

Sat. Sep 4, 2021

poster

Poster | T1. [Topic Session] New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales

[1poster01-02] T1. [ Topic Session] New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[T1-P-1] Physical properties of the Kumano forearc basin at Site C0025, IODP Expedition 358

\*Manami Kitamura<sup>1</sup>, Takashi Takehara<sup>1</sup>, Xinglin Lei<sup>1</sup> (1. GSJ/AIST)

4:30 PM - 7:00 PM

[T1-P-2] (entry) Impact of Kuroshio meander on the slow slip event in March 2020 detected by borehole and DONET observatories

\*Keisuke Ariyoshi<sup>1</sup>, Toshinori Kimura<sup>1</sup>, Yasumasa Miyazawa<sup>1</sup>, Varlamov Sergey<sup>1</sup>, Takeshi Inuma<sup>1</sup>, Akira Nagano<sup>1</sup>, Joan Gomberg<sup>2,3</sup>, Eiichiro Araki<sup>1</sup>, Toru Miyama<sup>1</sup>, Kentaro Sueki<sup>1</sup>, Shuichiro Yada<sup>1</sup>, Takane Hori<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>4,1</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup> (1. JAMSTEC, 2. USGS, 3. University of Washington, 4. NIED)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | T2. [Topic Session] Submarine Mass Movements and Their Consequences

[1poster03-04] T2. [ Topic Session] Submarine Mass Movements and Their Consequences

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[T2-P-1] (entry) Volcanic glasses recovered from piston cores in Yatsushiro Sea taken by Hakuohmaru KH-18-3 Cruise

\*Shoichiro MATSUO<sup>1</sup>, Yujin KITAMURA<sup>1</sup>, Kuniyo KAWABATA<sup>2</sup>, Ryo TERASAWA<sup>3</sup>, Daigo ITO<sup>3</sup> (1. Graduate school of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institute for Comprehensive Education Center for General Education, Kagoshima University, 3. Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University)

4:30 PM - 7:00 PM

[T2-P-2] Direction of the marine geological studies

\*Kiichiro Kawamura<sup>1</sup>, Hideo Nomura<sup>2</sup>, Nagakawa Katsuhisa<sup>2</sup>, Manabu Takemasa<sup>2</sup>, Jun Tanaka<sup>2</sup> (1.

Yamaguchi University, 2. Kiso Jiban Co. Ltd.)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | T3. [Topic Session] Collaboration and advance of geological, experimental, and seismological research on slow earthquakes

[1poster05-07] T3. [ Topic Session] Collaboration and advance of geological, experimental, and seismological research on slow earthquakes

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[T3-P-1] (entry) Constraint on slip velocity using grain size of dynamic recrystallization of quartz in the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt

\*Mako Kawaji<sup>1</sup>, Yoshitaka Hashimoto<sup>1</sup> (1. Kochi University)

4:30 PM - 7:00 PM

[T3-P-2] (entry) Generation mechanism of slow stick-slip verified from friction properties of mixed quartz/talc gouges

\*Ryota Hibi<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup> (1. Shizuoka Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[T3-P-3] (entry) Deformation behavior of antigorite serpentinite in deep slow earthquake source regions inferred from field and experimental observations

\*Yurina Nagata<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup>, Keishi Okazaki<sup>2</sup> (1. Shizuoka University, 2. JAMSTEC)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | T4. [Topic Session] Reconstruction of modified ancient arc-trench systems: examples of Japan etc.

[1poster08-09] T4. [ Topic Session] Reconstruction of modified ancient arc-trench systems: examples of Japan etc.

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[T4-P-1] (entry) Reconstruction of the Miocene accretionary complex and oceanic plate stratigraphy in the Tomuraushi area, Hokkaido, Japan

\*Michiru Inoue<sup>1</sup>, Hayato Ueda<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., 2. Niigata Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[T4-P-2] Cathodoluminescence measurements of zircons from the Takidani granodiorite in the Northern

Alps.

\*Yuta Tsuchiya<sup>1</sup>, Kazumasa Aoki<sup>1</sup>, Hirotsugu Nishido<sup>1</sup>  
(1. Okayama University of Science)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | T7. [Topic Session] Advance in geochronology applied for high resolution eruption and evolution history of volcanoes

[1poster10-11] T7. [Topic Session] Advance in geochronology applied for high resolution eruption and evolution history of volcanoes

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[T7-P-1] (entry) Reconstruction of high-resolution eruptive history of Mount Fuji volcano using lake sediments of Fuji Five Lakes

\*Shinya Yamamoto<sup>1</sup>, Fumikatsu Nishizawa<sup>2</sup>, Mitsuhiro Yoshimoto<sup>1</sup>, Kosuke Ota<sup>3</sup>, Yosuke Miyairi<sup>3</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>3,4</sup>, Hisami Suga<sup>4</sup>, Naohiko Ohkouchi<sup>4</sup> (1. Mount Fuji Research Institute, 2. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

4:30 PM - 7:00 PM

[T7-P-2] K-Ar dates of rocks from Nekoma Volcano, Fukushima Prefecture, Japan using mass fractionation correction procedure

\*Naoyoshi Iwata<sup>1</sup>, Kouji Iwatare<sup>1,2</sup>, Kazuo Saito<sup>1,3</sup> (1. Faculty of Science, Yamagata University, 2. BWR Operator Training Center, 3. Professor Emeritus, Yamagata University)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | R2 [Regular Session] Petrology, mineralogy and economic geology

[1poster12-17] R2 [Regular Session] Petrology, mineralogy and economic geology

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R2-P-1] (entry) Effects of temperature and silica on serpentinization and magnetite formation within mantle peridotite: implications for hydrogen generation within oceanic lithosphere

\*Shuhei Tanaka<sup>1</sup>, Atsushi OKAMOTO<sup>1</sup>, Dandar OTGONBAYAR<sup>1</sup>, Masaaki UNO<sup>1</sup>, Masakazu FUJII<sup>2</sup> (1. Tohoku University, 2. National Institute of Polar Research)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-2] (entry) Bipyramidal quartz formed within

chimneys of Kuroko deposits

\*Jumpei Sugioka<sup>1</sup>, Atsushi Okamoto<sup>1</sup>, Ryoichi Yamada<sup>1</sup>  
(1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-3] Evolution of serpentinite microtextures in the Hayachine-Miyamori Ultramafic Complex

\*Tomoyuki Mizukami<sup>1</sup>, Fumihiro Ogawa<sup>1</sup> (1. Kanazawa University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-4] (entry) Zircon U-Pb age and trace element

composition of metagabbro and psammitic schist of Hatto Formation and its equivalent of Jurassic high-*P/T* schist, Tottori-Okayama area, SW Japan  
\*Kosuke Kimura<sup>1</sup>, Yuichiro Inaba<sup>2</sup>, Tatsuya Harada<sup>3</sup>, Yasutaka Hayasaka<sup>4</sup>, Tomoyuki Shibata<sup>4</sup> (1. National Institute of Technology, Kure College, 2. Hokuden Engineering Consultants Co.,Ltd., 3. OYO Corporation, 4. Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-5] Carbonatite metasomatism in Natash mantle xenoliths from the cretaceous rift-related volcanics in the southern part of the Eastern Desert of Egypt

\*Natsue Abe<sup>1,2</sup>, Shoji Arai<sup>2</sup>, Adel A. Surour<sup>3</sup>, Ahmed A. Madani<sup>3</sup> (1. JAMSTEC, 2. Kanazawa University, 3. Cairo University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-6] (entry) The formation process of entablature deduced from the structure and rock textures of the Genbudo Lava in Shizukuishi Town, Iwate Prefecture

\*Takashi Hoshide<sup>1</sup>, Nao Ishibashi<sup>2</sup>, Keisuke Iwahashi<sup>1</sup>  
(1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Sojitz Pla-Net Corporation)

4:30 PM - 7:00 PM

Poster | R3 [Regular Session] Eruption, volcanic evolution and volcanic products

[1poster18-20] R3 [Regular Session] Eruption, volcanic evolution and volcanic products

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R3-P-1] Along-axis variation of eruptive styles on the

spreading ridge inferred from the V1 unit in the northern Oman Ophiolite

\*Yuki Kusano<sup>1</sup>, Sumio Miyashita<sup>2</sup>, Yoshiko Adachi<sup>3</sup>, Susumu Umino<sup>4</sup> (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Hokkaido Research Center of General Geology, 3. Central Research Institute of Electric Power Industry, 4. Kanazawa University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R3-P-2] The 7.6 ka eruption of Mashu volcano, eastern Hokkaido, Japan: Explosive caldera-forming processes and generation of low aspect ratio ignimbrite

\*TAKESHI HASEGAWA<sup>1</sup>, Shohei Shibata<sup>1</sup>, Tetsuo Kobayashi<sup>2</sup>, Nobutatsu Mochizuki<sup>3</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>4</sup>, Hiroshi Kishimoto<sup>4</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 4. Faculty of Science, Hokkaido University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R3-P-3] (entry) Development of an automatic analysis system for volcanoclastic materials using Convolutional Neural Network: Automatic particle detection using object recognition algorithms.

\*Kosuke Ishige<sup>1</sup>, Shingo Takeuchi<sup>1</sup>, Shimpei Uesawa<sup>1</sup>, Kiyoshi Toshida<sup>1</sup> (1. Central Research Institute of Electric Power Industry)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R4 [Regular Session] Metamorphic rocks and tectonics

[1 poster 21-29] R4 [Regular Session] Metamorphic rocks and tectonics

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R4-P-1] (entry) Metamorphic condition of the Ryoke metamorphic rocks in Kitsuki area, Kunisaki Peninsula, Oita prefecture, Japan

\*Kentaro Mutabarua<sup>1</sup>, Toshiaki Shimura<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-2] (entry) Metamorphic zoning and *P-T* condition of contact aureole around the Kibe cauldron, Yamaguchi prefecture, Japan.

\*Kakeru SAKAMOTO<sup>1</sup>, Toshiaki SHIMURA<sup>1</sup> (1.

Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-4] Serpentinization of the Takadomari body in the Kamuikotan zone of Hokkaido, Japan: Results of TG-DTA, density and magnetic susceptibility analysis of tunnel boring core

\*Shusaku Yamazaki<sup>1</sup>, Masakazu Fujii<sup>2</sup>, Toshiyuki Kurahashi<sup>1</sup> (1. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 2. National Institute of Polar Research)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-5] (entry) Evaluation of the thermal effect of intrusion of the Kaikomagatake granitic body by metamorphic temperature estimates and thermal modeling for basement rocks of the Outer Zone of Southwest Japan in the northern part of the Akaishi Mountains area

\*Yuki Nobe<sup>1</sup>, Hiroshi Mori<sup>1</sup>, Hiroki Mizumura<sup>1,2</sup>, Ken Yamaoka<sup>3</sup>, Yui Kouketsu<sup>4</sup>, Tetsuya Tokiwa<sup>1</sup> (1. Shinshu University, 2. Kyowa Sekkei Co., Ltd., 3. The University of Tokyo, 4. Nagoya University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-6] Roll-up structure due to the collision of Izu arc revealed from the shear sense of the Sanbagawa metamorphic rocks along the MTL in the Akaishi area

\*YUKI AWAYAMA<sup>1</sup>, HIDEO TAKAGI (1. Waseda University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-7] Oxygen and hydrogen isotope variations of phengite along orogen-perpendicular traverse of the Sambagawa Belt in central Shikoku: A reconnaissance study

\*Tatsuki Tsujimori<sup>1</sup>, Hironobu Harada<sup>1</sup>, Tetsumaru Itaya<sup>2</sup>, Daniel Pastor-Galán<sup>1</sup>, Antonio M. Álvarez-Valero<sup>3</sup> (1. Tohoku University, 2. Japan Geochronology Network, 3. University of Salamanca)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-8] (entry) Relation between existence of ca. 1.9–1.85 Ga metamorphic zircons and metamorphic facies in the Yeongnam Massif, South Korea

\*Kenichiro IWAMIZU<sup>1,2</sup>, Yasutaka HAYASAKA<sup>1</sup>, Ji-Hoon KANG<sup>3</sup>, Kosuke KIMURA<sup>1,4</sup>, Tomoyuki SHIBATA<sup>1</sup> (1. Hiroshima Univ., 2. The Univ. of Tokyo, 3. Andong Nat. Univ., 4. Nat. Inst. of Tech., Kure College)

4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-9] Calculation of diffusion profiles using the analytical solution for anisotropic diffusion in a finite cylinder

\*Tadashi Usuki<sup>1</sup> (1. Department of Geosciences, National Taiwan University)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R5 [Regular Session]Regional geology and stratigraphy, chronostratigraphy

[1 poster30-37] R5 [Regular Session]Regional geology and stratigraphy, chronostratigraphy

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R5-P-1] Early Triassic accretionary unit recognized in the Nedamo Belt and correlation with Southwest Japan

\*Takayuki Uchino<sup>1</sup> (1. Geological Survey of Japan)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-2] a trial of new geological maps

\*Toshiyuki Yoshikawa<sup>1</sup> (1. Geological Survey of Japan, AIST)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-3] Outline of geology of the Wake District (Okayama Prefecture): Quadrangle Series, 1:50,000

\*Daisuke Sato<sup>1</sup>, Koji Wakita<sup>2,1</sup>, Yoshinori Miyachi<sup>1</sup> (1. GSJ, AIST, 2. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-4] (entry) Radiolarians and detrital zircon U-Pb age from the Hebiki Unit in the Northern Chichibu Belt, the Kanto Mountains, central Japan.

\*Kazushi OKABE<sup>1</sup>, Yukiyasu TSUTSUMI<sup>2</sup>, Yoshihito KAMATA<sup>1</sup> (1. University of Tsukuba, 2. National Museum of Nature and Science)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-5] Middle Jurassic radiolarians from clastic facies interbedded between seamount facies in Kuzu area of the Ashio Belt, central Japan

\*Yoshihito Kamata<sup>1</sup>, Akitake Uesako<sup>2</sup> (1. The University of Tsukuba, Faculty of Life and Environmental Sciences, 2. The University of Tsukuba, College of GEOSCIENCE)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-6] (entry) Intrusion of serpentinite along the Cretaceous and the unconformity of serpentinite in the Chichibu belt, Yusuhara, Kochi Prefecture

\*Kengo Nishikawa<sup>1</sup>, Tomohiro Tsuji<sup>1</sup> (1. Yamaguchi

Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-7] (entry) The origin of large chert blocks in the western part of the Matsumoto Basin, Nagano Prefecture: altered mineral and <sup>10</sup>Be age

\*Erika UEYAMA<sup>1</sup>, Kohki YOSHIDA<sup>1</sup>, Maarten LUPKER<sup>2</sup>

(1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 2. ETH Zürich - Geological Institute)

4:30 PM - 7:00 PM

[R5-P-8] Lower Cretaceous formations of the Kema Terrane, Primorsky Krai, Russian Far East

\*Shigeru Otoh<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nagata<sup>2</sup>, Masashi Aoyama<sup>3</sup>,

Takuya Harada<sup>2</sup>, Koh Kubomi<sup>2</sup>, Kohki Bando<sup>4</sup>, Jun Sugiyama<sup>4</sup>, Alexander Kudymov<sup>5</sup>, Mikhail Arkhipov<sup>5</sup>,

Alexei Didenko<sup>5</sup> (1. Faculty of Sustainable Design, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 3. Japan

Geocommunications Co., Ltd., 4. Faculty of Sustainable Design, Univ. of Toyama, 5. Kosygin Institute of

Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Science)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R6 [Regular Session]Geopark

[1 poster38-39] R6 [Regular Session]Geopark

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R6-P-1] Survey and research activities of Itoigawa

UNESCO Global Geopark in cooperation with research institutes. Efforts to connect research to value discovery, protection and conservation, and outreach activities

\*Takahiko Ogawara<sup>1</sup>, Takuma Katori<sup>2</sup>, Yousuke Ibaraki<sup>1</sup>, Ko Takenouchi<sup>1</sup>, Takeo Kobayashi<sup>2</sup> (1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa City Hall Geopark Promotion Office)

4:30 PM - 7:00 PM

[R6-P-2] A practical study of an intensive and experiential undergraduate course in San'in Kaigan UNESCO Global Geopark at the University of Hyogo: Geopark and Community

\*Kyohei SANO<sup>1</sup>, Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Yoshihiro Kikuchi<sup>1,2</sup>, Norihito Kawamura<sup>1</sup> (1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. National Institute of Technology, Sendai College)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R7 [Regular Session] Cenozoic geological records of Japan

[1poster40-42] R7 [Regular Session] Cenozoic geological records of Japan

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R7-P-1] Post-rift extensional stresses detected from meso-scale faults in the Miocene Hokutan Group, northern Kami Town, San'in region

\*Toshiki Haji<sup>1</sup>, Yoshiaki Sugamori<sup>2</sup>, Noritaka Matsubara<sup>3</sup>, Sota Niki<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup> (1.

Geological Survey of Japan, AIST, 2. Faculty of Agriculture, Tottori University, 3. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 4. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

[R7-P-2] (entry) Reconstruction of paleoenvironment of Miocene volcanoclastic rocks and clastic rocks in the northern part of Hyogo, San'in Kaigan Geopark, based on facies analysis and Zircon fission-track and U-Pb ages

\*Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Suzuka Kooriyama<sup>2</sup>, Kyohei Sano<sup>1</sup>, Toshiki Haji<sup>3</sup>, Tohru Danhara<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>5</sup>, Hideki Iwano<sup>4</sup> (1. University of Hyogo, 2. Fossa Magna Museum, 3. AIST, 4. KYOTO FISSION-TRACK Co.Ltd, 5. The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

[R7-P-3] Standardless fission track dating of zircon using laser ablation ICP mass spectrometry and its implications

\*Hideki IWANO<sup>1</sup>, Tohru DANHARA<sup>1</sup>, Takafumi HIRATA<sup>2</sup> (1. Kyoto Fission-Track Co., 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R9 [Regular Session] Origin, texture and composition of sediments

[1poster43-50] R9 [Regular Session] Origin, texture and composition of sediments

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R9-P-1] Zircon U-Pb Ages from sandstones of the Muro Accretionary sequence (Muro Group) in the Shimanto Superbelt, Kii Peninsula, southwestern Japan

\*Takanori Bessho<sup>1</sup>, Hiroyuki Suzuki, Toshiya Yamamoto<sup>2</sup>, Tohru Danahara<sup>3</sup>, Hideki Iwano<sup>3</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup> (1. Osaka Museum of Natural History, 2.

Tanabe High School, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 4. Tokyo University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-2] Storm Surge Deposits from the East Japan

Typhoon(2019) at Samejima Beach, Iwata City, Shizuoka Prefecture, Japan

\*Akira Aoshima<sup>1</sup>, Hiroyuki Kurematsu<sup>1</sup>, Takeshi Tostuka<sup>1</sup>, Yuya Takahashi<sup>1</sup>, Kosuke Arimura<sup>1</sup>, Koki Suzuki<sup>1</sup>, Syun Ichikawa<sup>1</sup>, Rabu Kato<sup>1</sup> (1. Shizuoka Prefectural Iwata Minami High School)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-3] Change of sedimentary system in an inland basin in the central part of the Japanese Island during the late Pleistocene-Holocene periods

\*Nozomi Hatano<sup>1</sup>, Ritsuho Kawano<sup>2</sup>, Kohki Yoshida<sup>2</sup> (1. Nagano Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-4] (entry) The reservoir characterization and sedimentary environment of the Pennsylvanian Morrow Formation based on wireline logging data in Vici, Oklahoma, U.S.A.

\*Kaito Seki<sup>1</sup>, Shun Chiyonobu<sup>1</sup>, Hiroyuki Arato<sup>1</sup>, Naruhide Takahashi<sup>2</sup>, Isao Mita<sup>3</sup> (1. Akita graduated university, 2. Iochem Corporation, 3. Resource. Geo. Env. Lab.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-5] (entry) Where is the sedimentary environment of the Nakaminato Group, if modern time?

