合的な結果となった[3]. しかしこれらの値は初生的な硫黄同位体比ではないと考えられる. Py が比較的多く確認できることや, 硫化鉱物の産状からこれらの硫化鉱物は二次的な形成と解釈される.本地域一帯に見られる約 20 億年前に貫入したとされるマフィック貫入岩に含まれる硫化鉱物種の観察と硫黄同位体比を分析したところ，$\delta^{34}S$ 値は 0 ‰，Py+Po+Cp+Pn タイプであり，硫化鉱物の産状もザクロ石珪線石片麻岩に類似した. すなわち本地域高度変成岩類の硫黄同位体比はマフィック貫入岩の硫黄同位体比の影響を被った可能性が示唆される.

引用文献

1: Harley and Black (1997) *Antarctic Science.* 9, 74-91.
2: Hokada et al. (2008) *Geol. Soc. Lon. Spec. Publ.* 308, 255-284.
3: Sakai and Matsuhisa (1996) *University of Tokyo Press.* 223-314.

Keywords: Sulfide minerals, Sulfur isotope, UHT metamorphic rocks, Napier Complex.

Tokuya Mitsubori e-mail: f21e074k@mail.cc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

インド南部ダールワール岩体チトラドゥルガ片岩帯の泥質岩・砂質岩からみた変成作用

外田智千(極地研/総研大)*・M. Satish-Kumar・豊島剛志・片岡香子(新潟大学)・
上野雄一郎・三島郁(東工大)・Abdulla Nasheeth・奥平敬元(大阪公立大)・猪川千晶(総研大)

Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India

Hokada, T. (NIPR/SOKENDAI)*, Satish-Kumar, M., Toyoshima, T., Kataoka, K. (Niigata Univ.), Ueno, Y., Mishima, K. (Tokyo Inst. Tech.), Nasheeth, A., Okudaira, T. (Osaka Metropolitan Univ.), Ikawa, C. (SOKENDAI)

The Dharwar Craton in southern India is a typical Archaean granite-greenstone belt, which underwent regional metamorphism at about 2.5 Ga. We have investigated metamorphic mineral assemblages of pelitic and psammitic rocks within the greenstone belt of the Chitradurga Schist Belt (CSB), one of well-studied area located in the middle of the Dharwar Craton. The pelitic and psammitic rocks are characterized by biotite-muscovite assemblage with minor muscovite/muscovite-chlorite assemblages. Within the schist belt, the progressive change of the metamorphic grade is not clear, but muscovite-chlorite assemblage is observed sporadically in central to eastern part (relatively lower structural layer). These observations are not always consistent with the previously summarized south-north metamorphic variation (Raase et al., 1986) estimated from mafic rocks. Recently, Kiran et al. (2022) estimated the metamorphic temperature conditions based on the Raman spectroscopy on carbonaceous material thermometry and carbon isotope thermometry for carbonate rocks from the CSB. Incorporating these recent data, we discuss the petrography and progressive metamorphism of this part of Dharwar Craton and implications for the regional metamorphism of the Archaean greenstone belt.