Reexamination on the basis of ocean drilling sciences and sequence stratigraphy

\*Jumpei SAIGAN<sup>1</sup> (1. Yamaguchi university)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-7] (entry) Microplastic sedimentology of grain size and grain shape

\*Kengo Nakano<sup>1</sup>, Kiichiro Kawamura<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R9-P-8] Bayesian estimation of uplift rate of Japan Islands based on bedrock river longitudinal profiles

\*Hajime Naruse<sup>1</sup> (1. Kyoto University)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R10 [Regular Session] Origin of carbonate rocks and related global environments

[1poster51-55] R10 [Regular Session] Origin of carbonate rocks and related global

## environments

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

- [R10-P-1] Characteristics of tufa deposits developed near Bonito, Brazil  
\*Fumito SHIRAISHI<sup>1</sup>, Ysaku HANZAWA<sup>1</sup>, Jiro ASADA<sup>2</sup>, Leonardo Fadel CURY<sup>3</sup>, Anelize Manuela BAHNIUK<sup>3</sup>  
(1. Hiroshima University, 2. INPEX CORPORATION, 3. Federal University of Parana)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R10-P-2] (entry) Depositional settings and paleoclimates estimated from paleosols in Tetori Group (Lower Cretaceous), Toyama Prefecture  
\*Kensuke Kuroshima<sup>1,2</sup>, Masato Fujita<sup>3</sup>, Yoshihiro Kakizaki<sup>4</sup>, Akihiro Kano<sup>4</sup>, Fumito Shiraishi<sup>2</sup> (1. Hiroshima University Museum, 2. Hiroshima University, 3. Toyama Science Museum, 4. The University of Tokyo)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R10-P-3] (entry) Stromatoporoids and *Chaetetes* of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone:  
Morphological variations in each reef environment  
\*Shota SUGAMA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Mitsuru MASUI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup>  
(1. Osaka City University, 2. Fukuoka University, 3. formerly University of the Ryukyus)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R10-P-4] (entry) Models of construction of Bashkirian organic reefs in the reef front setting from the Akiyoshi Limestone Group, Southwest Japan  
\*Koki SHIMIZU<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup> (1. Osaka City Univ., 2. Fukuoka Univ., 3. Formerly Univ. Ryukyus)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R10-P-5] Construction of calcimicrobial reefs and calcimicrobial diversity in the Zhushadong Formation (Cambrian Series 2), Shandong Province, North China  
\*Natsuko ADACHI<sup>1</sup>, Hiroo NATSUKAWA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Jianbo LIU<sup>2</sup>, Zhen YAN<sup>3</sup>, Yuxuan CHEN<sup>2</sup> (1. Osaka City University, 2. Peking University, 3. Chinese Academy of Geological Sciences)  
4:30 PM - 7:00 PM

Poster | R12 [Regular Session] Deformation and reactions of rocks and

minerals

[1poster56-60] R12 [Regular Session] Deformation and reactions of rocks and minerals  
4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

- [R12-P-1] (entry) Effects of strain on the activity of slip systems in deforming quartz inferred from crystallographic- and shape-preferred orientation of sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry  
\*QI WANG<sup>1</sup> · Takamoto OKUDAIRA<sup>1</sup> (1. Faculty of Science, Osaka City University)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R12-P-2] Stick-slip behavior of a clayey crustal fault  
\*Jun Kameda<sup>1</sup>, Yohei Hamada<sup>2</sup> (1. Hokkaido University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R12-P-3] Development of new Griggs-type rock deformation apparatus targeting the Pc-Pp-T condition of the base of the seismogenic zone  
\*Keishi Okazaki<sup>1</sup>, Jun Muto<sup>2</sup> (1. KCC/JAMSTEC, 2. Tohoku University)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R12-P-4] (entry) Effects of host rock on strength and thickness of fault zones  
\*Momoyo FUKUDA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup> (1. Yamaguchi University)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R12-P-5] Extremely slow grain growth of albite feldspar  
\*Norio Shigematsu<sup>1</sup>, Masanori Kido<sup>1</sup>, You Zhou<sup>2</sup>, Hideki Hyuga<sup>2</sup>, Yu-ichi Yoshizawa<sup>2</sup> (1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, AIST, 2. Multi-Material Research Institute, AIST)  
4:30 PM - 7:00 PM
- 
- Poster | R18 [Regular Session] Environmental geology  
[1poster61-62] R18 [Regular Session] Environmental geology  
4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)
- 
- [R18-P-1] (entry) Underground structures seen from the characteristics of groundwater in northwestern Kagoshima Prefecture  
\*Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>2</sup>, Hitoshi Kodamatani<sup>1</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institution for Comprehensive Education

Center for General Education, Kagoshima University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R18-P-2] (entry) Monthly variation in Radon concentration from the samples of hot spring water around Aira caldera

\*Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Yamato Tateoka, Yuki Tamachi<sup>4</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>3</sup>, Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Shoichiro Matsuo<sup>1</sup>, Daigo Ito<sup>2</sup>, Ryo Terasawa<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 3. Center for General Education, Institute for Comprehensive Education, Kagoshima University, 4. Japan

Meteorological Agency)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R19 [Regular Session] Engineering geology and non-tectonic structures

[1poster63-67] R19 [Regular Session] Engineering geology and non-tectonic structures

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R19-P-2] The subsurface geology and site amplification map in Azumino City, Nagano Pref.

\*Tatsuro Tsugane<sup>1</sup>, Tomoyoshi Kosaka, Yoshinori Furumoto<sup>2</sup>, Shinshu-Univ. Ground Motion Research Group (1. Shinshu Univ., 2. Nagano National College of Technology)

4:30 PM - 7:00 PM

[R19-P-3] Silica Mineral Phases of the Paleo-Submarine Landslide Outcrops at Yokote City, Akita, NE Japan

\*Hiroki Hayashi<sup>1</sup> (1. Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R))

4:30 PM - 7:00 PM

[R19-P-4] Formation process of crack filling Mn-hydroxide by strong weathering

\*Eiji Nakata<sup>1</sup>, Takehiro Ohta<sup>2</sup>, Motoyuki Suzuki<sup>2</sup> (1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Yamaguchi University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R19-P-5] (entry) Luminescence dating of feldspar in the fault zone of the active Futagawa fault

\*Youji MATSUOKA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup>, Toru TAMURA<sup>2</sup>, Sumiko TSUKAMOTO<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Leibniz

Institute for Applied Geophysics)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R20 [Regular Session] Geoscience Education/History of Geoscience

[1poster68-70] R20 [Regular Session] Geoscience Education/History of Geoscience

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R20-P-1] Geology in Japan just after the WWII

\*Michiko dvan Yajima<sup>1</sup> (1. Tokyo Metropolitan University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R20-P-2] Practice of Earth Science-based Inquiry Activities in High School

\*Kazuya Kawakatsu<sup>1</sup> (1. Hyogo Prefectural Himejihigashi Senior High School)

4:30 PM - 7:00 PM

[R20-P-3] Studying field geology in the Himalaya- Highlights of the 9th Student Himalayan Field Exercise Tour in March 2020 and invitation to the 10th exercise tour in 2022

\*Masaru Yoshida<sup>1,2</sup>, Student Himalayan Field Exercise Project (1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University(Emeritus Professor))

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | R23 [Regular Session] Nuclear energy and geological sciences

[1poster71-73] R23 [Regular Session] Nuclear energy and geological sciences

4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R23-P-1] Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution

\*Makoto KAWAMURA<sup>1</sup>, Hua JIA<sup>2</sup>, Yukiko KOIZUMI<sup>2</sup>, Masakazu NIWA<sup>1</sup>, Koji UMEDA<sup>3</sup> (1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Mitsubishi Materials Techno Corp., 3. Hirosaki Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[R23-P-2] (entry) Assessment of the level of activity of advective transport through fractures in Neogene mudstone by comparison between stable isotope compositions of fracture and pore waters

Akihito Mochizuki<sup>1</sup>, \*Eiichi Ishii<sup>1</sup> (1. Japan Atomic Energy Agency)

4:30 PM - 7:00 PM

[R23-P-3] Age Constraint on the Quaternary Sediments by  
Terrestrial Cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  Analyses in the  
Omaezaki Area

\*Hisanori Ominami<sup>1</sup>, Koumei Nishimura<sup>1</sup>, Eiji Nakata<sup>2</sup>,  
Yuki Matsushi<sup>3</sup> (1. Chubu Electric Power Co.,Inc., 2.  
Central Research Institute of Electric Power Industry,  
3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto  
University)

4:30 PM - 7:00 PM

---

Poster | T1. [Topic Session] New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales

[1poster01-02] T1. [ Topic Session] New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[T1-P-1] Physical properties of the Kumano forearc basin at Site C0025, IODP Expedition 358

\*Manami Kitamura<sup>1</sup>, Takashi Takehara<sup>1</sup>, Xinglin Lei<sup>1</sup> (1. GSJ/AIST)

4:30 PM - 7:00 PM

[T1-P-2] (entry) Impact of Kuroshio meander on the slow slip event in March 2020 detected by borehole and DONET observatories

\*Keisuke Ariyoshi<sup>1</sup>, Toshinori Kimura<sup>1</sup>, Yasumasa Miyazawa<sup>1</sup>, Varlamov Sergey<sup>1</sup>, Takeshi Iinuma<sup>1</sup>, Akira Nagano<sup>1</sup>, Joan Gomberg<sup>2,3</sup>, Eiichiro Araki<sup>1</sup>, Toru Miyama<sup>1</sup>, Kentaro Sueki<sup>1</sup>, Shuichiro Yada<sup>1</sup>, Takane Hori<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>4,1</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup> (1. JAMSTEC, 2. USGS, 3. University of Washington, 4. NIED)

4:30 PM - 7:00 PM

## Physical properties of the Kumano forearc basin at Site C0025, IODP Expedition 358

\*Manami Kitamura<sup>1</sup>, Takashi Takehara<sup>1</sup>, Xinglin Lei<sup>1</sup>

### 1. GSJ/AIST

The International Ocean Discovery Program (IODP) Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) Expedition 358 penetrated the Kumano forearc basin at Site C0025 to understand the evolution of the accretionary prism and Kumano forearc basin in the Nankai Trough (Tobin et al., 2020, IODP Proceedings). Site C0025, located at ~ 50–55 km landward from the trench, has been drilled and obtained core samples from 400–573 mbsf. In this study, we conduct elastic wave velocity ( $V_p$ ) and porosity measurements and indentation tests on cubic samples and estimate the anisotropy of the samples.  $V_p$  at 453–572 mbsf falls in the range of 1.7 to 2.0 km/s.  $V_p$  along horizontal directions show similar values with shipboard data, while  $V_p$  along vertical direction tends to be slightly higher than shipboard data (Tobin et al., 2020, IODP Proceedings). The vertical anisotropy of  $V_p$  is between -0.3 and 2.3%, which is similar with shipboard data. Porosity of our samples ranges between 42–49%, which is also consistent with the results of shipboard measurements (Tobin et al., 2020, IODP Proceedings). The unconfined compressive strength (C0) along horizontal direction, which can be obtained by indentation tests (e.g., Kitamura and Hirose, 2017, JSG), generally increases with depth from 0.6 MPa at 433 mbsf to 2.4 MPa at 454 mbsf. After C0 value decreases to 1.4 MPa at 467 mbsf, it gradually increases with depth to 3.0 MPa at 573 mbsf. C0 for vertical direction indicates the similar trend. The vertical anisotropy of C0 decreases with depth from 9.2% at 467 mbsf to -8.4% at 573 mbsf. In addition, we perform permeability measurements on core sample under in-situ pressure condition. The permeability of the sediment collected at 573 mbsf is on the order of  $10^{-18}$  m<sup>2</sup>. In the poster, we will discuss the  $V_p$ -porosity,  $V_p$ -C0 and permeability-porosity relationships in the Kumano forearc basin.

Keywords: IODP, Nankai Trough, Kumano forearc basin

## (entry) Impact of Kuroshio meander on the slow slip event in March 2020 detected by borehole and DONET observatories

\*Keisuke Ariyoshi<sup>1</sup>, Toshinori Kimura<sup>1</sup>, Yasumasa Miyazawa<sup>1</sup>, Varlamov Sergey<sup>1</sup>, Takeshi Inuma<sup>1</sup>, Akira Nagano<sup>1</sup>, Joan Gomberg<sup>2,3</sup>, Eiichiro Araki<sup>1</sup>, Toru Miyama<sup>1</sup>, Kentaro Sueki<sup>1</sup>, Shuichiro Yada<sup>1</sup>, Takane Hori<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>4,1</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>

1. JAMSTEC, 2. USGS, 3. University of Washington, 4. NIED

In our recent study, we detected the pore pressure change due to the slow slip event (SSE) in March 2020 at the two borehole stations (C0002 and C0010), where the other borehole (C0006) close to the Nankai Trough seems not because of instrumental drift for the reference pressure on the seafloor to remove non-crustal deformation such as tidal and oceanic fluctuations. To overcome this problem, we use the seafloor pressure gauges of cabled network (DONET) stations nearby boreholes instead of the reference by introducing time lag between them. We confirm that the time lag is explained from superposition of theoretical tide modes. By applying this method to the pore pressure during the SSE, we find pore pressure change at C0006 about 0.6 hPa. We also investigate the impact of seafloor pressure due to ocean fluctuation on the basis of ocean modeling, which suggests that the decrease of effective normal stress from the onset to the termination of the SSE is explained by Kuroshio meander and may promote updip slip migration, and that the increase of effective normal stress for the short-term ocean fluctuation may terminate the SSE as observed in the Hikurangi subduction zone.

Keywords: slow earthquake, Kuroshio meander, megathrust earthquakes, Nankai trough

---

Poster | T2. [Topic Session] Submarine Mass Movements and Their Consequences

## [1poster03-04] T2. [ Topic Session] Submarine Mass Movements and Their Consequences

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

### [T2-P-1] (entry) Volcanic glasses recovered from piston cores in Yatsushiro Sea taken by Hakuohmaru KH-18-3 Cruise

\*Shoichiro MATSUO<sup>1</sup>, Yujin KITAMURA<sup>1</sup>, Kuniyo KAWABATA<sup>2</sup>, Ryo TERASAWA<sup>3</sup>, Daigo ITO<sup>3</sup> (1. Graduate school of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institute for Comprehensive Education Center for General Education, Kagoshima University, 3. Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [T2-P-2] Direction of the marine geological studies

\*Kiichiro Kawamura<sup>1</sup>, Hideo Nomura<sup>2</sup>, Nagakawa Katsuhisa<sup>2</sup>, Manabu Takemasa<sup>2</sup>, Jun Tanaka<sup>2</sup> (1. Yamaguchi University, 2. Kiso Jiban Co. Ltd.)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Volcanic glasses recovered from piston cores in Yatsushiro Sea taken by Hakuohmaru KH-18-3 Cruise

\*Shoichiro MATSUO<sup>1</sup>, Yujin KITAMURA<sup>1</sup>, Kuniyo KAWABATA<sup>2</sup>, Ryo TERASAWA<sup>3</sup>, Daigo ITO<sup>3</sup>

1. Graduate school of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institute for Comprehensive Education Center for General Education, Kagoshima University, 3. Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University

### 1.はじめに

九州西部に位置する八代海には多数の海底断層群が認められており、日奈久断層帯八代海区間を構成している。またこの海域は閉鎖度が高く、河川からの碎屑物の堆積盆となっている。新しい堆積層と活断層の組み合わせから、潜在的に海底地すべりの発生条件を備えている。井上ほか（2011）により八代海の堆積物ピストンコア中の年代の逆転が報告されており、さらに詳細な海底地すべり履歴の検討のために白鳳丸KH-18-3次研究航海によりピストンコア試料が採取された。

伊藤（2020卒論）で八代海の堆積物試料から始良Tnテフラを構成する入戸火砕流堆積物の火山ガラスが確認されたが、推定された堆積年代と合致せず、さらなる検証が必要とされた。本研究は、八代海南部で行われたKH-18-3次研究航海で採取されたピストンコア試料に含まれる火山ガラスの屈折率をもとに同定し、層序を考察することを目的とする。

### 2.手法

KH-18-3次研究航海で採取されたピストンコア試料PC01～PC11の計11本のコアから、伊藤（2020卒論）によりDI001～DI110の合計110試料に分けられた。本研究ではPC03（DI023～DI032）とPC09（DI081～DI091）の21試料を使用した。21試料を水洗、乾燥、分割し、1つの試料から30粒の火山ガラスの屈折率をRIMS2000を使用して測定した。DI082においては斜方輝石の屈折率も測定した。また、試料分割後のスミアスライドを作成し、偏光顕微鏡を用いて200粒の鉱物組成を割り出した。

### 3.結果と考察

PC03（DI023～DI032）ではバブル型、軽石型の火山ガラスが見られた。30粒全て始良Tnの屈折率（1.498～1.501）の火山ガラスであった。PC09（DI081～DI091）も同様にバブル型、軽石型の火山ガラスが見られ、ほとんどが始良Tnの屈折率と一致した。DI081, DI082, DI084～DI086では1～4粒の火山ガラスが始良Tnの屈折率とは一致せず、阿蘇4（Aso-4）の屈折率（1.506～1.510）または鬼界アカホヤ（K-Ah）の屈折率（1.508～1.516）に一致した。DI082の斜方輝石はK-Ahの屈折率（1.708～1.713）に一致した。堀（2019卒論）で推定された650±40年前や10910±50年前の層にも連続的に始良Tnの火山ガラスが見られたため、これらは二次堆積したものだと考えられる。

PC03のスミアスライドではDI023～DI026, DI028～DI030で岩片が顕著に見られ、DI027, DI031, DI032で火山ガラスが顕著に見られた。DI027～DI029では植物片が目立った。PC09のスミアスライドではDI081～DI086で有孔虫や生物片などが25%程度見られ、DI087以降は火山ガラスが顕著に見られた。

### 4.まとめ

入戸火砕流堆積物は人吉盆地周辺の地質図上ではほとんど残っていない。これについて横山（2000）は、山岳地域の谷底の堆積物が顕著な削剥を受けたとみている。堀（2019卒論）で推定された異なる年代の層にも入戸火砕流堆積物が見られることから、八代海の堆積物中の火山ガラスは河川からの流入による二次堆積物であると考えられる。K-Ahは含まれている可能性はあるが、見つかった粒数が少ないため、今後ほかのコアの火山ガラスや重鉱物を調べるのが望まれる。

### 5.引用文献

伊藤大悟（2020卒論）八代海南部における底生有孔虫群集から推定される堆積環境，鹿児島大学卒業論文，55p.

井上直人・北田奈緒子・越後智雄・久保尚大・一井直宏・林田明・坂本泉・滝野義幸・楳原京子，2011，布

田川・日奈久断層帯海域延長部におけるピストンコア調査, 活断層・古地震研究報告, 11, 295—308.  
堀航喜 (2019卒論) 日奈久断層八代区間の海底断層群分布海域における浅海表層堆積物の物性から推定される堆積環境, 鹿児島大学卒業論文, 90p.  
横山勝三 (2000) 入戸火砕流堆積物の分布北限, 火山第45巻, 第4号, 209-216.

Keywords: Volcanic ash, AT tephra, 2016 Kumamoto earthquake

## Direction of the marine geological studies

\*Kiichiro Kawamura<sup>1</sup>, Hideo Nomura<sup>2</sup>, Nagakawa Katsuhisa<sup>2</sup>, Manabu Takemasa<sup>2</sup>, Jun Tanaka<sup>2</sup>

1. Yamaguchi University, 2. Kiso Jiban Co. Ltd.

地質学は不均質性との戦いである。ここに地質リスクが存在しており、複雑な地質を如何に最適モデル化できるかが課題である。最適モデルにするためには、測定・観測要素を適切に抽出する必要があり、その選定は目的にあったかたちで実施されている。最適モデルにするためには、それらの事象の進行プロセスや発生メカニズムを知る必要があり、モデルを裏打ちするような原理原則が必要不可欠である。このように陸上における課題として、地質リスクが存在しているが、海底となるとさらに難しい問題となる。しかし、この難敵は、資源採掘や構造物建設、さらには既存の構造物の沿岸防災において、避けて通れない課題である。近年話題になっている洋上風力発電においては、喫緊の課題であり、津波や構造物を破壊する要因となる海底地すべり、敷設する送電ケーブルを切断する恐れのある混濁流、構造物に直接ダメージを与える恐れのあるシャローガスや泥火山、液状化などの海底地盤でのリスク要素、など事象は知られているが、発生規模や発生頻度、場所を特定困難なものばかりである。これらの海底地質リスク評価は、ある意味日本型であるとも言え、用地選定だけでなく、その後の施工や維持管理において、ボディーブローのように効いてくる問題であることは容易に想像がつく。ここでは、Nitta et al. (2019)で報告された仙台沖の水深1000m程度の海底クリープ現象を報告し、その地質学的な意義について論じる。また、短い発表時間ではあるが、上記のリスク要素の捉え方、浅海域における地質リスク評価のアプローチ法、さらには、それらを検討する国内外組織についてみなさんと議論したい。

### 引用文献

Sayaka Nitta, Takafumi Kasaya, Kiichiro Kawamura, 2021, Geological Magazine, Volume 158, Special Issue 1: Subduction zone processes and crustal growth mechanisms at Pacific-Rim continental margins: modern and ancient analogues, pp. 39 - 46. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756818000894>

Keywords: Submarine landslide, Offshore wind farm, Marine geological risks, Creep, off Sendai

---

Poster | T3. [Topic Session] Collaboration and advance of geological, experimental, and seismological research on slow earthquakes

[1poster05-07] T3. [ Topic Session] Collaboration and advance of  
geological, experimental, and seismological research on  
slow earthquakes

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[T3-P-1] (entry) Constraint on slip velocity using grain size of dynamic recrystallization of quartz in the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt

\*Mako Kawaji<sup>1</sup>, Yoshitaka Hashimoto<sup>1</sup> (1. Kochi University)

4:30 PM - 7:00 PM

[T3-P-2] (entry) Generation mechanism of slow stick-slip verified from friction properties of mixed quartz/talc gouges

\*Ryota Hibi<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup> (1. Shizuoka Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[T3-P-3] (entry) Deformation behavior of antigorite serpentinite in deep slow earthquake source regions inferred from field and experimental observations

\*Yurina Nagata<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup>, Keishi Okazaki<sup>2</sup> (1. Shizuoka University, 2. JAMSTEC)

4:30 PM - 7:00 PM

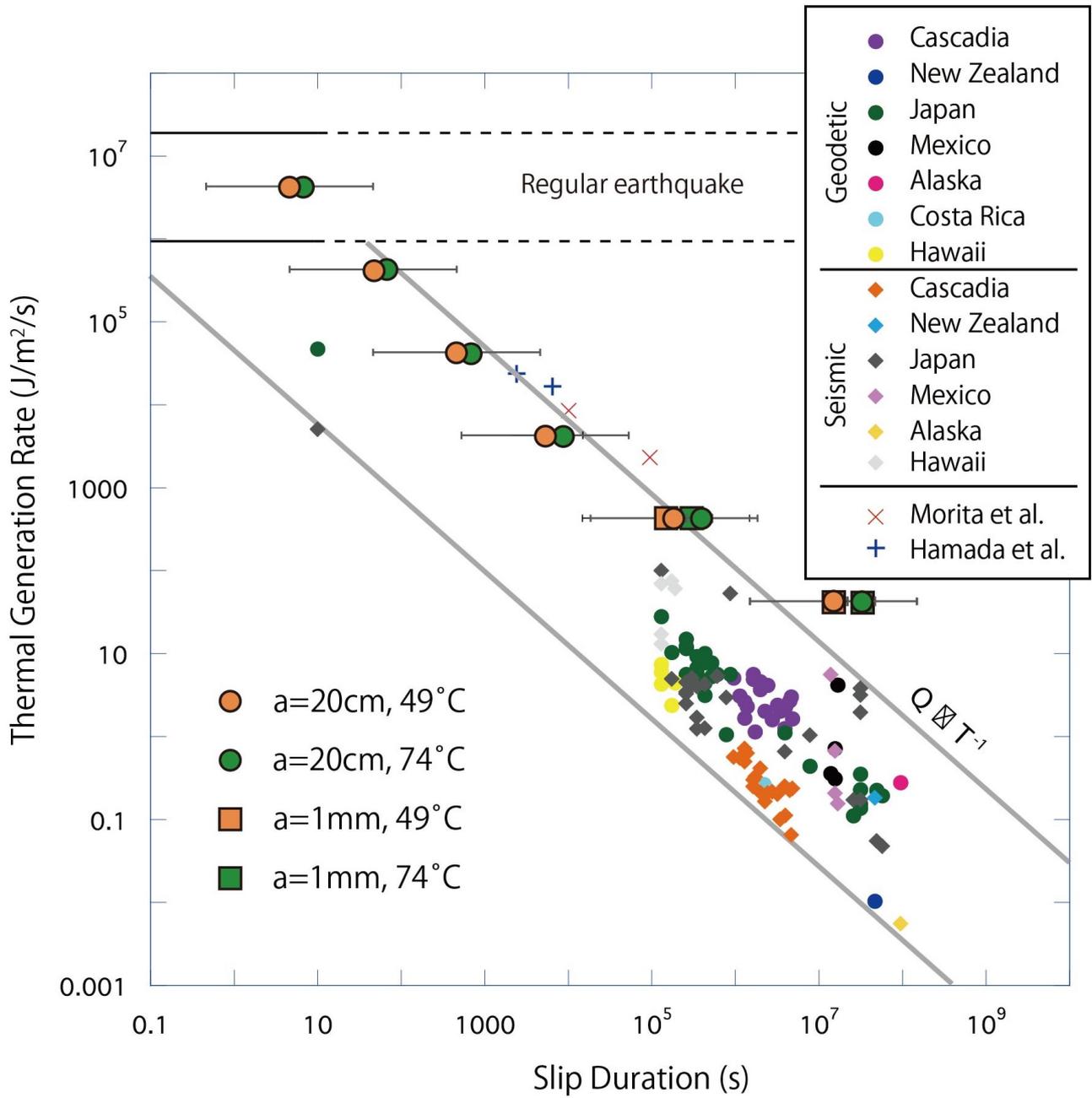
## (entry) Constraint on slip velocity using grain size of dynamic recrystallization of quartz in the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt

\*Mako Kawaji<sup>1</sup>, Yoshitaka Hashimoto<sup>1</sup>

1. Kochi University

近年、地球物理学的手法により発見されたスロー地震は、汎世界的な現象であることが明らかとなり、スロー地震と巨大地震との関連が注目されている。物理観測では空間的な相互作用を理解することが難しいため、空間分解能が高い地質学的手法でのスロー地震の化石認定が鍵となるが、決定的な証拠は未発見である。そこで、本研究では巨大地震とスロー地震の断層岩が共存していることの認定を目指し、陸上付加体において遅い変形を示す石英の結晶塑性変形組織が見られる巨大地震の化石を含む断層を対象に、遅い変形を起こした際の被熱温度とすべり速度の定量化を目的とした。対象の断層は、四国白亜系四万十帯に属する横浪メランジュの北縁断層である五色ノ浜断層で、摩擦発熱による溶融を示すシュードタキライトが見られ、地震断層の化石と認定されている。地震断層は厚さ約1 mm、破砕帯は厚さ約20 cmである。母岩の過去の最高被熱温度はビトリナイト反射率によって約250 °Cと報告されている。断層岩の微細組織観察から、直線的な断層の周囲で石英質なブロックが泥質な基質に囲まれている変形帯になっており、ブロックは断層とほぼ平行に配列している。また、泥質の基質はブロックを囲むような流動的な変形をしており、石英ブロックの中には波状消光や動的再結晶組織が見られた。被熱温度の推定には、塑性変形を起こしている石英の粒径を用いるStipp et al.(2002)の手法を採用した。また、同様にStipp et al.(2002)の手法で温度からひずみ速度を推定し、すべり速度を求める計算を行った。ただし、Stipp et al.(2002)の研究対象はほとんどが石英で構成されている岩体であるため、流体圧を無視することでひずみ速度、すべり速度の推定までを行うことができている。一方、本研究の対象は塑性変形した石英が不均質に分布していることから、流体圧の不均質な分布を示唆しており、流体圧を無視することができない。さらに差応力自体が不均質である可能性もある。よって、得られるすべり速度は流体圧を無視した最低速度の制約となる。分析の結果、過去の最高被熱温度は299-324 °Cと推定され、母岩の過去の最高被熱温度よりも高く、過去、断層帯に発熱イベントがあったことを示唆する。また、この温度は観察範囲である断層の中心から約15 mmの地点までほぼ一定であった。これらの推定被熱温度を用いて計算した推定すべり速度は約10 m/yearで、プレート運動よりも遅かった。なお、このすべり速度は最低速度の制約に過ぎないものの、破砕帯20 cmの泥質基質を含めた全体のすべりが不足分のすべり速度を補っていることを示唆する。ここで、断層から約15 mmに渡って発熱温度が一定である点に着目し、発熱帯の厚さが1 mmと20 cmの場合について、異なるすべり速度での摩擦発熱による熱拡散パターンの時間発展を計算し、この熱拡散パターンが天然の温度分布と一致するときのすべり速度とすべり時間を制約した。結果、発熱帯が厚さ1 mmの場合すべり速度は10<sup>-10</sup> m/s、すべり時間は10<sup>-10</sup> sと推定され、20 cmの場合すべり速度は10<sup>1</sup>-10 m/sまで広い範囲が許容され、すべり時間は10<sup>-10</sup> sと推定された。最後に、本研究の結果を過去に観測された地震データと比較する。まず、これまでに物理学的に観測されている地震のデータは、地震の規模 $M_0$ とすべり時間 $T_d$ で表現することができ、通常地震とスロー地震では $M_0$ と $T_d$ の関係が異なっていることが既に明らかとなっている(Ide et al., 2007)。この $M_0$ は、単位面積・単位時間あたりの熱量 $Q$ に変換することができる。また、 $Q$ はすべり速度、上載圧、摩擦係数の積であり、制約されたすべり速度に上載圧10 MPa、摩擦係数10<sup>1</sup>を与えて地質学的な $Q$ を得た。過去に観測された地震データの $T_d$ と、 $M_0$ を変換することで得られた $Q$ の関係を表したグラフに、本研究で得られた $T_d$ と $Q$ をプロットすると、シミュレーションによって許容されたすべり速度とすべり時間が、過去に観測されたスロー地震と一致する場合が多いことがわかった。以上のことから、五色ノ浜断層で見られる結晶塑性変形した石英は、スロー地震を記録している可能性が十分あると考えられ、スロー地震と通常の巨大地震が同じ断層で起こっているという可能性も示唆される。ただし、温度の独立決定を行って確度を高めること、断層からさらに離れた地点の温度分布からすべり挙動を制約することが課題である。また、熱源が高温流体である可能性を否定できないため、岩石-流体間反応の検討も必要である。Stipp, M et al., 2002, Journal of Structural Geology; Ide, S et al., 2007, Nature

Keywords: slow earthquake, accretionary complex, dynamic recrystallization, seismogenic fault



## (entry) Generation mechanism of slow stick-slip verified from friction properties of mixed quartz/talc gouges

\*Ryota Hibi<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup>

1. Shizuoka Univ.

スロー地震は、継続時間と地震モーメントの違いから、スロースリップイベント（以下、SSEとする）、超低周波地震、低周波微動などに区分される(Obara and Kato, 2016)。室内の摩擦実験は、安定すべりやスティック・スリップなどの様々なすべり挙動が発生することから、地震発生メカニズムを理解する上で重要な研究手法である。スティック・スリップには、継続時間が短く、応力降下量が大きいファストスティック・スリップと、継続時間が長く、応力降下量が小さいスロースティック・スリップが存在する。スティック・スリップは、剛性比 $K = k/k_c$  ( $k$ は装置のスティッフネス、 $k_c$ は臨界スティッフネス)とすると、 $K < 1$ で発生することが知られている(例えば、Gu et al., 1984; Rice, 1983)。先行研究では、石英やソーダ石灰など1種類のガウジ試料で摩擦実験を行い、 $K \approx 1$ の条件でスロースティック・スリップが起こることを明らかにしている(例えば、Scuderi et al., 2016; Leeman et al., 2018)。彼らの実験では、法線応力や載荷速度を変更することで $K$ の値を変化させている。しかし、天然の断層では、石英や長石類からなる破碎岩片の周囲を、スメクタイトや滑石などの層状珪酸塩鉱物を取り囲んで存在する(例えば、Wintsch et al., 1995)。そこで、本研究では、石英と滑石からなる模擬ガウジ物質を使用し、ガウジ組成を変化させて摩擦実験を行った。

摩擦実験は静岡大学設置の一面剪断試験機を使用して行った。実験は、法線応力10 MPa、載荷速度0.66~2.00  $\mu\text{m/s}$ 、室温で行った。結果は、滑石含有率が0~2 wt.%のときにファストスティック・スリップが、4~10 wt.%のときにスロースティック・スリップが発生した。また、4~5 wt.%では定常的なスロースティック・スリップが発生した。速度・状態依存摩擦則の( $a-b$ )値は滑石含有率0~2 wt.%では-0.0021~-0.0002で速度弱挙動を示し、滑石含有率4~10 wt.%では0.0001~0.0012でわずかに速度強化挙動を示した。剛性比 $K = k/k_c$ は、滑石含有率0~2 wt.%では3.4~38.4で $K > 1$ となり、理論的な安定条件でファストスティック・スリップが発生した結果となった。

スティック・スリップ発生時の応力降下量は、応力降下継続時間の増加とともに0.592~0.004 MPaへ減少し、ファストスティック・スリップからスロースティック・スリップへ変化した。すべり量も同様に、応力降下継続時間の増加とともに0.0622~0.0001 mmへ減少し、ファストスティック・スリップからスロースティック・スリップへ変化した。以上より、ファストスティック・スリップからスロースティック・スリップへの変化は、急激に起きるものではなく、遷移的に発生していると考えられる。

実験後の試料の微細構造観察は、滑石含有率0~10 wt.%の試料では、滑石含有率の増加に伴って $R_1$ 面、Y面がともに減少した。よって、ファストスティック・スリップからスロースティック・スリップへ変化すると、 $R_1$ 面、Y面がともに減少することがわかった。

本研究の結果から、層状珪酸塩鉱物の含有率の数%の違いが、ファストスティック・スリップやスロースティック・スリップ、安定すべり等のさまざまな摩擦挙動を発生させることがわかった。そのため、天然の断層においても、層状珪酸塩鉱物の溶解・析出等により含有量が変化すると、通常の地震から、SSE、安定すべりまで、同一の断層で発生する可能性があると考えられる。

引用文献：Obara and Kato (2016), *Science*, 353, 253-257. Gu et al. (1984), *J. Mech. Phys. Solids*, 32, 167-196. Rice (1983), *Pure Appl. Geophys.*, 121, 443-475. Scuderi et al. (2016), *Nat. Geosci.*, 9, 695-700. Leeman et al. (2018), *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 123, 7931-7949. Wintsch et al. (1995), *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 100, 13021-13032. Summers and Byerlee (1977), *Tectonophysics*, 75, 243-255.

Keywords: slow earthquake, friction sliding experiments, stick-slip, phyllosilicate, rate- and state-friction law



## (entry) Deformation behavior of antigorite serpentinite in deep slow earthquake source regions inferred from field and experimental observations

\*Yurina Nagata<sup>1</sup>, Ken-ichi Hirauchi<sup>1</sup>, Keishi Okazaki<sup>2</sup>

1. Shizuoka University, 2. JAMSTEC

南海沈み込み帯のマントルウェッジ先端付近では、プレート境界に沿って深部スロー地震が発生している（例えば、Obara, 2002）。マントルウェッジ先端付近は、海洋プレート中に含まれる含水鉱物の脱水反応に起因して多量の水が高間隙水圧状態で存在すると考えられている（例えば、Shelly et al., 2006）。このような領域では、有効応力の低下に伴って岩石の摩擦・破壊強度が低下するため、高温高圧下においても脆性変形が卓越する可能性がある。そして、マントルウェッジを構成するかんらん岩は、水流体の存在下において蛇紋岩化していると考えられる（例えば、Kato et al., 2010）。以上のことから、高含水率条件下での蛇紋岩の脆性変形が深部スロー地震の発生メカニズムの一つとなる可能性があるが、そのような条件下で蛇紋岩がどのような変形挙動を示すかについては、未だによくわかっていない。また、これまでに高温高圧下でのアンチゴライト蛇紋岩を用いた変形実験が数多く行われているが（例えば、Hilairt et al., 2007; Chernak and Hirth, 2010）、蛇紋岩中の含水量の変化に着目した実験はあまり行われていない。そこで、本研究では、深部スロー地震発生域に相当する温度圧力条件下で形成された天然の蛇紋岩体について構造岩石学的解析を行った。さらに、グリッグス型固体圧式三軸変形装置を用いて、様々な含水量下における蛇紋岩試料の高圧変形実験を行った。

フィールド観察は、四国中央部三波川帯の泥質片岩（ざくろ石帯と曹長石・黒雲母帯の境界）に含まれる蛇紋岩体を対象とした。本地域の三波川帯は温度約500°C、圧力約1 GPaの変成作用を経験している（Aoya et al., 2013）。蛇紋岩はレンズ状のブロックが定向配列するblock-in-matrix構造を呈し、ブロック、マトリックス共にアンチゴライトで構成される。block-in-matrix構造では、ブロックの伸長方向に平行な開口破壊とこれに斜交する剪断破壊が混合したネットワークを形成していた。このような開口破壊の発生には、間隙水圧の大きさが少なくとも最小主応力（ $\sigma_3$ ）と岩石の引張強度の和を超える必要があることから、蛇紋岩のブロック化は静岩圧を超える間隙水圧下で発生したと考えられる。

変形実験は、コア状（直径約6 mm、長さ約13 mm）のアンチゴライト蛇紋岩試料を用い、温度500°C、封圧1.0 GPa、歪速度 $4.22 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 、含水量0、1.1、3.0 vol.%条件で行った。試料の最大差応力は、含水量の増加に伴って小さくなっていった。含水量0、1.1 vol.%条件では、試料全体を最大圧縮方向（ $\sigma_1$ ）に対して約30°斜交する断層が形成され、断層面に沿って粉碎された細粒のアンチゴライトと脱水生成物が形成していた。含水量3.0 vol.%条件では、破壊がネットワークを形成することで最大長さ約6 mmのレンズ状にブロック化し、block-in-matrix構造を呈していた。マトリックスは粉碎されたアンチゴライト粒子と間隙で構成されていた。

実験結果から、深部スロー地震発生域に相当する温度圧力条件下で蛇紋岩中の含水量が増加すると、破壊が断層面に局在化する変形から破壊がネットワークを形成する変形に変化することがわかる。また、フィールドおよび実験的観察は共に、深部スロー地震発生域において蛇紋岩が剪断・開口破壊によってblock-in-matrix構造を形成することを示唆しており、これらの破壊は深部スロー地震の一種である微動として観測されている可能性がある。

引用文献：Aoya et al., 2013, *Geology*, 41, 451-454. Chernak and Hirth, 2010, *Earth Planet Sci. Lett.*, 296, 23-33. Hilairt et al., 2007, *Science*, 318, 1910-1913. Kato et al., 2010, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L14310. Obara, 2002, *Science*, 296, 1679-1681. Shelly et al., 2006, *Nature*, 442, 188-191.

Keywords: slow earthquake, mantle wedge, serpentinite, deformation

---

Poster | T4. [Topic Session] Reconstructiong modified ancient arc-trench systems: examples of Japan etc.

[1poster08-09] T4. [ Topic Session] Reconstructiong modified ancient arc-trench systems: examples of Japan etc.

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[T4-P-1] (entry) Reconstruction of the Miocene accretionary complex and oceanic plate stratigraphy in the Tomuraushi area, Hokkaido, Japan

\*Michiru Inoue<sup>1</sup>, Hayato Ueda<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., 2. Niigata Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

[T4-P-2] Cathodoluminescence measurements of zircons from the Takidani granodiorite in the Northern Alps.

\*Yuta Tsuchiya<sup>1</sup>, Kazumasa Aoki<sup>1</sup>, Hirotsugu Nishido<sup>1</sup> (1. Okayama University of Science)

4:30 PM - 7:00 PM

# (entry) Reconstruction of the Miocene accretionary complex and oceanic plate stratigraphy in the Tomuraushi area, Hokkaido, Japan

\*Michiru Inoue<sup>1</sup>, Hayato Ueda<sup>2</sup>

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., 2. Niigata Univ.