インド南部ダールワール岩体は太古代の典型的な“花崗岩-緑色岩帯(granite-greenstone belt)”として知られ、約 25 億年前に広域変成作用を受けたとされる。ダールワール岩体の中部に位置するチトラドゥルガ片岩帯(Chitradurga Schist Belt、以下 CSB とする)は太古代の緑色岩帯として様々な研究がなされているが、変成作用の解析は極めて限られる。Hokada et al. (2021)では、当該地域の泥質岩・砂質岩の鉱物共生と鉱物化学組成を報告し、広域的な変成条件の検討をおこなった。黒雲母＋白雲母の鉱物共生が卓越し、白雲母のみ、あるいは白雲母＋緑泥石の鉱物共生が認められる。変成度の累進的な変化は明瞭ではないが、比較低変成度を示す白雲母＋緑泥石の共生は中央部から東部の比較的構造的上位に産する。これらは、苦鉄質の解析に基づく Raase et al. (1986)によるダールワール岩体のより広域的な北から南に向かう変成度の上昇とは必ずしも調和的ではない。最近、Kiran et al. (2022)が同じ CSB の炭酸塩岩に着目して、炭質物ラマン温度計から 460-592℃、炭素同位体温度計から 450-560℃の変成温度と広域的な変成温度条件の変化を明らかにした。こうした炭酸塩岩の広域的な変成条件とあわせて、ダールワール岩体の太古代末期の変成作用について考察をおこなった。Kiran et al. (2022)では、炭質物ラマン温度計と炭素同位体温度計との得られた温度条件の一部のミスマッチについて、主要な変成作用後の流体活動などの影響を指摘している。実際、Hokada et al. (2021)においても、黒雲母＋白雲母の共生の一部が緑泥石に置き換えられているようにも見える泥質岩・砂質岩試料を見いだしている。その分布は、Kiran et al. (2022)での流体活動による低温のイベントの記録されている試料とは必ずしも一致しないが、分布域として片岩帯層序の下部～中部の Bababudab Group から Vanivilas Formation にかけての領域という共通点があるようにも見える。こうした点を考慮すると、CSB の広域的な変成条件は構造上位から下位に向かって白雲母＋緑泥石から黒雲母＋白雲母の共生への変成度の上昇が認められるとともに、広域的な変成作用後に CSB の中～下部領域において流体活動による改変が記録されている、と考えられる。Hokada et al. (2013)では、この地域の泥質岩・砂質岩中のモナザイトの EMP 年代測定を試み、25-23 億年前の誤差のやや大きい年代値とイレギュラーなモナザイト結晶形態などを報告している。これらは、Kiran et al. (2022)の炭酸塩岩などからも示唆される熱水活動と関係するものかもしれない。もこのように、炭酸塩岩と泥質岩・砂質岩との情報組み合わせることによって、いわゆる緑色岩帯の低～中変成度の広域変成作用について、さらに検討を深めることができると考えられる。

Hokada et al., 2013, Precamb. Res., 227, 99-119. Hokada et al., 2021, Abstract JpGU2021 Meeting. Kiran et al., 2022, Precamb. Res., 374, 106656. Raase et al., 1986, J. Geol., 94, 261-282.

Keywords: Dharwar Craton, metamorphism, pelitic and psammitic, southern India
*Corresponding author: hokada@nipr.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India

Shuvankar KARMAKAR (Presidency Univ.), Gautam GHOSH (Presidency Univ.), Dyuti Prakash SARKAR* (Hiroshima Univ.), and Sankar BOSE (Presidency Univ.)