**はじめに** 北海道中央部の日高帯を構成する日高累層群は、暁新世～始新世に形成された付加体とされてきた。最近、同帯のトムラウシ地域から前期中新世を示すジルコンU-Pb年代が報告されたが、それらの地層は日高累層群から区別され、プリアパート堆積盆で形成された被覆層と解釈されている（七山ほか2020）。しかし、後述のとおり、周囲の碎屑岩類からも例外なく漸新世後期～前期中新世の年代が得られており、本研究地域を構成する付加体自体が若いという可能性の検討が必要である。そこで、当発表ではトムラウシ地域の野外調査、ジルコンU-Pb年代測定、緑色岩類の化学分析で得られたデータから、付加体の形成時期と関与した海洋プレートについて議論する。

**岩相区分** 著者は、トムラウシ地域で新たにマッピングを行い、ユニットA～Eに岩相区分した。（ユニットA：黒色泥岩層，B：砂岩泥岩互層，C：緑色岩類，D：赤色・緑色・黒色泥岩層，E：玄武岩，赤色・黒色泥岩，砂岩泥岩互層の覆瓦ユニット）また、ユニットA, B, Dの砂岩や凝灰岩から漸新世後期，ユニットC, Eの砂岩と凝灰岩から前期中新世のジルコンU-Pb年代を得た。七山ほか（2020）が中新世のジルコンと珪藻化石を報告した地層は、ユニットDに相当する。ユニットAの黒色泥岩からは古第三紀暁新世と始新世，また、ユニットEの赤色チャートから白亜紀中期アルビアン～セノマニアンの放散虫年代が報告されている（Watanabe & Iwata, 1987, 君波ほか, 1990）。

**原層序の復元** 野外での岩石の随伴関係や層序・年代，および鏡下での特徴から，当地域の日高累層群の原層序は以下のように復元される。古い方から，枕間石灰岩を伴うE-MORB枕状溶岩と白亜紀中期アルビアン～セノマニアン赤色チャート・石灰岩（ユニットE），凝灰岩を挟在する暁新世～始新世の半遠洋性黒色珪質泥岩（ユニットA），漸新世～前期中新世の砂岩泥岩互層（ユニットB），前期中新世赤色・緑色・黒色泥岩（ユニットD）とそこに噴出，貫入したN-MORB～T-MORB緑色岩類（ユニットC）となる。

**考察** 当地域で復元される原層序は，枕状溶岩を覆う白亜紀の赤色チャート・石灰岩に始まり，暁新世～始新世の半遠洋性黒色泥岩を経て，後期漸新世～前期中新世の陸源タービダイトに至る，海洋プレート層序であったと考えられる。そのため，付加体の形成年代は後期漸新世～前期中新世の可能性が高い。Muller et al., (2016)によれば，20Ma頃に日本周辺へ沈み込んだ太平洋プレートの年齢は，およそ100myrと復元されており，これはユニットEチャート岩塊の放散虫年代（アルビアン～セノマニアン）と調和的である。また，DSDPやODPの太平洋プレート上のコア層序では，上部白亜系～下部古第三系が欠如しているものがある（DSDP Site 578, ODP Site 1179など）。そのため，トムラウシ地域における白亜系や下部古第三系のきわめて断片的な産出は，太平洋の海底層序の欠如を反映している可能性がある。以上から，トムラウシ地域では，砂泥互層が堆積した漸新世末～前期中新世頃まで，日高帯は東に開いた海であり，太平洋プレートが沈み込んでいたと考えられる。

## 引用文献

君波 和雄, 川端 清司, 宮下 純夫, 1990, 日高累層群中からの古第三紀放散虫化石の発見とその意義, 特に海嶺沈み込みについて, 地質雑, 96, 332-326.

Müller, R.D., Seton, M., Zahirovic, S., Williams, S.E., et al. (2016) Ocean basin evolution and global-scale plate reorganization events since Pangea breakup. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 44, 107–38.

七山 太, 渡辺 真人, 山崎 徹, 岩野 英樹, 檀原 徹, 平田 岳史, 2020b, 北海道中央部, トムラウシ地域の日高帯分布域に新たに発見された下部中新統とそのテクトニックな意義, 地質誌, 126, 605-620.

Watanabe, Y. and Iwata, K. 1987, The Hidaka Supergroup in the Tomuraushi Region, Hidaka Belt, Hokkaido, Japan. *Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*, 41, 35-47.

Keywords: Early Miocene, Accretionary Complex, Hidaka Belt, Hidaka Supergroup, U-Pb age

# Cathodoluminescence measurements of zircons from the Takidani granodiorite in the Northern Alps.

\*Yuta Tsuchiya<sup>1</sup>, Kazumasa Aoki<sup>1</sup>, Hirotsugu Nishido<sup>1</sup>

1. Okayama University of Science

はじめに

カソードルミネッセンス (CL) は、対象鉱物の微量不純物、格子欠陥、結晶歪を高空間分解能で解析できるため、地球科学の分野では、結成作用や後背地解析、さらには変成作用の解析などさまざまな面で利用されている。その中、ジルコンのCLは、成長ドメインごとに異なる特性を示すことが知られており、U-Pb年代測定技術の発展と普及に相まって年代学分野では切り離すことのできない手法の1つとなっている (e.g., Corfu et al., 2003; Grant et al., 2009)。しかし、CL特性が生じる具体的な要因やメカニズムについては不明な点が多い。火成起源ジルコンが示すカラーCL像は、一般に結晶化した年代が古いものほど黄色発光を示す。一方、何もドーピングしていない合成ジルコンのカラーCL像は、顕著な青色発光を示す。これらのことは、放射性核種からの $\alpha$ 線放射による損傷の増加がCLの黄色発光を強める要因であることを示唆する (e.g., Finch et al., 2004; Tsuchiya et al., 2017)。しかし、放射線損傷の少ない天然ジルコンのCL特性を報告した例は少なく、ジルコン年代に応じた放射線損傷の増加もしくは減少がCL発光にどれだけ影響を与えているかはよく分かっていない。そこで本研究では、報告例が少ない若いジルコンのCL特性を明らかにするため、岐阜県および長野県県境の北アルプス南部上高地・西穂高岳周辺に産する滝谷花崗閃緑岩 (2-1Ma: Sano et al., 2002; Ito et al., 2017) からジルコンを分離し各種測定を行った。

結果と解釈

・ LA-ICP-MS U-Pb年代測定

滝谷花崗閃緑岩から抽出したジルコン (滝谷ジルコン) のU-Pb年代測定から、滝谷ジルコンは~65Maの年代を示すものと、2-1Maの年代を示すものがあることがわかった。前者の古い年代を示すジルコンについてはIto et al. (2017)も報告している。滝谷花崗閃緑岩の周囲には白亜紀花崗岩類が認められることから、滝谷花崗閃緑岩の元となったマグマの定置プロセスの際に周囲の白亜紀花崗岩類の同化作用で取り込んだ際に、混入したと考えられる。

・ カラーCL像

ジルコンのカラーCL像は、年代値の違いに関わらず同じ青色発光を示した。先行研究によるジルコンのCL特性結果 (Tsuchiya et al., 2017) を考慮すると、2-1Maの若い年代を示すジルコングループは放射線損傷が少ないため、黄色発光の影響を受けず青色発光が強く反映され、一方、~65Maの古い年代を示すジルコングループは、700度以上でアニールされ放射線損傷が解消し青色発光を示したと考えられる (Tsuchiya et al., 2015)。

・ スペクトル解析

CLスペクトル分析の結果、グループごとに青色領域の強度差が生じていることが認められたが、スペクトルパターンに大きな違いは認められず、すべてのジルコンから紫外-青色領域に結晶成長時に生じる発光中心 (Intrinsic emission) と、希土類元素 ( $Dy^{3+}$ ,  $Er^{3+}$ ) を発光中心とする~480nmおよび~580nmと~405nmに鋭いピークが検出された。また、黄色領域に放射線損傷に帰属される発光バンドはほとんど認められなかった。これらのことより、カラーCL像観察で認められた顕著な青色発光は、Intrinsic emissionに起因することを示す。一方、グループごとに青色領域の強度差が生じる原因については、現時点ではよくわからないが、おそらくCL強度が温度によって大きく変化することに起因するのかもしれない。今後ジルコンの微量元素組成や角閃石組成などから滝谷花崗閃緑岩の温度圧力条件を推定し、若いジルコンのCL発光の特徴化を進め、ジルコン年代に応じた放射線損傷がCL発光に与える影響について議論する。

引用文献

Corfu et al., 2003, *Reviews in Mineralogy and geochemistry*, 53, 469-500. Finch et al., 2004, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 37, 2795-2803. Grant et al., 2009, *Chemical Geology*, 261, 155-171. Ito et

al., 2017, *Scientific Reports*, 7, (1). Sano et al., 2002, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 117, 285-296. Tsuchiya et al., 2015, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 110, 283-292. Tsuchiya et al., 2017, *Geochronometria*, 44, 129-135.

Keywords: Zircon, Cathodoluminescence, Radiation damage

---

Poster | T7. [Topic Session] Advance in geochronology applied for high resolution eruption and evolution history of volcanoes

[1poster10-11] T7. [ Topic Session] Advance in geochronology  
applied for high resolution eruption and evolution  
history of volcanoes

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[T7-P-1] (entry) Reconstruction of high-resolution eruptive history of Mount Fuji volcano using lake sediments of Fuji Five Lakes

\*Shinya Yamamoto<sup>1</sup>, Fumikatsu Nishizawa<sup>2</sup>, Mitsuhiro Yoshimoto<sup>1</sup>, Kosuke Ota<sup>3</sup>, Yosuke Miyairi<sup>3</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>3,4</sup>, Hisami Suga<sup>4</sup>, Naohiko Ohkouchi<sup>4</sup> (1. Mount Fuji Research Institute, 2. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

4:30 PM - 7:00 PM

[T7-P-2] K-Ar dates of rocks from Nekoma Volcano, Fukushima Prefecture, Japan using mass fractionation correction procedure

\*Naoyoshi Iwata<sup>1</sup>, Kouji Iwatare<sup>1,2</sup>, Kazuo Saito<sup>1,3</sup> (1. Faculty of Science, Yamagata University, 2. BWR Operator Training Center, 3. Professor Emeritus, Yamagata University)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Reconstruction of high-resolution eruptive history of Mount Fuji volcano using lake sediments of Fuji Five Lakes

\*Shinya Yamamoto<sup>1</sup>, Fumikatsu Nishizawa<sup>2</sup>, Mitsuhiro Yoshimoto<sup>1</sup>, Kosuke Ota<sup>3</sup>, Yosuke Miyairi<sup>3</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>3,4</sup>, Hisami Suga<sup>4</sup>, Naohiko Ohkouchi<sup>4</sup>

1. Mount Fuji Research Institute, 2. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

日本最大の活火山・富士山では、過去3200年間で100余りの火山噴出物が確認されているが、その噴出年代が確定しているものは約3割にも満たない。その要因として、富士山では0.1 km<sup>3</sup> DRE以下の小規模噴火が約8割を占め、高頻度（約30年に1回）で噴火を繰り返すことから、噴出物直下に土壌が発達せず放射性炭素（<sup>14</sup>C）を用いた年代測定が困難であることが挙げられる。一方、富士山北麓に位置する富士五湖の湖底堆積物中には、富士山由来の降下スコリア層が連続的に保存されており、陸上に比べ時間分解能の高い噴火履歴情報が得られることが期待される。一般に、過去数万年程度の湖沼堆積物の年代推定には、植物遺骸の<sup>14</sup>C年代測定が用いられるが、これら湖では植物化石が降下スコリア層直下から産出しないこともあり、精度の高い年代モデルの構築が困難であった。そこで本研究では、富士五湖（河口湖・山中湖）の湖底堆積物を対象に放射性炭素年代測定法の再検討を行い、堆積物中に含まれる降下スコリア層の堆積年代の推定を行った。

### <事例研究1：河口湖>

本研究ではまず、富士山北麓、河口湖の堆積物コア（KA-1）中の大室スコリア（Om）について、その上下層より産出した植物化石（木の葉）の<sup>14</sup>C年代測定を行い、噴出年代の推定を行った。これまでOmは、陸上露頭で得られた噴出物直下の炭化木の<sup>14</sup>C年代から約3200年前の噴出物であると考えられてきた（高田ほか, 2016）。一方、KA-1コア中の植物化石の<sup>14</sup>C年代に基づく年代モデルからは、2938 ± 29 cal BPの年代値が得られ、Omが従来に比べ約270年新しい噴火であったことが明らかとなった。更に、本研究では、KA-1コア中の植物プランクトンに由来するC<sub>16</sub>脂肪酸の化合物レベル<sup>14</sup>C年代測定を行い、Omの年代推定を試みた。その結果、リザーバー年代補正後のC<sub>16</sub>脂肪酸の<sup>14</sup>C年代から推定された噴出年代（2837 ± 78 cal BP）が、前述の植物化石から推定される年代（2988–2870 cal BP）とよい一致を示し、植物化石が産出しない場合でも、化合物レベル<sup>14</sup>C年代法を用いることで精度の高い噴火年代推定が可能であることが明らかとなった。

### <事例研究2：山中湖>

山中湖は、従来、鷹丸尾溶岩流の堰き止めにより成立したと考えられてきたが（田中, 1921）、ボーリングコア中の珪藻化石群集が湖沼化を示す降下スコリア層が約1890-1830年前の<sup>14</sup>C年代を示す（遠藤ほか, 1992）など、年代の不一致が指摘されてきた。そこで本研究では、山中湖湖心で採取した表層堆積物中の各種有機物の<sup>14</sup>C年代測定を行い、湖水中の溶存無機炭素（DIC）の年代と比較した。その結果、TOCの放射性炭素同位体比（ $\Delta^{14}\text{C} = -73 \pm 2\%$ ）が、秋の湖水中のDICと整合的な値（ $-66 \pm 8\%$ ; Ota et al., 投稿中）を示すことが明らかとなり、リザーバー年代を補正することで、TOCの<sup>14</sup>C年代から、より正確な堆積物の年代推定が可能であることが示された。そこで本研究では、Yamamoto et al. (2018)で植物化石の<sup>14</sup>C年代が報告された層準でTOCの<sup>14</sup>C年代測定を行い、過去のリザーバー年代の変遷を明らかにした。更に、TOCの<sup>14</sup>C年代を高解像度で測定し、リザーバー年代を補正した上で年代モデルの構築を行った。その結果、前述の降下スコリア層の年代が、646 ± 65 cal ADであることが明らかとなった。この年代は、鷹丸尾溶岩中の炭化木の<sup>14</sup>C年代から推定される年代（687 ± 60 cal AD; 田場ほか, 1999）や古地磁気の方角解析から推定されている鷹丸尾溶岩の年代（AD600-700年; 馬場ほか, 2017）とも整合的であり、現在の山中湖の成立が鷹丸尾溶岩流と同時期であったことが示唆された。

### <引用文献（引用順）>

高田ほか（2016）富士火山地質図（第2版）。

田中 (1921) 歴史地理37, 445-455.

遠藤ほか (1992) 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」27, 33-36.

Ota et al. (投稿中) Elementa: Science of the Anthropocene.

Yamamoto et al. (2018) Organic Geochemistry 119, 50-58.

田場ほか (1999) 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」34, 121-128.

馬場ほか (2017) 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会講演要旨.

Keywords: radiocarbon dating, lake sediment, Mount Fuji, Fuji Five Lakes, eruption history

## K-Ar dates of rocks from Nekoma Volcano, Fukushima Prefecture, Japan using mass fractionation correction procedure

\*Naoyoshi Iwata<sup>1</sup>, Kouji Iwatare<sup>1,2</sup>, Kazuo Saito<sup>1,3</sup>

1. Faculty of Science, Yamagata University, 2. BWR Operator Training Center, 3. Professor Emeritus, Yamagata University

100万年より若い火山岩のK-Ar年代測定において放射起源<sup>40</sup>Arを正確に定量しようとする場合、試料がもつ初生Arの同位体比 (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar) が大気Ar同位体比と同一であると仮定できるかどうか問題になる(高岡, 1989など)。 <sup>38</sup>Arスパイクを使用しない感度法(ピーク値比較法ともいう)でAr同位体分析を行い、試料の<sup>38</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比と大気の<sup>38</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比を比較することで、初生Arの同位体分別の有無を確認することができる。そして同位体分別の大きさが質量差に依存すると仮定することで、初生Arが同位体分別を受けた大気成分であっても、質量分別補正を行うことで正確に放射起源<sup>40</sup>Arを定量することが可能である(高岡, 1989・松本ほか, 1989など)。このことから、若い火山で高精度火山噴火史・発達史を作成するためには、質量分別補正を施したK-Ar年代値を利用することが望ましいと考えられる。質量分別補正を行った感度法K-Ar年代測定の例として、東北日本・猫魔火山での結果を紹介する。

猫魔火山の形成史は三村(2002)によってまとめられている。三村(2002)は地質調査と放射年代測定の結果から、猫魔火山の活動を古猫魔火山(>1 Ma-0.7 Ma)と新猫魔火山(0.5 Ma-0.4 Ma)に区分し、両者の間に山体崩壊によるカルデラ形成があったとした。猫魔火山の放射年代はNEDO(1991)と三村(2002)によって報告されている。NEDO(1991)は9試料に対してK-Ar年代測定を行い、1.11 Ma-0.47 Maの年代値を得た。三村(2002)は5試料に対してK-Ar年代測定を行い、そのうち2試料で1.43 Maと0.68 Maという年代値を得た。ただし、NEDO(1991)と三村(2002)にはAr定量方法に関する詳細な記述がないため、示されているK-Ar年代値に質量分別補正が行われていたかどうかは不明である。

猫魔火山の岩石試料に対して、岩垂(1992MS)が感度法によるK-Ar年代測定を行った。その結果を整理してIwata et al. (2021)が報告した。質量分別補正を行って得られたK-Ar年代値は古猫魔火山相当の試料で0.68 Ma-0.40 Ma, 新猫魔火山相当の試料で~0.2 Maであり、1 Maを超える年代値は得られなかった。

NEDO(1991)は猫魔火山の古地磁気測定を行っている。猫魔火山の噴出物は、帯磁方向のばらつきが大きい1試料を除いて9試料が正常磁を示すとし、Brunhes Normal Epoch(0.773 Ma~現在)もしくはJaramillo Event(1.071 Ma-0.990 Ma)に対比できるとした(NEDO, 1991; 境界の年代値はCohen and Gibbard, 2019)。質量分別補正を行った感度法K-Ar年代値に1 Maより古いものがなかったことは、猫魔火山の噴出物がBrunhes Normal Epochに形成されたということをサポートすると考えられる。

### 引用文献

Cohen, K. M. and Gibbard, P. L. (2019) *Quaternary International*, 500, 20-31.

岩垂巧二(1992MS) 山形大学理学部地球科学科卒業論文, 35 p.

Iwata, N., Iwatare, K. and Saito, K. (2021) *Bull. Yamagata Univ. (Natl. Sci.)*, 19(4), 15-25.

松本哲一・宇都浩三・柴田賢(1989) *質量分析*, 37(6), 353-363.

三村弘二(2002) *火山*, 47(4), 217-225.

NEDO(1991) 広域熱水流動系調査 磐梯地域 火山岩分布・年代調査報告書要旨, 201 p.

高岡宣雄(1989) *質量分析*, 37(6), 343-351.

Keywords: K-Ar dating, Nekoma Volcano, mass fractionation correction procedure

## [1poster12-17] R2 [Regular Session] Petrology, mineralogy and economic geology

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R2-P-1] (entry) Effects of temperature and silica on serpentinization and magnetite formation within mantle peridotite: implications for hydrogen generation within oceanic lithosphere

\*Shuhei Tanaka<sup>1</sup>, Atsushi OKAMOTO<sup>1</sup>, Dandar OTGONBAYAR<sup>1</sup>, Masaoki UNO<sup>1</sup>, Masakazu FUJII<sup>2</sup>  
(1. Tohoku University, 2. National Institute of Polar Research)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-2] (entry) Bipyramidal quartz formed within chimneys of Kuroko deposits

\*Jumpei Sugioka<sup>1</sup>, Atsushi Okamoto<sup>1</sup>, Ryoichi Yamada<sup>1</sup> (1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-3] Evolution of serpentinite microtextures in the Hayachine-Miyamori Ultramafic Complex

\*Tomoyuki Mizukami<sup>1</sup>, Fumihiro Ogawa<sup>1</sup> (1. Kanazawa University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-4] (entry) Zircon U-Pb age and trace element composition of metagabbro and psammitic schist of Hatto Formation and its equivalent of Jurassic high-*P/T* schist, Tottori-Okayama area, SW Japan

\*Kosuke Kimura<sup>1</sup>, Yuichiro Inaba<sup>2</sup>, Tatsuya Harada<sup>3</sup>, Yasutaka Hayasaka<sup>4</sup>, Tomoyuki Shibata<sup>4</sup> (1. National Institute of Technology, Kure College, 2. Hokuden Engineering Consultants Co.,Ltd., 3. OYO Corporation, 4. Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-5] Carbonatite metasomatism in Natash mantle xenoliths from the cretaceous rift-related volcanics in the southern part of the Eastern Desert of Egypt

\*Natsue Abe<sup>1,2</sup>, Shoji Arai<sup>2</sup>, Adel A. Surour<sup>3</sup>, Ahmed A. Madani<sup>3</sup> (1. JAMSTEC, 2. Kanazawa University, 3. Cairo University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R2-P-6] (entry) The formation process of entablature deduced from the structure and rock textures of the Genbudo Lava in Shizukuishi Town, Iwate Prefecture

\*Takashi Hoshide<sup>1</sup>, Nao Ishibashi<sup>2</sup>, Keisuke Iwahashi<sup>1</sup> (1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Sojitz Pla-Net Corporation)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Effects of temperature and silica on serpentinization and magnetite formation within mantle peridotite: implications for hydrogen generation within oceanic lithosphere

\*Shuhei Tanaka<sup>1</sup>, Atsushi OKAMOTO<sup>1</sup>, Dandar OTGONBAYAR<sup>1</sup>, Masaoki UNO<sup>1</sup>, Masakazu FUJII<sup>2</sup>

1. Tohoku University, 2. National Institute of Polar Research

Hydrogen and magnetite are produced within the oceanic lithosphere during interaction between mantle peridotite and seawater (serpentinization). Some ecosystems at deep sea are thought to be sustained by such hydrogen and related hydrocarbons as an energy source [1]. Recently, it has been suggested that the serpentinization proceeds by seawater penetrating to the deep fracture zones at temperatures exceeding 350°C [2]. However, due to limited experimental studies at high temperatures, it has not been clarified whether hydrogen is produced at the deep parts of the oceanic lithosphere and transported to the microbial life in shallower zone. Hydrogen production is commonly accompanied with magnetite formation [3]. In this study, we conducted the batch type and flow-through type experiments in the systems of olivine (Ol)-H<sub>2</sub>O and Ol-orthopyroxene (Opx)-H<sub>2</sub>O at temperatures from 200 to 400°C. Based on the thermogravimetric analyses, the chemical composition and magnetic susceptibility, we discussed the effects of temperature and silica on magnetite formation during serpentinization.