The Eastern Ghats Belt (EGB) is a Proterozoic poly-deformed ultrahigh temperature (UHT) terrane that has developed, from north to south, along the southern and eastern margins of the Singhbhum, Bastar and Dharwar cratons in the southern Indian crustal block. Earlier workers proposed a crustal province-domain wise classification of the EGB based on Nd-model ages and discrete geological histories. At its junction with the Singhbhum Craton in the north, several sub-parallel to intersecting crustal-scale shear zones have developed within the EGB. Among these, the Y-shaped dextral freeway junction of the Ranipathar Shear Zone (RSZ) and the Mahanadi Shear Zone (MSZ) develops in between the northerly placed Angul domain and the southern Phulbani domain of the EGB. The present study is focused in a part of the MSZ around Boudh town, Odisha, India, occurring west of the Y-shaped dextral freeway junction. The NW-SE to E-W trending MSZ marks the northern strand of this Y-shaped structure and is of 64 km in length and 5–8 km in width in the present study area. In the MSZ high-grade rocks (mafic granulite, felsic-amphibolite gneiss and charnockite) are present as lenses and enclaves within mylonitized porphyritic granite. The northerly dipping mylonitic foliation trends E-W to NW-SE with a prominent down-dip to variably inclined stretching lineation on it. Mesoscopic shear sense indicators consistently point to a top-to-south shear sense when viewed in XZ sections. When viewed on YZ planes across the width of the MSZ, however, a heterogeneous flow pattern prevails, which is characterized by an opposite, centrally placed sinistral shear sense sandwiched between dominant dextral shear senses along MSZ boundaries. Absence of any cross-cutting relationships amongst the opposite shear sense (oss) fabrics negates the possibility of their generation through multi-stage deformation. Rather gradational nature of contacts between the oss fabrics suggest their simultaneous development during single progressive shearing within the MSZ. In single progressive deformation, oss fabrics developing in a shear zone might result from presence of heterogeneous rheologies, in sub-simple shear regime, in shear zipper junctions, differential stretching of fault wall rocks or from Poiseuille flow/ combined Couette-Poiseuille flow. Occurrence of similar lithologies across MSZ width is in contradiction to the first alternative. It is presumed that along strike variation in oss would be more expected in the cases of shear zipper junctions and differential stretching of fault wall rocks. These leave us with the alternatives that either Poiseiulle flow/ combined Couette-Poiseuille flow or sub-simple shear during MSZ growth might account for the presently observed across MSZ width development of oss fabrics. This work thus gives insight into the kinematics of the crustal-scale MSZ that developed in combination with the RSZ as a Y-shaped freeway junction in northern EGB during a single-stage shearing episode.

Keywords: Shear zone, Freeway junction, Kinematics, Progressive deformation

***Corresponding author:** sarkardp16@hiroshima-u.ac.jp

Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag–Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton (DC), southern India

L. Sreehari* (Shimane Univ.), T. Toyoshima (Niigata Univ.), Y. Nakamura (AIST), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), K. Sajeev (IISc)

The Neoarchean Gadag–Mandya Shear Zone, also referred to as Chitradurga Shear Zone (Jayananda et al., 2013), is regarded as a terrane boundary between the cratonic blocks of DC and is interpreted as probable Archean suture (Li et al., 2018). We examined the structure, age, and stratigraphic relation around GMSZ, as well as the surrounding Meso–Neoarchean Chitradurga Schist Belt (CSB) and Javanahalli Schist Belt (JSB). The CSB's field-structural and geochronological relationships point to a three-stage rifting-related evolution of the schist belt. Lithofacies associations in the three CSB rift basins- Bababudan, Chitradurga, and Hiriyur Groups – indicate either a failed rift or a half-ocean. Precise stratigraphic indications of oceanic crust are absent in the CSB. Based on field relations and geochronology of felsic volcanic rocks, volcanosedimentary associations in the JSB are identified as part of the older Sargur Group. CSB is tightly folded with upright, parallel, and east to west verging D_2 folds. These folds are squeezed between D_2 reverse faults bordering different stratigraphic units. The JSB, on the other hand, has clear west verging upright, tight to isoclinal D_2 folds, and the folding intensity decreases eastward or away from the GMSZ.

The GMSZ is more than 200km long NW–SE to N–S trending shear zone which has a maximum width of ~2km in the center. Microstructural analysis and metamorphic assemblages in the shear planes indicate low-medium grade amphibolite deformation conditions. Field investigation along a 150 km stretch of the GMSZ reveals evidence of three distinct deformation stages: D_2 reverse fault show top to the NE or SW sense of motion, D_3 sinistral faults, and D_4 dextral faults. Fault rocks are majorly mylonite to ultramylonite that formed along basement gneiss and mafic/felsic rocks along the JSB or CSB boundaries. In the southern part of the GMSZ layer-parallel pseudotachylyte are present possible indication of a seismic zone close to the lower crustal rocks. It is obvious from the regional-scale observations that the GMSZ primary developed during the NE–SW shortening, which created reverse faults and upright folds sandwiched between these reverse faults. This fold and fault association is identical to a fold-and-thrust belt. Later, the deformation either changed to transpression mode or to simple shear mode, resulting in regional-scale sinistral shear (D_3). As a result, the GMSZ and surrounding schist belts represent a key tectonic domain that recorded the interplay between the regional-scale convergence to collisional in the DC.