In the batch type experiments, the extent of reaction changes systematically with temperature and is greater in the Ol-Opx-H<sub>2</sub>O system. The reaction rate in the flow-through type was about 10 times larger. These results indicate that the reaction rate is enhanced by silica derived from orthopyroxene and/or advective mass transfer. The electron microprobe analyses suggest that serpentine minerals contain Fe(III). The magnetic susceptibility of the products related to magnetite amount increases with the extent of reaction in Ol-H<sub>2</sub>O system increasing whereas does not increase in Ol-Opx-H<sub>2</sub>O system. These results and thermodynamic calculations suggest that in Ol-Opx-H<sub>2</sub>O system, magnetite is not produced due to high silica concentration but Fe(III)-serpentine is the dominant host of Fe(III) and the hydrogen production can be higher than that of Ol-H<sub>2</sub>O system.

The present study suggests that hydrogen production accompanying serpentinization proceed to orthopyroxene-bearing peridotites (i.e., harzburgite) when seawater circulates in the deep part of the oceanic plate.

### Reference

- [1] Boetius, 2005, SCIENCE, 307, 1420-1422
- [2] Prigent et al, 2020, Earth and Planetary Science Letter, 532, 115988
- [3] Klein et al, 2013, Lithos 178, 55-69

Keywords: Serpentinization, Magnetite, Silica, Hydrogen

## (entry) Bipyramidal quartz formed within chimneys of Kuroko deposits

\*Jumpei Sugioka<sup>1</sup>, Atsushi Okamoto<sup>1</sup>, Ryoichi Yamada<sup>1</sup>

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Mineral precipitation from the hydrothermal vent fluids has been thought to occur in response to quenching of hydrothermal fluids by mixing with cold seawater, but the mechanism of mineral precipitation still poorly understood. Kuroko deposit is one of the typical massive sulfide deposits. The Kuroko sample with the concentric structures represents the chimneys in submarine hydrothermal deposits (Shimazaki and Horikoshi, 1990). In addition to sulfides, bipyramidal quartz grains have been reported in such chimney-like structure, and is thought to be the key to understanding the physico-chemical conditions within chimneys.

We analyzed two Kuroko-type ore samples containing quartz grains collected from the Hanaoka mine (Doyashiki and Matsumine deposits) in the Hokuroku district, NE Japan. The samples mainly composed of barite, galena, sphalerite, chalcopyrite, pyrite and quartz. The quartz grains show euhedral bipyramidal shape with a long axial length of 0.01-0.52 mm and aspect ratio of  $\sim 3$ , and contained fluid inclusions. We investigate the homogenization temperature, and they suggest that quartz crystals were formed from the high temperature fluids exceeding 300°C.

The silica precipitation experiments were conducted using the flow-through apparatus with vertical flow-path at constant pressure of 25 MPa with using high-silica aqueous solution ( $\sim 300$  ppm). Within the cylindrical vessel, temperature increased from 350°C to 430°C along the flow path. We conducted two runs with flow rate of 0.1 ml/min and the different durations 1 h and 11 h, respectively. In the 1 h run, amorphous silica and cristobalite were observed. In the 11 h run, amorphous silica and quartz were observed. The quartz grains showed euhedral bipyramidal shape with size of 5.9-103 micrometers. The Stokes' equation predict that the silica particles smaller than  $\sim 14$  micrometers can move upward in ascending flow velocity of 0.01 m/s in the experiments, which is consistent with the particle size observed in experiments, suggesting that the bipyramidal quartz formation occurred in suspension. The bipyramidal quartz grains in the Kuroko samples were similar to that produced in the hydrothermal experiments.

References: Shimazaki, H., Horikoshi, E., 1990. *Mining Geology*, 40, 313-321.

Keywords: submarine hydrothermal vents, bipyramidal quartz, chimney, silica, kuroko

# Evolution of serpentinite microtextures in the Hayachine-Miyamori Ultramafic Complex

\*Tomoyuki Mizukami<sup>1</sup>, Fumihiko Ogawa<sup>1</sup>

1. Kanazawa University

沈み込むプレートによって深部にもたらされるH<sub>2</sub>O流体は、プレート境界のゆっくり滑りや塑性カップリングといった力学的挙動の支配要素である。例えば西南日本のゆっくり滑りの挙動や分布の不均質の要因として、上盤の排水性や吸水性、そして水-岩石反応が引き起こす物性変化が議論されている (Mizukami et al., 2014; Nakajima and Hasegawa, 2016)。マントル中を移動する流体の痕跡は天然のかんらん岩の蛇紋岩化作用として残されており、流体の移動経路、分布、そして反応について直接的な情報が期待される。南部北上帯の早池峰-宮守超マフィック複合岩体は、岩石学及び地球化学の研究から島弧下のマントルウェッジの断片であることが示されている (Ozawa, 1988; Yoshikawa and Ozawa, 2007)。しかし、オルドビス紀の火成活動ののち花崗岩体の貫入や浅部テクトニクスによる剪断変形などによって二次的な改変を受けている (小澤ほか, 1988; 小澤ほか, 2013)。本研究では、このマントル断片に沈み込み帯における水-岩石反応の痕跡が残されているか否かを検討するため、蛇紋岩化および変成反応の履歴に着目して岩石組織の観察を行なった。この際、蛇紋石を始めとした含水鉱物の同定のために顕微ラマン分光法を用いた。試料は主に宮守岩体のテクトナイトメンバーから採取した。

宮守岩体は西側に接する白亜紀の人首花こう岩体や花こう斑岩の貫入による熱変成作用を考慮し、上書き関係に留意して岩石組織の観察を行なった。その結果、下のように形成ステージを区分した。

**ステージ1：アンチゴライト蛇紋岩化作用** アンチゴライト(Atg)メッシュ組織と”劈開”かんらん石

(Ol) ("cleavable" olivine) の形成によって特徴づけられる。Atgメッシュ組織では、かんらん石粒界もしくは粒子を横切るクラックから両側へ刃状のAtgが成長し、繊維状のリムを形成する。リム中央には磁鉄鉱が濃集する。

**ステージ2：低温蛇紋岩化作用** リザダイト(Liz)のメッシュリムとクリソタイル(Ctl)のコアで構成される低温蛇紋石メッシュ組織によって特徴づけられる。

**ステージ3：熱変成作用** 熱源からの距離に応じて、変成Ol、滑石(Tlc)、再結晶Atgが生じている (小澤ほか (1988)では直方輝石と直閃石も報告されている)。変成Olの生成量は人首花こう岩体に近いほど多く、再結晶Atgの粒度は増加する。被熱温度が上がるにつれて再結晶Atg組織が放射状結晶が噛み合うinterlockingから、刃状結晶が互いに貫くinterpenetrating、結晶が大きく成長するovergrowingへと変化している。ステージ2の低温蛇紋石の構造変化がラマン分析によって確認できる。花こう岩体近傍では低温蛇紋石の形成が顕著である。

**ステージ4：脆性剪断 (日詰-気仙沼断層の活動に関連する)** すべての組織を切る低温蛇紋石の剪断脈が発達する。

最も古いステージとして認識されるAtg蛇紋岩化作用がどのような環境で起こったかは興味深い問題である。1試料ではあるが、Atgメッシュ組織の幅と磁鉄鉱の量には異方性が観察され、かんらん岩の構造形成と同様の応力場で形成された可能性を示す。Atgメッシュ組織は、少なくとも、比較的流動性の低いマントルでOl粒界が流体経路となりやすいことを示している。OlのAtg蛇紋石化率とかんらん岩のOpx量の関係を見ると、Opxの少ない岩石でより蛇紋岩化した傾向にある。すなわち、宮守岩体のAtg蛇紋岩化におけるSiO<sub>2</sub>源はOpxではなく、流入したH<sub>2</sub>O流体であったと考えられる。また、Ol粒界が流体経路となることも整合的である。劈開Olは岩体に広く見られる (小澤ほか, 2013) のに対してAtgメッシュ組織の分布は局在するように見える。劈開OlとAtgメッシュ組織の両者が同一試料で観察されることは稀で、組織の違いは流体の供給量の違いを反映しているのかもしれない。今後、鉱物化学組成も合わせて蛇紋石組織の形成履歴を検討すると共に、ステージ1の流体移動の実態をより詳細に記載していきたい。

【引用文献】 Nakajima and Hasegawa (2016) *Nature Comm.*, **7**, 1-7; Mizukami et al. (2014) *EPSL*, **401**, 148-158; Ozawa (1988) *CMP*, **99**, 159-175; 小澤ほか (1988) *岩鉱*, **83**, 150-159; 小澤ほか (2013) *地質雑*,

119補遺, 134-153; Yoshikawa and Ozawa (2007) *Gondwana Res.*, **11**, 234-246.

Keywords: serpentization, subduction zone, microtexture

## (entry) Zircon U-Pb age and trace element composition of metagabbro and psammitic schist of Hatto Formation and its equivalent of Jurassic high-*P/T* schist, Tottori-Okayama area, SW Japan

\*Kosuke Kimura<sup>1</sup>, Yuichiro Inaba<sup>2</sup>, Tatsuya Harada<sup>3</sup>, Yasutaka Hayasaka<sup>4</sup>, Tomoyuki Shibata<sup>4</sup>

1. National Institute of Technology, Kure College, 2. Hokuden Engineering Consultants Co.,Ltd., 3. OYO Corporation, 4. Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

SIMSやLA-ICP-MSを用いたジルコンのU-Pb局所年代測定は、数十年に渡る開拓と改良の結果、高い信頼性を勝ち得て、歴史科学としての地質学にとって欠かせないものとなっている。近年では珪長質岩だけでなく苦鉄質岩についても少しずつジルコンU-Pb法の適用例も増えており、再現性の良い正確な原岩形成年代が得られてきている。また、砕屑岩に含まれる砕屑性ジルコンのU-Pb局所年代法は、堆積年代および後背地を推定する上でも重要なツールとなっており、膨大なデータが蓄えられつつある。本研究では、鳥取県東部に分布するジュラ紀高圧型変成岩である八東層の変斑れい岩についてジルコンのU-Pb年代および微量元素組成の分析を行ない、同時に八東層および八東層以西に分布するジュラ紀高圧型結晶片岩の砕屑性ジルコン年代測定を行った。

鳥取県八頭郡若桜町茗荷谷から採取した八東層の変斑れい岩は、主にソーシュライト化した斜長石、アクチノ閃石、ホルンブレンドからなり、縞状組織を示す。単斜輝石は残されていない。約3 kgの試料から分離された40粒程のジルコン粒子は破片状の外形を示し、CL像では波動累帯構造を示す。ウラン濃度は大部分が100 ppm未満と低いため誤差は大きいですが、ディスコーダンスが10%未満の6点から約273 ±4 Maの重み付き平均年齢が得られた。またジルコンの微量元素組成は、Hf vs. U/Yb図およびY vs. U/Yb図 (Grimes et al., 2007)ではいずれもocean crust領域に、またSc, Nb, U, Ybを用いた判別図(Grimes et al., 2015)ではいずれもmid-ocean ridge領域からocean island領域にプロットされる。

八東層の砂質片岩2試料の砕屑性ジルコンU-Pb年代組成は、いずれも185–200 Maと250–260 Maの2ヶ所に大きなピークを持ち、400–500 Maにも小さなピークがそれぞれ見られる。また1試料には960–2050 Maの年代が数点認められる。八東層以西に分布するジュラ紀高圧型変成岩も、主要な2つのピークと400–500 Maのピークで構成されることは共通しているが、先カンブリア代のジルコン年代にはバリエーションがあり、1800–2500 Maのピークが目立つものや800 Ma前後のピークが目立つものなどもある。

今回八東層の変斑れい岩から得られた約273 Maは、そのTh/U比やジルコンの内部構造から火成年代と考えられる。茗荷谷の八東層の変斑れい岩からは西村・柴田(1989)によってジルコンU-Pb年齢よりも若い220 MaのK-Ar年代が報告されているが、これは冷却年代ないしジュラ紀の高圧型変成作用による若返りを反映していると考えられる。更に、丹波帯の緑色岩類からは約280–340 MaのSm-Nd年代が報告されており(佐野・田崎, 1989), この中では若いものと近い年代を示す。また、丹波帯の緑色岩には海山起原のものや海台起原のものが報告されているが、ジルコンの微量元素組成が大江山オフィオライトの粗粒斑れい岩(Kimura and Hayasaka, 2019)や御荷鉾緑色岩の苦鉄質岩(Sawada et al., 2019)中のジルコンと類似することを考慮すると、八東層の変斑れい岩はMORB, 海山, あるいは海台起原であることが示唆される。

一方、今回得られた八東層およびジュラ紀高圧型変成岩の砕屑性ジルコン年代組成は、従来広く知られていた丹波-美濃-足尾帯の堆積年代付近と1800 Ma付近に大きなピークがあるという砕屑性ジルコン年代パターンとは異なるものが多い。しかしながら最近、岡山県南東部に分布するジュラ紀付加体から今回の八東層と類似した砕屑性ジルコン年代組成が報告されており(佐藤・脇田, 2021), ジュラ紀付加体およびジュラ紀高圧型変成岩の後背地を解明するためにも、今後より広くこれらの砕屑性ジルコン年代組成を把握する必要がある。

参考文献: 西村・柴田(1989) *地質学論集*, **33**, 343–357. Grimes et al. (2007) *Geology*, **35**, 643–646. Grimes et al. (2015) *Contrib. Mineral. Petrol.*, **170**, 46. Kimura and Hayasaka (2019) *Lithos*, **342–343**, 345–360. Sawada et al. (2019) *J. Asian Earth Sci.*, **169**, 228–236. 佐野・田崎(1989) *地質学論集*, **33**, 53–67. 佐藤・脇田(2021) *地質雑*, **127**, 245–250.

Keywords: Hatto Formation, Zircon U-Pb age, Zircon chemistry, detrital zircon, Inner Zone of Southwest Japan

# Carbonatite metasomatism in Natash mantle xenoliths from the cretaceous rift-related volcanics in the southern part of the Eastern Desert of Egypt

\*Natsue Abe<sup>1,2</sup>, Shoji Arai<sup>2</sup>, Adel A. Surour<sup>3</sup>, Ahmed A. Madani<sup>3</sup>

1. JAMSTEC, 2. Kanazawa University, 3. Cairo University

エジプト東部沙漠地方南部のワディ・ナタッシュ地域にある地溝帯アルカリ玄武岩中に、激しく炭酸塩岩化したマントル捕獲岩が発見された。かんらん石と直方輝石の大部分が炭酸塩や石英に置換されているが、その微細組織と初生鉱物の化学的特徴から、これらが斜長石を含まないスピネルかんらん岩（レルゾライト～ハルツバージャイト）であることがわかった。Cr-spinelのCr#とMg#はそれぞれ0.06～0.45、0.73～0.81である。Cr-spinelのCr#とMg#の間には弱い負の相関がある。直方輝石および単斜輝石の化学組成は、それぞれエンスタタイトおよびクロムディオプサイドの組成を示し、単斜輝石のTiO<sub>2</sub>含有量は、メルトの貫入を受けていない海洋底かんらん岩よりもわずかに高い。単斜輝石のNa<sub>2</sub>O含有量 (>1.0 wt%) とAl(VI)/Al(IV)比 (1.2-2.6) は大陸下のリソスフェリック・マントル起源であることを強く示唆している。両輝石鉱物温度計を用いた平衡温度は約900°Cで、これは他の地溝帯からの通常のスピンネルかんらん岩捕獲岩の温度よりもわずかに低いことから、これらの試料が、海洋底かんらん岩よりも高い圧力でマントルプロセス（減圧融解、マグマ上昇、交代作用など）を経験したことを示している。単斜輝石の微量元素化学的性質は、高いLREE/HREE比{(Ce/Yb)<sub>n</sub>=7}、高いLREE含有量(3.6ppm~30.0ppmのCe)、85.6ppm以上466ppm以下の高いSrなどは、典型的なマントル交代作用の特徴を示している。また、非常に低いTi/Euと高いLREE/HREE比 {>(Ce/Yb)<sub>n</sub>が3-4}、Ti/Eu比が1500より低い単斜輝石は、母岩である玄武岩に取り込まれる前に、炭酸塩または炭酸塩に富むメルトによる交代作用を受けた可能性がある。玄武岩は殆ど炭酸塩岩化していないことから、研究対象となったマントルかんらん岩は玄武岩マグマの生成前に炭酸塩岩化したと考えられる。しかし、フロゴパイトの存在が示すとおり、K-交代作用より以前に炭酸塩岩化が起こったと考えられる。ワディ・ナタッシュ地域のかんらん岩は、地溝帯拡大の段階で炭酸塩に富むメルトによって変質したものである。本論文の結果は、ナタッシュ玄武岩がマントルかんらん岩の捕獲岩を伴って、エジプト東部沙漠地方南部の西端に位置するヌクラ-コム-オンボ-カリット大陸リフティングに伴う割れ目に沿って押し出されたことを示唆している。

Keywords: mantle metasomatism, Natash mantle xenoliths, Continental rift, Carbonatite

## (entry) The formation process of entablature deduced from the structure and rock textures of the Genbudo Lava in Shizukuishi Town, Iwate Prefecture

\*Takashi Hoshide<sup>1</sup>, Nao Ishibashi<sup>2</sup>, Keisuke Iwahashi<sup>1</sup>

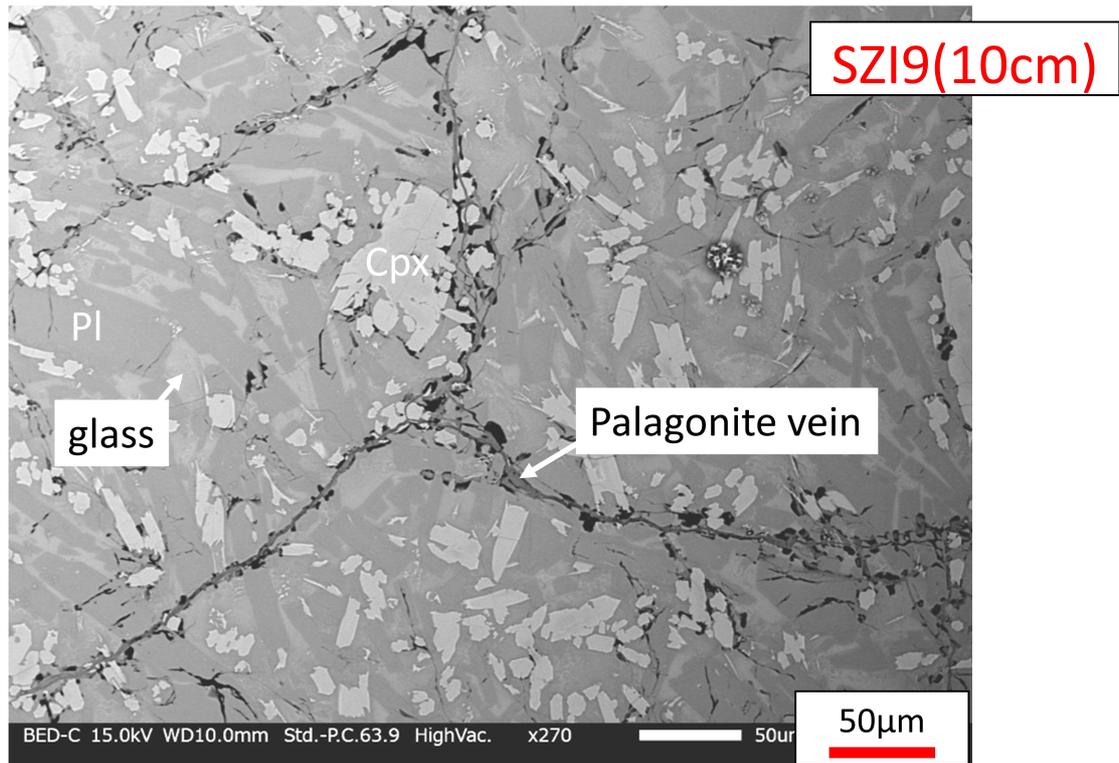
1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Sojitz Pla-Net Corporation