The fact that there are no remnants of the oceanic crust or accretionary complex our study area, and that all of the schist belt's units are autochthonous, suggests that the GMSZ probably does not represent a plate boundary. The plate boundary or subduction interface most likely formed far east of the present-day GMSZ. The GMSZ and associated schist belts collectively depict fold-and-thrust belts that evolved from the inversion of multistage failed rifts/half oceans, which were probably followed by transpression. The structural association in and around the GMSZ possibly represents the development of a hinterland fold-and-thrust belt from inverted multistage-failed rift basins.

Keywords: Archean, Mylonite, Fold-and-thrust belt, collision tectonics, failed rift

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

スリランカハイランド複合岩体に産する変成炭酸塩岩中黄鉄鉱の硫黄同位体に関する研究

吉岡葵*(新潟大・院自然), Madhusoodhan Satish-Kumar(新潟大・理), 後藤孝介(産総研), 下田玄（産総研), Sanjeewa P. K. Malaviarachchi (ペラデニア大, スリランカ)

Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka

Aoi Yoshioka*(Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ.), Madhusoodhan Satish-Kumar (Fac. Sci., Niigata Univ.), Kosuke T. Goto (AIST-GSJ), Gen Shimoda (AIST-GSJ), Sanjeewa P. K. Malaviarachchi (Univ. Peradeniya, Sri Lanka)

Sulfur isotope ratios in carbonate rocks record changes in seawater sulfate reservoirs associated with global increases in atmospheric oxygen levels as well as differences in sedimentary environments. Several biogeochemical events occurred during the Proterozoic, most notably the rise in oxygen (GOE and NOE) in the Earth's atmosphere and oceans. These events appear to be intimately related to the global sulfur geochemistry, both through the formation of weathering of sulfates on land, the oxidation of sulfides and evolution of disproportionate bacteria in the marine environment (Bottrell and Newton, 2006). In this presentation, we report the sulfur isotopic composition of pyrite in metamorphosed carbonate rocks to estimate the depositional environment and to understand the effects of metamorphism. The metamorphosed carbonate rocks containing pyrite from the Highland Complex of Sri Lanka, deposited during the Precambrian period, are the focus of this study. Pyrite is found to be elliptical to irregular in shape, ranging in size from 30 μm to 500 μm. Some of them also include chalcopyrite and galena. The $\delta^{34}S_{V\text{-}CDT}$ values of pyrite range from +6 to +26‰ and $\Delta^{33}S$ is slightly negative within the mass dependent fractionation range. Most of the values fall within the same quadrant in the $\delta^{33}S$ vs $\delta^{34}S$ diagram. This reflects the sulfur isotope behavior of the closed system due to microbial sulfate reduction (MSR) and high sulfate contents, among other factors. The sulfur isotope $\Delta^{33}S/\delta^{34}S$ and $\Delta^{33}S/\Delta^{36}S$ trends are nearly identical in comparison to the Proterozoic non-metamorphosed carbonate rocks (Paiste et al., 2018). Thus, the sulfur isotope changes due to metamorphism are negligible, and carbonate rocks are considered the most suitable for tracing Precambrian marine environment. Comparison with the sulfur isotopic composition of pyrite in carbonate rocks of various ages indicates that the carbonate rocks in the Highland Complex possess $\delta^{34}S$ values similar to other Proterozoic examples. Therefore, carbonate rocks can provide important information in support of the hypothesized global ocean in the past.

References:

Bottrell, S. H., and Newton, R. J., 2006. Reconstruction of changes in global sulfur cycling from marine sulfate isotopes. *Earth-Science Reviews*, 75, 59–83.

Paiste, K., et al., 2018. Multiple sulphur isotope records tracking basinal and global processes in the 1.98 Ga Zaonega Formation, NW Russia. *Chem. Geol*., 499, 151–164.

Keywords: sulfur isotopes, metamorphism, microbial sulfate reduction, Highland Complex, Sri Lanka

***Corresponding author:** f21e075h@mail.cc.niigata-u.ac.jp

タンザニア古原生代ウサガラン帯の変成履歴を読み解く:
含コランダム高圧角閃岩の岩石学

樋口莉央*（東北大）・辻森樹（東北大）・ボニフェイス N.（UDSM）

Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

Rio Higuchi*(Tohoku Univ.), Tatsuki Tsujimori(Tohoku Univ.), N. Boniface（UDSM）

Corundum-bearing amphibolite occurs in a meta-cumulate body of the Paleoproterozoic Usagaran Belt, SE Tanzania. The studied rock has a compositional banding of amphibolitic and garnetititic layers; corundum occurs in both layers. Petrological studies of the rock revealed a decompression *P–T* trajectory that is characterized by corrosion of primally corundum at the rims by Mg–Al spinel. The replacement textures might suggest a partial granulitization of high-pressure amphibolite. This process might occur during the crustal stabilization after collisional event.

太古代タンザニア地塊の南東縁に位置するウサガラン帯は、古原生代の大陸衝突型変成帯である。特に、ウサガラン帯の Ishimani Suite は古原生代のエクロジャイトを含む高圧ユニットであり、主に変成苦鉄質岩体を胚胎した正片麻岩及び泥質片麻岩で構成される。特に変成苦鉄質岩体は、高圧グラニュライト及びエクロジャイト相変成作用の鉱物組み合わせを保存している。本研究では、宝石質のコランダムが産する Winza 村の変成苦鉄質–超苦鉄質集積岩体から採取した含コランダム角閃岩に着目し、その形成過程について考察する。なお、本岩体からは藍晶石＋タルクの高圧条件を示す鉱物共生が報告されている（Mori et al. 2018 JMPS）。

含コランダム角閃岩は粗粒なざくろ石で構成される層と角閃石で構成される層に明瞭に分かれている。コランダムはどちらの層にも存在しており、最大 1 cm 程度で、鏡下では鮮やかな青色を呈するものもある（Fig. 1a）。コランダムはパーガス閃石や擬二次包有物を含む。多くのコランダムは周縁部から Mg-Al スピネルに置換される。コランダムのスピネル化は角閃石に富む層でより顕著である（Fig.1b）。コランダム周縁部の Mg-Al スピネルは 1 μm 程度の細粒な Fe-Ti 酸化物を多量に包有する。初生的なコランダムのスピネルによる置換は、減圧を伴うグラニュライト化の過程で生じたと考えられる。大陸衝突に後の地殻安定化に伴い、高圧角閃岩が中部地殻程度の深さでグラニュライト化を被るという現象の地質記録といえよう。本講演ではタンザニア地塊南東縁の古原生代における大陸衝突のダイナミクスについて言及したい。

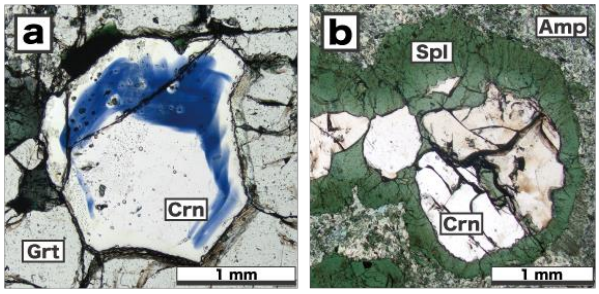


Figure. 1 (a) Plane-polarized light (PPL) image of the occurrence of blue-colored corundum **(b)** PPL image of the partial replacement of primally corundum by green Mg−Al spinel

Keywords: Usagaran Belt, Tanzania, continental collision, high-pressure amphibolite, granulitization