厚い溶岩や溶結凝灰岩に発達する柱状節理には、colonnadeとentablatureと呼ばれる2つの構造が認められることがある。colonnadeでは、節理がつくる柱の幅が大きく直線的であるのに対し、entablatureでは柱の幅が小さく曲がっている。柱状節理の発達する岩体にこうした2つの構造が生じる原因については長年議論されているが、colonnade-entablature間の急激な構造転位の要因など、未だ明らかでないことが多い。そこで我々は、colonnadeとentablatureの両構造を有する岩体である岩手火山の玄武洞溶岩流（葛根田の大岩屋）を対象に、溶岩の内部構造観察、節理の形態観察、岩石組織観察を行い、entablatureの成因を考察した。岩手火山の南西部に分布する玄武洞溶岩流は、新时期張火山群（中川, 1987）の噴出物に属する玄武岩質安山岩溶岩である。岩手県雫石町の葛根田川沿いの「葛根田の大岩屋」には同溶岩流の末端が露出し、下位の火山礫凝灰岩との境界から溶岩流の上面までの厚さは約40-50 mである。溶岩流の下部10 mはcolonnade, 中部25 mはentablature, 凹凸のある最上部（5-10 m）からなる。colonnadeの柱の幅は50-70 cm程度である。柱の側面をつくるフラクチャーには、フラクチャーの段階的な伸展を示すchisel-mark (stria) が柱にほぼ垂直な方向に生じている。entablatureに発達するフラクチャーがつくる構造は、見る方向によっては柱のように見えるが、複数の方向から観察すると厚さが5-10 cm程度の板状であることがわかる。この板状構造は2方向のフラクチャーによって形成されている。1つは広範囲にわたってほぼ平行に発達し表面が滑らかなメインフラクチャー、もう1つはメインフラクチャーにほぼ垂直に発達し凹凸の著しい表面をもつサブフラクチャーである。このサブフラクチャーの近傍は他の部分に比べて黒色緻密であり、サブフラクチャーの面にはほぼ垂直に間隔2-3 cm, 長さ5 cm程度の細かいミニフラクチャーが生じている。溶岩流最上部には、溶岩本体から上方へ伸びる径1-5 m程度の突起状構造が発達し、突起と突起の間には同質の火砕岩が堆積している。突起状構造の表面に垂直な方向に多数のフラクチャーが発達する。突起状構造に隣接して同質の岩片からなるpyroclastic brecciaが周囲を取り囲み、さらにその外側にtuff brecciaが分布する。これらpyroclastic rockに含まれる岩片にはジグソーフィット構造が認められることがある。また、突起と突起の間にpsuedo-pillow structureをもつ球状の溶岩が認められた。

玄武洞溶岩の岩石組織を偏光顕微鏡とSEM-EDSを用いて観察した。Colonnadeや、Entablatureのサブフラクチャーから離れた部分の試料では、石基の結晶度が高く、斜長石や普通輝石のほかに磁鉄鉱や石英が生じ、ほぼ完晶質であった。それに対し、Entablatureのサブフラクチャー近傍の試料では、石基の結晶度が低く、火山ガラスが残存し、磁鉄鉱や石英はほとんど生じていなかった。また石基の普通輝石マイクロライトには、粒径数10  $\mu\text{m}$ の半自形結晶と、粒径10  $\mu\text{m}$ 程度の樹枝状結晶の2種類が認められた。また、このEntablatureのサブフラクチャー近傍には、幅10  $\mu\text{m}$ 以下のpalagonite脈が網目状に分布し、palagonite脈に面した火山ガラスとの間には球状の気泡が生じていた。これらの観察から、玄武洞溶岩流のEntablatureに発達するサブフラクチャー近傍では、マグマが未固結の時期に、サブフラクチャーやそこから派生した薄いフラクチャーに沿って水が浸入し、そのことにより急冷が起きたと考えられる。溶岩流最上部の突起状構造や同質火砕岩は、溶岩流の上面に生じた鉛直方向のフラクチャーに沿って水が浸入し、水冷破碎が発生したことで起きたと考えられる。

【引用文献】中川 光弘, 東北日本, 岩手火山群の形成史, 岩石鉱物鉱床学会誌, 1987, 82 巻, 4 号, p. 132-150

## サブフラクチャー近傍試料に見られるパラゴナイト脈



---

Poster | R3 [Regular Session]Eruption, volcanic evolution and volcanic products

## [1poster18-20] R3 [Regular Session]Eruption, volcanic evolution and volcanic products

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

### [R3-P-1] Along-axis variation of eruptive styles on the spreading ridge inferred from the V1 unit in the northern Oman Ophiolite

\*Yuki Kusano<sup>1</sup>, Sumio Miyashita<sup>2</sup>, Yoshiko Adachi<sup>3</sup>, Susumu Umino<sup>4</sup> (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Hokkaido Research Center of General Geology, 3. Central Research Institute of Electric Power Industry, 4. Kanazawa University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R3-P-2] The 7.6 ka eruption of Mashu volcano, eastern Hokkaido, Japan: Explosive caldera-forming processes and generation of low aspect ratio ignimbrite

\*TAKESHI HASEGAWA<sup>1</sup>, Shohei Shibata<sup>1</sup>, Tetsuo Kobayashi<sup>2</sup>, Nobutatsu Mochizuki<sup>3</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>4</sup>, Hiroshi Kishimoto<sup>4</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 4. Faculty of Science, Hokkaido University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R3-P-3] (entry) Development of an automatic analysis system for volcanoclastic materials using Convolutional Neural Network: Automatic particle detection using object recognition algorithms.

\*Kosuke Ishige<sup>1</sup>, Shingo Takeuchi<sup>1</sup>, Shimpei Uesawa<sup>1</sup>, Kiyoshi Toshida<sup>1</sup> (1. Central Research Institute of Electric Power Industry)

4:30 PM - 7:00 PM

# Along-axis variation of eruptive styles on the spreading ridge inferred from the V1 unit in the northern Oman Ophiolite

\*Yuki Kusano<sup>1</sup>, Sumio Miyashita<sup>2</sup>, Yoshiko Adachi<sup>3</sup>, Susumu Umino<sup>4</sup>

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Hokkaido Research Center of General Geology, 3. Central Research Institute of Electric Power Industry, 4. Kanazawa University

## はじめに

1990年代以降、水深500 m以上の深海底で発生した爆発的な噴火が直接観察され、大洋中央海嶺でも噴火発生から間もなく観察することができるようになった (e.g. Rubin et al., 2012)。これらの深海底における噴火活動の観測は、1回の噴火における噴出物の産状とその分布を描き出すことを可能にし、噴火の継続時間、噴出量や噴出率をより詳細に明らかにしてきた。しかし、これらの溶岩の層厚や噴火履歴、すなわち海洋地殻の成長発達過程を現代の深海底で明らかにすることは非常に難しい。そこで我々は、中生代の海洋リソフェアが陸上に衝上することによって形成された中東のオマーンオフィオライトにおいて、溶岩層序を地質学的・岩石学的に解析し、海嶺軸上及びその周辺の噴火活動を復元した。

## 火山岩の産状

Wadi Fizh地域におけるV1層の火山岩層序はKusano et al. (2012)で報告され、溶岩の産状に基づく岩相組み合わせによって、これらが海嶺軸上で形成され、その後海嶺拡大に伴って海嶺翼部に移動し、オフアクシス火山活動によってさらに上部地殻の層厚を増していたことが明らかになった。

Bani Ghayth地域では、層厚約900 mのV1層が確認できる。溶岩は、パホイホイ溶岩、ロベートシート溶岩、シート溶岩、マシブ溶岩に区分される。溶岩層の下部では、パホイホイ溶岩が上下方向に圧縮・癒着したレンズ上の形態で産し、遠目にはマシブ溶岩のように見える。ここではマシブ溶岩に伴われるごく薄い枕状溶岩を除くと、枕状溶岩は確認されない。海底で噴出した溶岩の産状は主に原地形（斜度）、噴出率と冷却率によって変化する (White et al., 2015) ので、この地域の溶岩はかなり平坦な地形に噴出したことが推定される。そこで、パホイホイ溶岩が袋状に産する層厚を、枕状溶岩が形成される噴出率に疑似近似して、Wadi Fizh地域で確認された岩相組み合わせを適用する。その結果、下部は海嶺軸部で、上部は海嶺翼部～オフアクシスで形成されたと考えられる。最上部の層厚400 mは、溶岩層下部との化学組成の違いからオフアクシス火成活動によって形成された可能性が高い。

## 海嶺セグメントによる溶岩の産状変化

Wadi Fizh地域とBani Ghayth地域は、2～3次の海嶺セグメント (Adachi and Miyashita, 2003; Miyashita et al. 2003; Umino et al. 2003) の境界部と中心部に相当する。プレート拡大速度を一定とみなすと、マグマ供給率の高いセグメント中心部ではマグマの貫入・噴出が拡大を担い、供給率が低い境界部ではマグマの貫入よりも構造的な拡大が先行すると考えられ、この違いは火山岩の産状の変化などに現れると期待される。

両地域の溶岩の産状を比較すると、1) 溶岩層序における枕状溶岩の比率の違い、2) 1枚の溶岩の厚さの違い、3) どちらにもオフアクシス火成活動が起こっていることが認められる。これらの違いから海嶺セグメント位置による火成活動の系統的な変化を推定してみる。セグメント境界部では枕状溶岩が全体の30%を占めるが、中心部ではほとんど形成されていないことから、セグメント境界部のほうがより地形の起伏に富み、相対的に噴出率が低かったと考えられる。また、セグメント境界部では溶岩ユニット1層が厚くユニット数は少ないが、中心部では溶岩ユニット1層が薄く、ユニット数は多い。これは、噴出イベントの規模と頻度の違いによると考えられ、セグメント境界部では噴出イベントは少ないものの1回のイベントは大規模になる一方、中心部では小規模な噴出イベントが頻繁に発生することを示唆している。

双方でオフアクシス火成活動が認められるものの、セグメント境界部では軸上火成活動とは異なる化学組成の溶岩を噴出しているのに対して、中心部はほとんど化学組成に変化がない。マグマ供給率が低いセグメント境界部では、海嶺軸下マグマ溜まりを経由しなかったマグマがオフアクシスで噴出するのに対して、供給率が

高いセグメント中心部では海嶺軸部で噴出できなかった余剰のマグマをオフアクシスで噴出させているのかもしれない。

#### 引用文献

Adachi and Miyashita, 2003, *G<sup>3</sup>*, 4, 8619.

Kusano et al., 2012, *G<sup>3</sup>*, 13, Q05012.

Miyashita et al. 2003, *G<sup>3</sup>*, 4, 8617.

Rubin et al., 2012, *Oceanography*, 25, 142-157.

Umino et al. 2003, *G<sup>3</sup>*, 4, 8618.

White et al., 2015, In *The Encyclopedia of Volcanoes*, 2nd Ed, 363-375.

Keywords: Pillow lava, Ridge segment, Oman Ophiolite, Volcanic stratigraphy

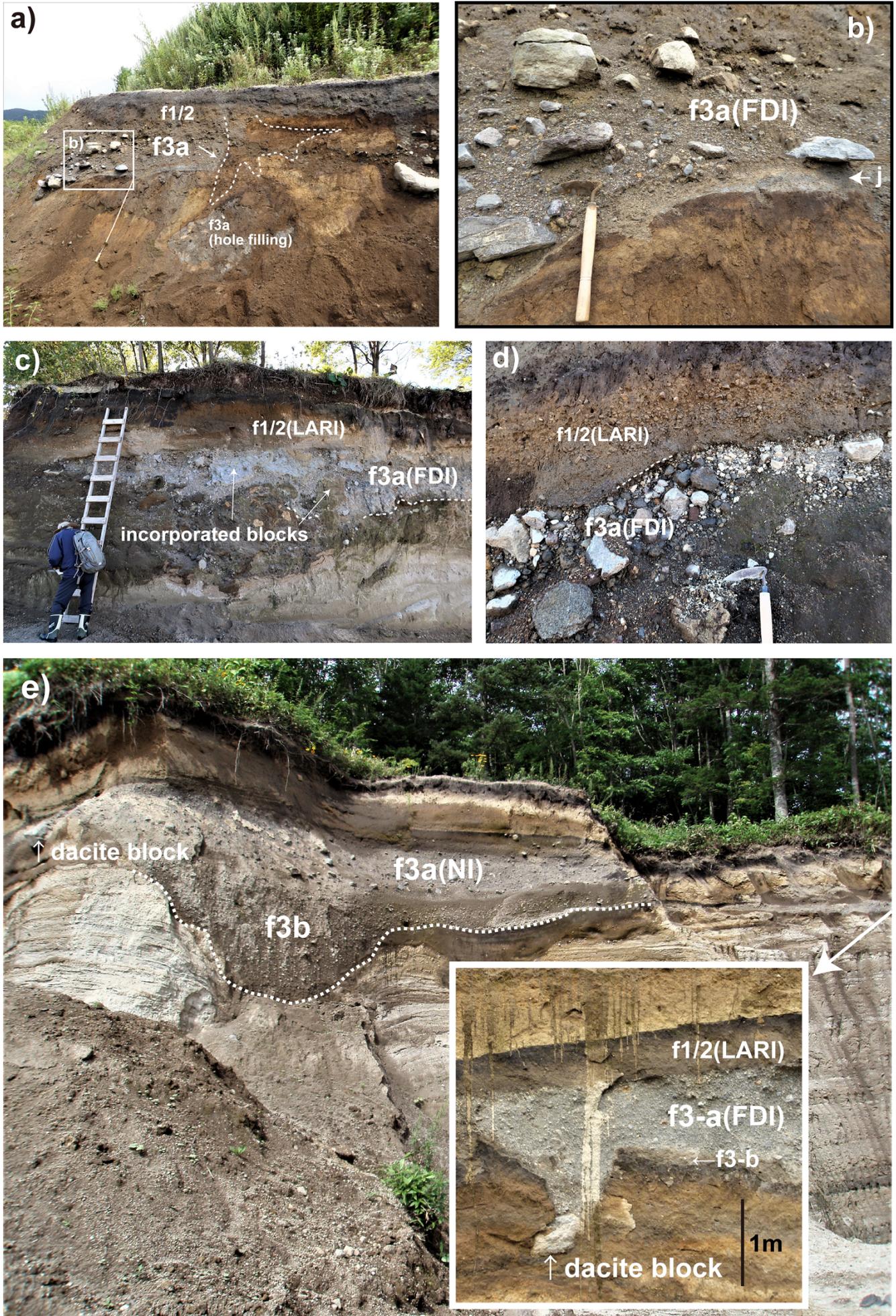
## The 7.6 ka eruption of Mashu volcano, eastern Hokkaido, Japan: Explosive caldera-forming processes and generation of low aspect ratio ignimbrite

\*TAKESHI HASEGAWA<sup>1</sup>, Shohei Shibata<sup>1</sup>, Tetsuo Kobayashi<sup>2</sup>, Nobutatsu Mochizuki<sup>3</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>4</sup>, Hiroshi Kishimoto<sup>4</sup>

1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 4. Faculty of Science, Hokkaido University

We present a stratigraphy of the 7.6-ka eruption at Mashu volcano and the formation process of its summit caldera based on geological, petrological and paleomagnetic investigations. The eruption products consist of an initial phreatomagmatic unit (Ma-j) and the overlying three pumice-fall layers (Ma-i, -h, and -g), which are in turn overlain by pyroclastic-flow deposits (Ma-f) as previously described (Katsui et al., 1975). We divide Ma-f into 4 subunits: Ma-f1/2, Ma-fAc, Ma-f3a and Ma-f3b in descending order. Ma-f3b is a valley-ponding, pumice-flow deposit with limited distribution. Ma-f3a comprises fines-depleted facies (FDI) and normal matrix-supported facies (NI), the two changing across topography. The FDI is characterized by a gray, clast-supported and lithic-breccia-rich layer with materials incorporated from the substrate. Impact sag structures from large (> 50 cm) dacite ballistic blocks were recognized at the base of the Ma-f3a within 10 km from source. Ma-fAc is a minor eruption unit consisting of accretionary lapilli. Ma-f1/2 is a most voluminous (8.8 km<sup>3</sup>), widely distributed and weakly stratified ignimbrite. Both Ma-f3a and Ma-f1/2 can be classified as low aspect ratio ignimbrite. Dacite lithic fragments are ubiquitously observed throughout the sequence and are not considered to be juvenile; they have distinctly different chemical compositions from the pumice fragments in the early pumice-fall (Ma-g~Ma-i) and pyroclastic-flow (Ma-f3b) deposits. The caldera-forming eruption of the Mashu volcano was initiated by Plinian fall (Ma-j ~ -g), and then, a small-volume ignimbrite (Ma-f3b) was deposited by a valley-confined pyroclastic flow from partial column collapse. After that, a violent pyroclastic flow was generated during a strong explosion of a dacite lava edifice on the summit of Mashu volcano. Ma-f3a flow was extremely fast. Ma-f1/2 flow was related to sustained flow due to low settling velocity and high discharge volume. These are supported by field observations and numerical simulation that shows the ability of the flow to surmount high topographic obstacles and spread widely. The caldera-forming process of Mashu volcano was driven not only by subsidence of roof block but also by violent explosions. Katsui, Y., Ando, S. and Inaba, K. (1975) *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, **16**, 533-552.

Keywords: Mashu volcano, caldera, low aspect ratio ignimbrite, paleomagnetic investigations, chemical compositions





## (entry) Development of an automatic analysis system for volcanoclastic materials using Convolutional Neural Network: Automatic particle detection using object recognition algorithms.

\*Kosuke Ishige<sup>1</sup>, Shingo Takeuchi<sup>1</sup>, Shimpei Uesawa<sup>1</sup>, Kiyoshi Toshida<sup>1</sup>

1. Central Research Institute of Electric Power Industry

### 【はじめに】

火砕物を構成する粒子は、噴火様式やマグマの性状などの情報を保持すると考えられており、その構成成分解析や形状解析は地質調査において基本的かつ重要な作業である。しかし、解析における粒子種別の肉眼鑑定作業は判断の標準化が難しく労力がかかる為、効率化が求められている。

近年、機械学習による画像処理をベースとした火山灰解析の自動化を目指す研究が行われている（例えば、Shoji *et al.*, 2018）。このような研究の多くは粒子解析装置を用いて、大量の粒子を含む画像から個々の粒子画像を効率的に収集し利用している。しかし、先行研究では粒子画像の色情報が失われている為、後工程の画像処理において肉眼鑑定と同様の判断を紐付ける事が困難であった。また装置の特性上、粒子の上限サイズに制約があり、火山礫サイズ以上の解析は依然、手作業の置換が難しい。

そこで本研究では、光学設計の自由度が高く、粒子の密集や接触、小さな粒子に対しても堅牢で効率的に粒子解析を行える手法を検討した。その結果、畳み込みニューラルネット（CNN）をベースとする、粒子検出モデルと粒子分類モデルを組み合わせた画像解析システムを開発した。本発表では、当該システムの中核となる粒子検出モデルの構築と評価結果について報告する。

### 【システム概要】

開発した画像解析システムは、スキャナやカメラで取り込んだ大量の粒子を含む画像から、物体検出CNNを用いて個々の粒子の位置を自動で検出し、RGB情報を保持した個別の粒子画像を生成する機能を有する。

ここで、画像認識問題における物体検出は、画像内に含まれる関心対象の物体を自動的に背景から区別して位置を特定する手法であり、現在まで様々なアルゴリズムが提案されている。近年では大量の画像データからパターンやルールを学習し、予測に用いるCNNアルゴリズムの精度向上が著しい。

本研究では、You Only look once (YOLO)と呼ばれる、精度を保ちつつ高速処理が可能なCNNベースの物体検出アルゴリズムに注目し、YOLOシリーズの中でも比較的新しいYOLOv3, YOLOv3-spp, YOLOv4及びYOLOv4-cspのモデルについて検討を行った。

### 【データセットと学習】

本研究では、粒子検出に特化した画像データセットを作成した。粒子として、霧島山(新燃岳)2011年1月噴火、浅間山1783年噴火の降下火山灰、富士山1707年噴火の降下火砕物及び始良カルデラ噴火大隅降下軽石の人工粉砕物を用いた。粒径は500  $\mu\text{m}$ ~4,000  $\mu\text{m}$ である。画像撮影には家庭用のスキャナを用い、画像一枚当たり数粒~約550粒の粒子を分散するよう配置し撮影した。得られた画像に対しては策定したルールに基づいた手作業による粒子の注釈付けを実施した。

このようにして780枚の注釈済み画像を準備した。このうち524枚を学習用とし、128枚の2セットを検証用及びテスト用とした。また、学習用データについては画像水増し処理を実施し、データセット

L, M, S (4,200枚, 480枚, 48枚)を作成した。

これらのデータセットを基に、C言語ベースの深層学習フレームワークであるDarknetを利用して粒子検出モデルを構築した。

### 【結果と考察】

まずデータセットLを用いてモデル別に学習を実行した結果、最新モデルであるYOLOv4-cspが最もスコアが良

く、信頼度閾値0.5における再現率が99.58%、平均IoUが92.63%となった。YOLOv4は僅差で次点となり、YOLOv3及びYOLOv3-sppはYOLOv4-cspに対して再現率が約0.4%、平均IoUが約1%低い結果となった。これは、YOLOv4におけるネットワークの改良が精度向上に寄与したと考えられる。

次に、YOLOv4-cspを用いて学習データサイズの違いによる精度を比較した結果、データセットLを用いた場合が最も精度が良く、データセットMは若干の精度悪化が認められた。データセットSは学習途中で過学習による精度悪化が観察された。

以上のことから、YOLOv4-cspを数千枚規模のデータで学習することによりベストモデルが得られることが分かった。このベストモデルの検出精度は、後工程の粒子分類モデルによる処理や形状測定に十分と判断している。今後は得られた個別の粒子画像を用いて、専門家の判断を紐付けた粒子分類モデルを開発し、鑑定作業全体の標準化及び効率化を目指す。

#### 引用文献

Shoji, D., Noguchi, R., Otsuki, S. and Hino, H. (2018) Classification of volcanic ash particles using a convolutional neural network and probability. Scientific Reports.