*Corresponding author: higuchi.rio.q5@dc.tohoku.ac.jp

横河川変成岩類の砕屑性ジルコン U-Pb 年代と変成温度構造

森宏*（信州大），水村裕紀（協和設計），常盤哲也，吉川晃平（信州大），
野部勇貴（電源開発），纐纈佑衣（名古屋大）

Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

Hiroshi Mori* (Shinshu Univ.), Hiroki Mizumura (Kyowa Sekkei), Tetsuya Tokiwa, Kohei Yoshikawa (Shinshu Univ.), Yuki Nobe (Electric Power Development), Yui Kouketsu (Nagoya Univ.)

三波川変成岩類の地質構造や変成度に関する広域的な側方変化の把握は，アジア縁辺における沈み込み帯発達過程の究明に欠かせない．ただし，中部地方の三波川変成岩類は，糸魚川-静岡構造線（ISTL）を境に分断されるとともに，ISTL 以東は新第三紀以降の地層に広く覆われて側方追跡が困難となっている．一方，ISTL 東に小規模に分布する横河川変成岩類は，主に岩相の類似性より，ISTL 南西の赤石山地・三波川変成岩類に対応するとともに，横河川変成岩類西端の横河川断層は中央構造線（MTL）の延長である可能性が長年指摘されてきた（e.g. 河内ほか, 1966）．しかし，横河川変成岩類の K-Ar 年代が三波川変成岩類よりも有意に若い年代を示すことから，両者を異なる地質体とする主張もあり（Yokoyama, 1992），横河川変成岩類の帰属は未解決である．そこで本研究では，横河川変成岩類を対象として砕屑性ジルコンの U-Pb 年代測定と炭質物ラマン温度計（Kouketsu et al., 2014）による変成温度解析を行い，三波川変成岩類との対応関係を検討した．

砂質岩 1 試料から得られたジルコン U-Pb 年代（以下，ジルコン年代）は，白亜紀〜ペルム紀の粒子が 73.3%で，先カンブリア紀の粒子が 25.3%を占める．また，最も若いジルコン年代が 97.2±4.8 (2σ) Ma であり，最も若いクラスター年代が 98.4±3.1 (2σ) Ma を示す．一方，泥質岩 5 試料から推定された温度は約 350〜380 ºC を示す．温度構造としては，西縁の横河川断層付近から東縁にかけて，温度が一旦低下した後，再度上昇に転じる V 字型を呈す．

横河川変成岩類の東縁に沿っては貫入岩が分布しており，東部の西から東にかけての温度上昇は貫入熱影響に起因すると考えられる．また，今回のジルコン年代は原岩の堆積年代が約 100 Ma 以降であることを示唆する一方で，K-Ar 年代（約 41〜24 Ma；Yokoyama 1992）とは有意な年代差が認められるが，この年代差についても，貫入熱影響により K-Ar 年代のみに若返りが生じたことに起因すると解釈可能である．そして，貫入熱影響を除外した温度構造およびジルコン年代の特徴は，周辺の三波川変成岩類と類似しており（e.g. Jia & Takeuchi, 2020；森ほか，2021），横河川変成岩類が三波川変成岩類に帰属する考えを支持する．ただし，横河川断層近傍の温度条件は，赤石山地・三波川変成岩類の MTL 近傍の温度条件（e.g. 森ほか，2022）より 30 ºC 程度低い．断層を起点とした同様な特徴の不一致は，岩相分布でも認められることから（e.g. 三好, 1991；牧本ほか, 1996），横河川変成岩類は，赤石山地・三波川変成岩類の延長部にあたるもの，MTL 近傍部相当の地質体は欠落したと考えられる．

Keywords: Yokokawagawa, Sanbagawa, detrital zircon U-Pb dating, Raman carbonaceous material geothermometry

*Corresponding author: mori_hiroshi@shinshu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