Keywords: Machine Learning, Volcano, Convolutional Neural Network, particle, image analysis

**[1 poster21-29] R4 [Regular Session] Metamorphic rocks and tectonics**

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

- [R4-P-1] (entry) Metamorphic condition of the Ryoike metamorphic rocks in Kitsuki area, Kunisaki Peninsula, Oita prefecture, Japan  
\*Kentaro Mutabaru<sup>1</sup>, Toshiaki Shimura<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-2] (entry) Metamorphic zoning and  $P$ - $T$  condition of contact aureole around the Kibe cauldron, Yamaguchi prefecture, Japan.  
\*Kakeru SAKAMOTO<sup>1</sup>, Toshiaki SHIMURA<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-4] Serpentinization of the Takadomari body in the Kamuikotan zone of Hokkaido, Japan: Results of TG-DTA, density and magnetic susceptibility analysis of tunnel boring core  
\*Shusaku Yamazaki<sup>1</sup>, Masakazu Fujii<sup>2</sup>, Toshiyuki Kurahashi<sup>1</sup> (1. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 2. National Institute of Polar Research)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-5] (entry) Evaluation of the thermal effect of intrusion of the Kaikomagatake granitic body by metamorphic temperature estimates and thermal modeling for basement rocks of the Outer Zone of Southwest Japan in the northern part of the Akaishi Mountains area  
\*Yuki Nobe<sup>1</sup>, Hiroshi Mori<sup>1</sup>, Hiroki Mizumura<sup>1,2</sup>, Ken Yamaoka<sup>3</sup>, Yui Kouketsu<sup>4</sup>, Tetsuya Tokiwa<sup>1</sup> (1. Shinshu University, 2. Kyowa Sekkei Co., Ltd., 3. The University of Tokyo, 4. Nagoya University)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-6] Roll-up structure due to the collision of Izu arc revealed from the shear sense of the Sanbagawa metamorphic rocks along the MTL in the Akaishi area  
\*YUKI AWAYAMA<sup>1</sup>, HIDEO TAKAGI (1. Waseda University)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-7] Oxygen and hydrogen isotope variations of phengite along orogen-perpendicular traverse of the Sambagawa Belt in central Shikoku: A reconnaissance study  
\*Tatsuki Tsujimori<sup>1</sup>, Hironobu Harada<sup>1</sup>, Tetsumaru Itaya<sup>2</sup>, Daniel Pastor-Galán<sup>1</sup>, Antonio M. Á lvarez-Valero<sup>3</sup> (1. Tohoku University, 2. Japan Geochronology Network, 3. University of Salamanca)  
4:30 PM - 7:00 PM
- [R4-P-8] (entry) Relation between existence of ca. 1.9–1.85 Ga metamorphic zircons and metamorphic facies in the Yeongnam Massif, South Korea  
\*Kenichiro IWAMIZU<sup>1,2</sup>, Yasutaka HAYASAKA<sup>1</sup>, Ji-Hoon KANG<sup>3</sup>, Kosuke KIMURA<sup>1,4</sup>, Tomoyuki SHIBATA<sup>1</sup> (1. Hiroshima Univ., 2. The Univ. of Tokyo, 3. Andong Nat. Univ., 4. Nat. Inst. of Tech., Kure College)  
4:30 PM - 7:00 PM

[R4-P-9] Calculation of diffusion profiles using the analytical solution for anisotropic diffusion in a finite cylinder

\*Tadashi Usuki<sup>1</sup> (1. Department of Geosciences, National Taiwan University)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Metamorphic condition of the Ryoke metamorphic rocks in Kitsuki area, Kunisaki Peninsula, Oita prefecture, Japan

\*Kentaro Mutabaru<sup>1</sup>, Toshiaki Shimura<sup>1</sup>

1. Yamaguchi Univ.

杵築地域は大分県国東半島の南部に位置する地域である。この地域には領家変成岩類が分布している(唐木田ほか, 1968; 森山ほか, 1983; 石塚ほか, 2005)。杵築地域は中新世以降の火山岩類及び火砕流堆積物に広く覆われており、より下位の白亜紀領家変成岩類の露出は小規模である。石塚ほか(2005)では本地域の領家変成岩類の変成度について、山口県柳井地域における珪線石-カリ長石帯に相当するのではないかという指摘をした。本研究では、この地域における領家変成岩類の変成履歴について検討した。

杵築地域の領家変成岩類は本地域北西部の太田俣水、波多方、小武に点在している。主として泥質片麻岩及び珪質片麻岩、一部で角閃岩が分布しており、片理面の走向傾斜は主に東西方向、北傾斜である。深成岩類は牛屋敷周辺に白雲母黒雲母花崗岩、倉成周辺に角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布している。角閃石黒雲母花崗閃緑岩は面構造が発達しており、一部で泥質片麻岩を捕獲している。

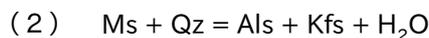
杵築地域に分布する泥質片麻岩の主な鉱物組合せは以下のとおりである。

鉱物組合せI: Sil + Ms + Kfs + Grt + Bt + Pl + Qz ( $\pm$  And)

鉱物組合せII: Sil + Kfs + Grt + Bt + Pl + Qz

なお、鉱物組合せIは本地域内に広く見られ、副成分鉱物として電気石を含む。鉱物組合せIIは北東部、及び南東部の一部で見られる傾向がある。黒雲母のチタン含有量は鉱物組合せIIがより高く、 $X_{Mg}$ は鉱物組合せIがより高い値を示す。またざくろ石は、Alm成分に富み、鉱物組合せIIはSps成分とGrs成分にわずかに富む組成を示す。また、コアからリムにかけてAlm成分の減少、Sps成分の増加が見られる。

鉱物組合せからみて、本研究地域では、次の2つの変成反応が重要であろう。



ここで、 $P$ - $T$ 図上で反応(1)は負の傾斜を、反応(2)は正の傾斜をもち、両者は互いに交差する。したがって2つのバソゾーン(例えばCarmicheal, 1978)を定義することができる。本研究地域では、2つのバソゾーン(以下のAとB)を認識できる。そしてそれらのバソゾーンはさらに、温度条件から3つの $P$ - $T$ 領域(以下の1・2・3)に区分できる。

バソゾーンA(低圧条件、 $P < \text{約} 2.2 \text{ kbar}$ )

$P$ - $T$ 領域 A-1(より低温条件)、And + Msが共存

$P$ - $T$ 領域 A-2(中間的条件)、And + Kfsが共存

$P$ - $T$ 領域 A-3(より高温条件)、Sil + Kfsが共存

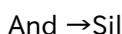
バソゾーンB(高圧条件、 $P > \text{約} 2.2 \text{ kbar}$ )

$P$ - $T$ 領域 B-1(より低温条件)、And + Msが共存

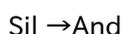
$P$ - $T$ 領域 B-2(中間的条件)、Sil + Msが共存

$P$ - $T$ 領域 B-3(より高温条件)、Sil + Kfsが共存

鉱物組合せIについて、鏡下の組織において以下の2つの昇温期の変成反応が、以下の順に起きたことが認識できる。



また、後退期においては、変成反応組織として以下の2つが認識できる。



以上のことを踏まえると、鉱物組合せIにおいて、昇温期にはより高い圧力条件(バソゾーンB:  $P > 2.2$

kbar)で温度上昇したが、後退期にはより低い圧力条件(バソゾーンA :  $P < 2.2$  kbar)で温度低下したといえる。したがって、本研究地域の領家変成岩類は、時計回りの変成 $P$ - $T$ - $t$ 経路を経験している。鉱物組合せIIは、バソゾーン区分Bにおける領域B-3に相当する温度圧力条件を経験したといえる。また鉱物組合せIIが見られる岩石の分布から、鉱物組合せIIは一部接触変成作用を被ったことによるものである可能性がある。

#### 引用文献

Carmichael, D. M. (1978) *Amer. Jour. Sci.*, **278**, 769-797.

石塚吉浩ほか(2005) 5万分の1地質図幅 「豊後杵築地域」 産総研, 11-18.

唐木田芳文ほか(1968) 地質学論集, **4**, 3-21.

森山善蔵ほか(1983) 大分大学教育学部, 29-62.

Keywords: Kitsuki area, Ryoke metamorphic belt, metamorphic condition, bathozone

## (entry) Metamorphic zoning and $P$ - $T$ condition of contact aureole around the Kibe cauldron, Yamaguchi prefecture, Japan.

\*Kakeru SAKAMOTO<sup>1</sup>, Toshiaki SHIMURA<sup>1</sup>

1. Yamaguchi Univ.

**はじめに** 山口県宇部市と美祢市の境界付近の先白亜系は、周防変成帯に属している。岸ほか(2007)は、この地域に天郷深成貫入岩類、黒五郎深成岩類、岩郷山花崗岩類からなる白亜紀深成複合岩体が貫入していることを報告した。それぞれのK-Ar年代は $97.9 \pm 2.2$  Ma、 $94.0 \pm 4.8$  Ma、 $92.8 \pm 2.0$  Maであり、全体として「吉部コールドロン」を形成していたとしている。この深成複合岩体の貫入により、周囲の周防変成岩類は接触変成岩になっている(瀬尾, 1976)。本研究では、この接触変成岩類について、鉱物組合せ・変成分帯・変成 $P$ - $T$ 条件について検討した。

**地質概要** 本研究地域には主に変成岩類と花崗閃緑岩類が分布している。変成岩類は接触変成岩類(主として泥質片岩で、少量の石灰珪質片岩を伴う)と、源岩の周防変成岩類で構成され、花崗閃緑岩類は黒雲母-単斜輝石-角閃石花崗閃緑岩、単斜輝石-黒雲母-角閃石花崗閃緑岩の2種類に区分できる。地域中央部には花崗閃緑岩が分布する。花崗閃緑岩類の周縁部には幅約500 mの接触変成岩類が分布し、ほとんどが泥質片岩であるが、石灰珪質片岩が厚さ10 cm~30 cm程度のレンズ状をなして産する。さらにその周縁部には接触変成作用を被っていない周防変成岩類が分布する。

**変成分帯** 泥質片岩について鉱物出現・消滅アイソグラッドを検討し、以下のように変成分帯を行った。泥質片岩の主要な鉱物組合せは以下の通りである。

Zone I (堇青石帯) : Qz + Pl + Ms + Bt + Crd + (Chl)

Zone II (紅柱石帯) : Qz + Pl + Ms + Bt + And + Crd

Zone III (カリ長石帯) : Qz + Pl + Bt + Ms + Kfs + Crn + And + Crd + Ilm

Zone IV (ざくろ石帯) : Qz + Pl + Bt + Kfs + Opx + Crd + And + Spl + Alm

Zone V (スピネル帯) : Qz + Pl + Bt + Kfs + Opx + Crd + And + Spl

Zone VI (珪線石帯) : Bt + Opx + Pl + Kfs + Crd + Qz + Spl + Sil + Ilm

また、Zone I、Zone VIにみられる石灰珪質片岩の主要な鉱物組合せは以下の通りである。

Zone I (堇青石帯) : Ep + Amp + Pl + Qz

Zone VI (珪線石帯) : Pl + Cpx + Cal + Qz + Grs

**鉱物化学組成** 泥質片岩の構成鉱物の化学的特徴は以下の通りである。なお、本要旨では $X_{Mg} = Mg / (Fe^{2+} + Mg)$ 、 $X_{Mg}^* = Mg / (total\ Fe + Mg)$ 、 $An = 100 \times Ca / (Ca + Na + K)$ とする。なおスピネル類の $Fe^{2+}$ と $Fe^{3+}$ は化学量論を用いて計算した。斜長石は $An = 2.0 \sim 43.9\%$ を示し、Zone IからZone VIにかけて $An$ 成分が増加する。黒雲母は $X_{Mg} = 0.34 \sim 0.62$ であり、Ti含有量にはばらつきがみられる。白雲母は $X_{Mg} = 0.53 \sim 0.61$ であり、Al含有量にはばらつきがみられる。直方輝石は $X_{Mg} = 0.42 \sim 0.43$ である。スピネルは $X_{Mg}^* = 0.29 \sim 0.33$ で、 $Zn = 0.002 \sim 0.007$  apfu、 $Cr = 0.005 \sim 0.020$  apfuである。Zone IVのざくろ石の組成は $Alm_{55.4-58.7}Prp_{41.0-44.3}Sps_{0.2-0.5}Grs_{0.1}$ を示し、almandine成分に富む。なお、石灰珪質片岩の構成鉱物の化学的特徴は以下の通りである。斜長石は $An = 85.2 \sim 99.0\%$ を示す。単斜輝石は $X_{Mg} = 0.68 \sim 0.79$ で、diopsideの組成を示す。ざくろ石の組成は $Alm_{10.5-16.8}Prp_{1.3-2.2}Sps_{0.4-1.3}Grs_{80.1-87.5}$ を示し、grossular成分に富む。

**変成 $P$ - $T$ 条件** 上記のデータをもとに接触変成作用のピーク時の変成 $P$ - $T$ 条件を計算すると、変成圧力条件は約80 MPaで、変成温度条件は、Zone Iで約500 °C、Zone IIで500~550 °C、Zone IIIで550~600 °C、Zone IV・Zone Vで約600~750 °C、Zone VIは750 °C程度以上という結果が得られた。すなわち、最高変成度は輝石ホルンフェルス相の条件に達していると推測される。吉部コールドロンのマグマ溜まりの深度は、約2.4 kmであったと推定できる。

### 引用文献

岸 司ほか (2007) 地質雑, **113**, 479-491.

瀬尾孝文 (1976) 小島丈兒先生還暦記念論文集, 276-285.

Keywords: Kibe cauldron, contact metamorphism, metamorphic zoning, mineral chemistry

# Serpentinization of the Takadomari body in the Kamuikotan zone of Hokkaido, Japan: Results of TG-DTA, density and magnetic susceptibility analysis of tunnel boring core

\*Shusaku Yamazaki<sup>1</sup>, Masakazu Fujii<sup>2</sup>, Toshiyuki Kurahashi<sup>1</sup>

1. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 2. National Institute of Polar Research

北海道の神居古潭帯を代表とするかつてのプレート沈み込み運動で形成された地質帯には、沈み込む海洋地殻の脱水に伴い、その上部のマントルウェッジかんらん岩が蛇紋岩化し上昇したと考えられる大小様々な蛇紋岩岩体が露出している。しかしながら地表部では土壌・植生に覆われ、また、蛇紋岩類は風化の影響が強く、マントルウェッジかんらん岩、蛇紋岩化帯、高圧変成岩の組み合わせを空間的かつ連続的に観察・解析することは困難である。そこで本研究では、神居古潭帯の低温高圧型の変成岩類（幌加内ユニット）に近接する、幌加内オフィオライトのマントルセクション（鷹泊蛇紋岩岩体）の縁辺部に建設された幌加内トンネル(延長1241m)の2009年建設時に採取された水平（先進）ボーリングコア試料から地表の風化作用を受けていない蛇紋岩類を採取し、マントルウェッジかんらん岩～スラブ境界付近に相当する領域で形成されたと考えられる蛇紋岩化帯の形成プロセスの解明を試みた。解析手法としては、塊状蛇紋岩を対象とした岩石薄片の記載、XRDによる鉱物相の解析、磁化率計による測定、ガス置換法による真密度測定、TG-DTAによる示差熱重量分析を行い、蛇紋岩類の分類を行った。

幌加内トンネルに沿って採取された延長約1240mの連続水平ボーリングコア試料には、全体に葉片状の蛇紋岩をマトリックスに、大小さまざまな塊状蛇紋岩ブロックを伴う産状が認められた。採取した塊状蛇紋岩50試料の薄片観察から、かんらん石・斜方輝石がわずかに残る1試料を除き、すべての試料が100%の蛇紋岩化を被っており、初性鉱物としてクロムスピネルのみが残存している。塊状蛇紋岩類はハルツバーチャイト・ダナイトを源岩としており、神居古潭帯の変成岩類（角閃岩・緑色片岩・青色片岩を主体とする幌加内ユニット）との境界との距離に対応して、蛇紋岩化の様式に違いが認められた。境界から離れた鷹泊岩体側の蛇紋岩は初性的なかんらん岩の組織を残し、リザーダイト・クリソタイルによるメッシュ状の蛇紋岩組織で特徴づけられる。次に、源岩・メッシュ状蛇紋岩組織の一部が繊維状・放射状のアンチゴライトに置換された蛇紋岩が出現し、岩体の最縁辺部で全体が繊維状・綾織状のアンチゴライトに交代され源岩組織が消失したアンチゴライト蛇紋岩へと遷移する。アンチゴライト蛇紋岩はメッシュ状蛇紋岩に比べて豊富に磁鉄鉱を含み、クロムスピネルの全体あるいは一部を磁鉄鉱が交代する、また、一部にパッチ状の炭酸塩鉱物（ドロマイト・マグネサイト）を伴う。また、アンチゴライト蛇紋岩の分布箇所に関し、神居古潭帯の変成岩類をブロックとして伴っている。この蛇紋岩化様式の変化からは、沈み込み帯におけるスラブ起源流体によるマントルかんらん岩の交代作用の前線を捉えている可能性が示唆される。

塊状蛇紋岩類の物性測定結果として、真密度は2.45-2.78 g/cm<sup>3</sup>、磁化率は0.05-0.28  $\chi$  cm<sup>3</sup>/gの幅を示し、真密度が増加すると磁化率が増加する直線的な相関関係を示した。また、上記の岩相変化に対応して、メッシュ状蛇紋岩は低密度・低磁化率側に、綾織状アンチゴライト蛇紋岩は高密度・高磁化率側にプロットされる。これは蛇紋岩化の程度に加えて、蛇紋岩化のタイプ・遷移関係を密度あるいは磁化率測定により判別可能であることを示している。また示差熱重量分析の結果、320-420°Cにブルーサイトの脱水反応、450-550°Cに炭酸塩鉱物（あるいは緑泥石）の分解（脱水）反応が、蛇紋石類の脱水反応として500-700°Cにリザーダイト+クリソタイルの低温側の脱水反応が、680-790°Cにアンチゴライトの高温側での脱水反応が確認された。また、820°C付近にカンラン石・斜方輝石の結晶化の発熱反応が認められた。320-420°Cの重量変化から推定されるブルーサイト含有量は0.3-19.4wt%となり、大まかな傾向としてメッシュ状蛇紋岩で高い含有量(>5wt%)を示し、アンチゴライト化試料で比較的low含有量である。また、蛇紋石の低温側・高温側の脱水反応による重量変化の比から、アンチゴライト化の大まかな交代比が推定可能であると考えられる。

このように、100%蛇紋岩化した蛇紋岩類を対象に熱重量分析・密度・磁化率測定を組み合わせた解析を行

うことで、アンチゴライト・リザーダイトの量比、ブルーサイト含有量、炭酸塩鉱物、磁鉄鉱含有量の推定が可能となり、磁化率変化、密度、含水量の変化範囲と岩相変化の対応関係を精度良く説明でき、また蛇紋岩類の幅広い物性値幅の解釈が可能となると考えられる。

Keywords: Serpentinite, Thermal analysis, Magnetic susceptibility, Kamuikotan zone, Boring core sample