関東山地三波川変成帯における泥質片岩中の曹長石斑状変晶の脆性破壊

乾 睦子*，小島秀斗，長妻佳哉（国士舘大・理工）

Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

Mutsuko INUI*, Shuto KOJIMA, Yoshiya, NAGATSUMA (Kokushikan University)

Albite porphyroblasts have long been known in the schists in the higher grade zones of the Sanbagawa metamorphic belt, Japan. Several microstructures are found in this study, performed in the Nagatoro area, that indicate brittle fracturing of the albite porphyroblasts following their formation. Large albite grains often exhibit thin cracks filled with potassium feldspar, which was not normally observed in the surrounding host schists. Groups of smaller albite grains were found, each distributed lenticularly within quartzose matrix. The latter texture was found in a sheared-looking outcrop without albite porphyroblasts observable by naked eye. The observations in this study suggest that the non-existence of the albite porphyroblasts does not necessarily indicate different P, T, or chemical condition, but can be explained by total fragmentation of once formed albite porphyroblasts.

三波川変成帯の高変成度片岩類には曹長石斑状変晶が出現することが古くから知られ，変成度を示す手軽な目安ともされてきた．本稿では関東山地の長瀞町の泥質片岩露頭に見られた曹長石斑状変晶の脆性破壊を示す構造と，破壊後のクラックを充填する鉱物についての観察を報告する．

対象露頭は高砂橋下流の荒川河川敷で緑泥石帯またはザクロ石帯にあたり，東西方向に伸びる長さ 0.5～1.0 mm 程度の曹長石斑状変晶が肉眼で観察できる．主な構成鉱物は石英，曹長石，白雲母，緑泥石，方解石，ザクロ石で，曹長石斑状変晶は主に白雲母からなる有色層内に多い．この曹長石斑状変晶の一部は，形態から明らかに結晶半ばで断裂したと推定された．断裂してできたクラックは主に石英と（または）方解石で充填されていた．また，断裂して見えない曹長石斑状変晶を SEM-EDS（国士舘大 JSM-6010LA）で観察したところ，カリ長石が充填する微細なクラックが認められやはり断裂していた．カリ長石は周囲の片岩にはほとんど含まれない．カリ長石が充填するクラックと石英・方解石が充填するクラックとが同一薄片にあっても，これらが同一のクラックを充填することはなかった．2 種類の充填鉱物は異なる時代の変形を示すと考えられる．

対象露頭内には肉眼で曹長石斑状変晶が確認できない泥質片岩も露出している．この部分の曹長石はより細長く伸びていたり，石英層内に多数の小さな曹長石粒子がレンズ状に散らばって分布する構造が見られた．この分布が変成作用によってできた考えにくく，これは曹長石斑状変晶の脆性破壊が進行して細粒化した結果と推定できる．ザクロ石があることから対象地域の推定温度は 400℃超で，石英が十分に延性変形できた点は合理的である．曹長石斑状変晶が肉眼で観察されない理由として，変成条件の違い以外に強いせん断変形による破砕も想定できる．

Keywords: albite porphyroblast, brittle deformation, fragmentation, potassium feldspar, Sanbagawa metamorphic belt
*Corresponding author: inui@kokushikan.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Closing Ceremony

Mon. Sep 19, 2022 3:15 PM - 3:45 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 6:15 AM - 6:45 AM UTC | B251 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

Closing Ceremony

3:15 PM - 3:45 PM JST | 6:15 AM - 6:45 AM UTC

[Closing Ceremony] Closing Ceremony

[Cl-00] Closing Ceremony

Closing Ceremony

Closing Ceremony

Mon. Sep 19, 2022 3:15 PM - 3:45 PM B251 (Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F)

3:15 PM - 3:45 PM

[Closing Ceremony]Closing Ceremony

©Japan Association of Mineralogical Sciences

Closing Ceremony

Closing Ceremony

Mon. Sep 19, 2022 3:15 PM - 3:45 PM B251 (Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F)

[CI-00]Closing Ceremony

Live会場はこちら

©Japan Association of Mineralogical Sciences