# (entry) Evaluation of the thermal effect of intrusion of the Kaikomagatake granitic body by metamorphic temperature estimates and thermal modeling for basement rocks of the Outer Zone of Southwest Japan in the northern part of the Akaishi Mountains area

\*Yuki Nobe<sup>1</sup>, Hiroshi Mori<sup>1</sup>, Hiroki Mizumura<sup>1,2</sup>, Ken Yamaoka<sup>3</sup>, Yui Kouketsu<sup>4</sup>, Tetsuya Tokiwa<sup>1</sup>

1. Shinshu University, 2. Kyowa Sekkei Co., Ltd., 3. The University of Tokyo, 4. Nagoya University

【はじめに】中期中新世以降の日本海拡大と伊豆-小笠原弧の本州弧への衝突 (Hyodo & Niitsuma, 1986) に関連して、中部地方・赤石山地における西南日本外帯の基盤地質構造は大きく改変され、三波川帯、秩父帯および四万十帯の帯状配列が南北走向に屈曲するとともに、大規模な“ねじ曲がり構造”の存在も推定されている (e.g. 松島, 1997)。このことは、赤石山地の西南日本外帯基盤岩が一体となって深部から上昇してきたことを示しており、同地域の基盤岩研究は、中期中新世以降のテクトニクスに関する深部活動履歴の究明に重要であるといえる。ねじ曲がり構造の軸部にあたる小渋川地域では、炭質物ラマン温度計を用いた変成温度解析が行われ、秩父帯から四万十帯にかけてねじ曲がり起因した温度上昇も検出されている (森ほか, 2021)。一方、小渋川地域より北の赤石山地北部では、ねじ曲がり構造の影響が顕著であると考えられるものの、甲斐駒ヶ岳花崗岩体が大規模に貫入しており、温度構造解析に基づく基盤岩評価には、この貫入熱影響を考慮する必要がある。そこで本研究では、赤石山地北部・黒川地域の西南日本外帯基盤岩を対象に、変成温度解析と熱モデリングを併用した貫入熱影響評価を行った。

【地質概要】黒川地域では、西から三波川帯、戸台層、秩父帯、および四万十帯が分布し、三波川帯、秩父帯、および四万十帯は主に付加体構成岩類もしくは付加体起源の変成岩類、戸台層は浅海性堆積岩類からなる。また、四万十帯東部では、中期中新世の定置年代をもつ甲斐駒ヶ岳花崗岩が貫入する (e.g. Watanabe et al., 2020)。

【アプローチの概要】変成温度解析では、炭質物ラマン温度計 (Aoya et al., 2010; Kouketsu et al., 2014) を用いて、甲斐駒ヶ岳花崗岩周辺の最高到達温度を推定し、温度分布の詳細を把握する。また、熱モデリングでは、瞬間的なマグマ貫入を仮定した1次元の熱伝導方程式に基づく熱計算を用いて、炭質物ラマン温度計により見積もられた温度分布に対するフィッティングを行い、貫入時のマグマの初期温度 (マグマ温度) を制約する。そして、制約されたパラメータの妥当性を評価することで、天然に記録された温度分布を貫入熱影響で説明可能か否かを検証する。

【結果・考察】変成温度解析のために、三波川帯の4地点、戸台層の2地点、秩父帯の5地点、および四万十帯の4地点において岩石試料を採取した。炭質物ラマン温度計により見積もられた最高到達温度は、三波川帯で332~417 °C、戸台層で275~284 °C、秩父帯で276~316 °C、四万十帯で317~492 °Cを示す。また、大局的な温度構造としては、貫入境界に近づくにつれて、三波川帯では温度低下を示す一方、戸台層から四万十帯にかけては地質帯をまたいで連続的な温度上昇が認められ、後者の温度上昇は、貫入熱影響により形成された可能性を示唆する。そこで、戸台層~四万十帯の温度データを対象とし、マグマおよび母岩の初期温度を未決定パラメータに設定して貫入熱モデリングによるフィッティングを行ったところ、マグマ温度は約1000 °C、母岩温度は約180 °Cと制約された。

また今回、フィッティングにより制約されたマグマ温度の妥当性を評価するため、甲斐駒ヶ岳花崗岩の全岩化学組成 (佐藤・柴田, 2017) を入力値としたrhyolite-MELTS (Gualda & Ghiorso, 2015) による熱力学計算との比較を行った。熱力学計算結果は、リキダス温度が約1090 °C、ソリダス温度が約720°Cを示し、フィッティング結果と整合的である。この整合性は、戸台層から四万十帯にかけての温度構造が甲斐駒ヶ岳花崗岩体の貫入熱影響により説明可能であるとともに、変成温度解析に基づく中部地方・西南日本外帯

の広域的な議論においても貫入熱影響の考慮が必要であることを示唆する。

【引用文献】 Aoya et al., 2010, *J. Metamorph. Geol.*, **28**, 895-914; Gualda & Ghiorso, 2015, *Geochem., Geophys., Geosyst.*, **16**, 315-324; Hyodo & Niitsuma., 1986, *J. Geomag. Geoelectr.*, **38**, 335-348; Kouketsu et al., 2014, *Island Arc*, **23**, 33-50; 松島, 1997, 飯田市美術博物館研究紀要, **7**, 145-162; 森ほか, 2021, 地学雑誌, **130**, 85-98; 佐藤・柴田, 2017, **21**, 19-28, 群馬県立自然史博物館研究報告; Watanabe et al., 2020, *J. Mineral. Petrol. Sci.*, **115**, 276-285.

Keywords: Akaishi Mountains, Outer Zone of Southwest Japan, Kaikomagatake granitic body, Raman carbonaceous material geothermometry, thermal modeling

# Roll-up structure due to the collision of Izu arc revealed from the shear sense of the Sanbagawa metamorphic rocks along the MTL in the Akaishi area

\*YUKI AWAYAMA<sup>1</sup>, HIDEO TAKAGI

1. Waseda University

**目的：**中部日本に存在する三波川帯、秩父帯、および四万十帯は赤石山地を境として屈曲しており、さらに一般走向傾斜は赤石岳付近を境界として赤石山地南部では北東-南西走向・北西傾斜、北部では南-北走向・東傾斜に変化している。松島(1973, 1997)によると、日本海の開裂に引き続く伊豆-小笠原孤の衝突により、これら3帯は“逆くの字型”にねじり曲がるだけでなく、北部がまくれ上がったとしている。まくれ上がりが起こっているとすると、中央構造線に近接する三波川帯に記録されている変成時の延性剪断作用のセンスも北部では逆転しているはずである。そこで本論では、長野県伊那地域と静岡県天竜地域の両地域に存在する三波川変成岩の延性剪断変形について調査を行ったので、その結果をここに報告する。

**方法：**各地域で採取した三波川結晶片岩類である泥質片岩・緑色片岩に見られる片理面に直交かつ伸長線構造に平行なXZ薄片を作成し、鏡下観察に基づいて剪断センスを決定した。剪断センスを決定するのに用いた主な剪断指標は、泥質片岩はシアバンド、石英形態ファブリック、そして白雲母フィッシュ、緑色片岩はシアバンドのみである。

**結果と結論：**伊那地域では24試料の中で剪断センスが観察できた22試料のうち、17試料が上盤北ずれ、5試料が上盤南ずれであり、全体として上盤北ずれが優勢であった。またピッチの範囲はおおよそ10~30°に収まった。同様に静岡県天竜地域では34試料の中で剪断センスが観察できた29試料のうち、22試料が上盤西ずれ、7試料が上盤東ずれであった。ピッチの範囲は沢ごとによってばらつきが見られたものの、全体としては上盤西ずれが優勢であり、これは四国や関東の三波川帯で報告されている剪断センスの結果と調和的である(例えば, Wallis et al., 1992; 阿部ほか, 2001)。また、伊那地域の外帯構成層の大部分は基本的に東傾斜であり、上下判定できる四万十帯の砂岩泥岩互層部は逆転していることが知られている(河内ほか, 1983)。以上の結果と先行研究の報告から、赤石山地のまくれ上がりモデルは、三波川変成岩の剪断センスから見ても妥当なものであると考えられる。

## 参考文献

阿部龍巳・高木秀雄・島田耕史・木村慎治・池山恵介・宮下 敦, 2001, 関東山地三波川変成岩類の延性剪断変形. 地質雑, **107**, 337-353.

河内洋祐・湯浅真人・片田正人, 1983, 市野瀬地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所, 70p.

松島信幸(1973): 赤石山地の中央構造線. 「中央構造線」(杉山隆二編), 9-27, 東海大学出版会

松島信幸(1997): 赤石山地地形形成論-ポスト和田変動と中央構造線のまくれ上がりについて-. 飯田市美術館研究紀要, **7**, 145-162.

Wallis, S.R., Banno, S. and Radvanec, M, 1992, Kinematic, structure and relationship to metamorphism of the east-west flow in the Sambagawa Belt, southwest Japan. *The Island Arc*, **1**, 176-185.

Keywords: Roll-up structure, shear sense, Sanbagawa schists, Akaishi area

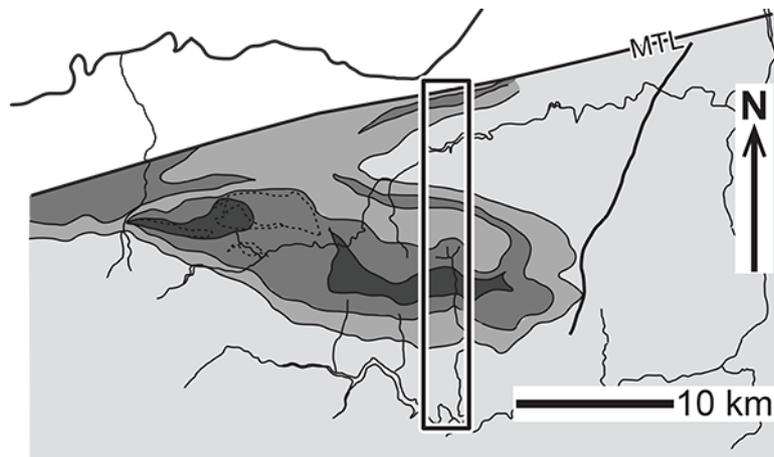
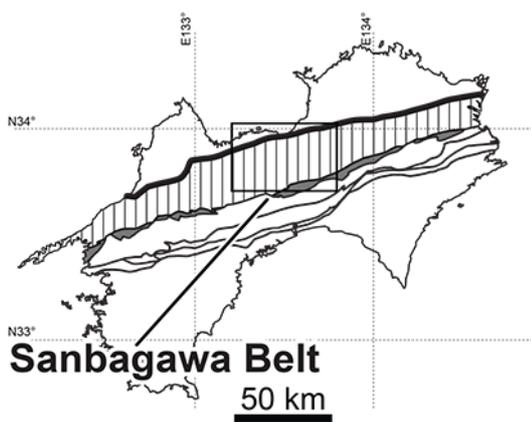
# Oxygen and hydrogen isotope variations of phengite along orogen-perpendicular traverse of the Sambagawa Belt in central Shikoku: A reconnaissance study

\*Tatsuki Tsujimori<sup>1</sup>, Hironobu Harada<sup>1</sup>, Tetsumaru Itaya<sup>2</sup>, Daniel Pastor-Galán<sup>1</sup>, Antonio M. Álvarez-Valero<sup>3</sup>

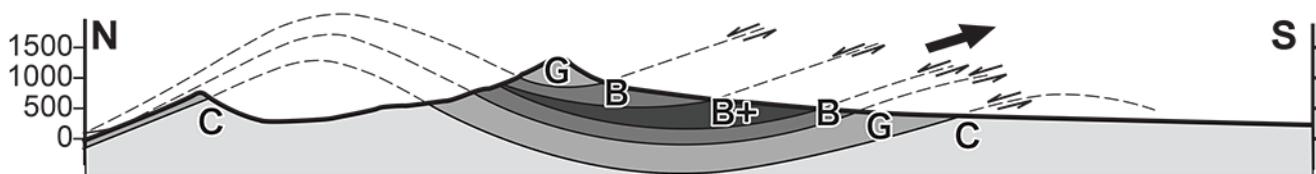
1. Tohoku University, 2. Japan Geochronology Network, 3. University of Salamanca

プレート沈み込み帯はマントル内部の化学的不均質性を生み出す地殻物質と水のインプットの間として機能する。沈み込むスラブは前弧域から火山フロント直下に達するまでに連続的に脱水し、放出される水流体（スラブ起源流体）は様々な空間スケールの元素移動をもたらす。近年、スラブ内部での元素移動やスラブ直上に供給される元素の挙動について、天然試料の岩石学・地球化学と実験岩石学双方のアプローチから素過程を理解する試みがなされている。しかしながら、スラブ由来元素のマントルへの影響を追跡する場合、連続的な同位体比分別が期待できるような同位体があったとしても、スラブ内部でのバリエーションが明らかでないために、スラブを代表する値は曖昧である。マントル深部へ沈んで行くスラブ全体の安定同位体比がどの程度の幅を持つのか？それは地表に露出した高圧変成岩を解析することで把握可能であろうか？我々はスラブを代表する酸素・水素同位体比のリファレンス値（スラブ値）を決めたいという動機のもと、コヒーレントな高圧変成帯の世界標準としての四国中央部三波川帯において、南北横断方向でのフェンジャイトの酸素・水素同位体比の変化を評価した。沈み込んでいくスラブのリファレンス値を決定したいものの、コヒーレントな変成帯は上昇時に著しく加水・変形再結晶を被っている。従って、その二次改変の影響は変成帯のなかの代表的な標本を選んで評価するだけでは不十分であり、変成帯の温度構造に直交するような横断線において変成帯内部のバリエーションを十分に把握する必要がある。我々は、スラブを構成する変成地殻起源物質のなかで、岩相に関わらず普遍的に出現し、多角的な評価が可能な唯一の鉱物としてフェンジャイトに着目した。そして、Itaya and Takasugi (1988) <https://doi.org/10.1007/BF00379739>がK-Ar年代測定を行った汗見川-銅山川ルートでのフェンジャイト（主に泥質片岩から分離したもの）を再利用し、84試料（緑泥石帯31試料、ざくろ石帯21試料、アルバイト黒雲母帯22試料、オリゴクレス黒雲母帯10試料）の水素・酸素の安定同位体比を測定し、変成帯内部の変化傾向を調べた。フェンジャイトのK含有量（既知）とH<sub>2</sub>O量（実測）にもとづき不純試料のデータを間引いた残り63試料の $\delta^{18}\text{O}[\text{SMOW}]$ と $\delta\text{D}[\text{SMOW}]$ のバリエーションは、それぞれ+9.6 to +19.3‰（平均値+14.0‰）、-82.8 to -45.2‰（平均値-59.0‰）と大きい。両者は相関せず、K-Ar年代（64.3-83.8 Ma）とも明瞭な相関は示さない。 $\delta^{18}\text{O}$ が+10‰を下回るフェンジャイトは全て塩基性片岩であるが、塩基性片岩のフェンジャイト全てが低い値を示すことはない。 $\delta^{18}\text{O}$ の振れ幅は同位体比分別よりも原岩の幅を反映すると考えられる。オリゴクレス黒雲母帯の $\delta\text{D}$ はやや高い値をもつ。従来から大歩危地域の緑泥石帯では変成帯の上昇時の著しい変形に伴うK-Ar年代の若返り（64.3-65.8 Ma）が知られていたが、同地域の4試料でのみ $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta\text{D}$ 値が負の相関を示し、その地域に関しては年代若返りに関与した流体の影響を反映したものと考えられる。汗見川-銅山川ルートで同位体比の振れ幅を評価するために、四国中央部三波川帯の他地域（猿田川）と、別の変成帯との比較を行ったところ、猿田川のざくろ石帯8試料は低い $\delta\text{D}$ 値（-91.2 to -73.4‰）が多いものの、銅山川のざくろ石帯でも-82.8‰に達する試料が存在する。ところが、時代も場所も全く別の変成帯として、蓮華帯の大佐山産の試料14試料（ $\delta\text{D} = -113$  to  $-88.3\%$ 、 $\delta^{18}\text{O} = +12.9$  to  $+14.6\%$ ）と比較すると、四国中央部のフェンジャイトは高い $\delta\text{D}$ 値で特徴付けられる。大佐山の試料は青色片岩相の情報を残しており、四国中央部三波川帯の結晶片岩とは上昇時期の後退変成作用の性質は大きく異なる。三波川の $\delta\text{D}$ 値は上昇時期の加水再結晶に関与した流体の性質を反映したのもかもしれないが、その安定同位体比の平均値は地表に露出した高圧変成岩のフェンジャイトのリファレンス値として提案できる。

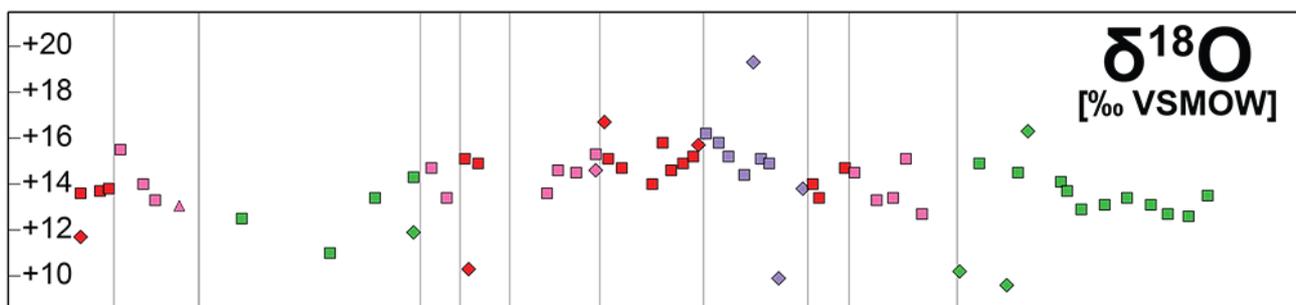
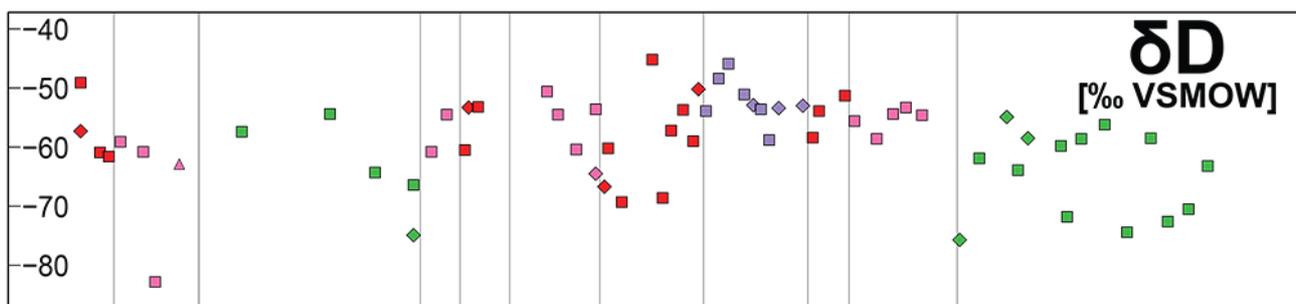
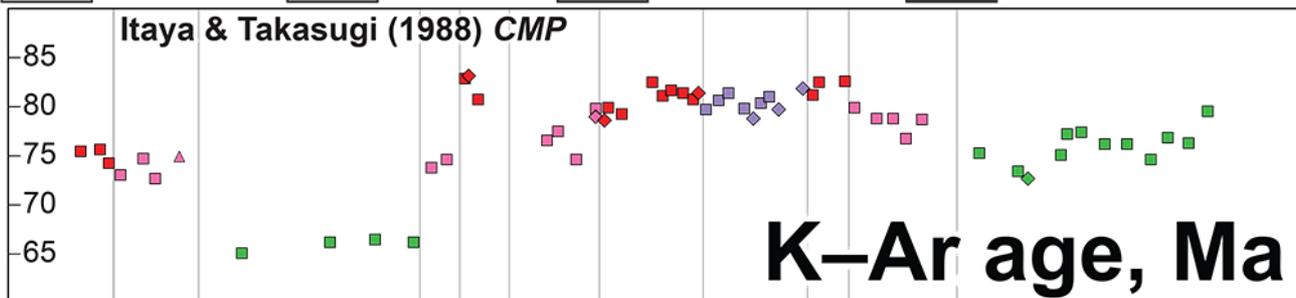
Keywords: phengite, oxygen isotope, hydrogen isotope, exhumed metamorphic rocks, Sambagawa Belt



Modified after Itaya & Tsujimori (2015) IGR



**C** Chlorite zone    **G** Garnet zone    **B** Albite-biotite zone    **B+** Oligoclase-biotite zone





## (entry) Relation between existence of ca. 1.9–1.85 Ga metamorphic zircons and metamorphic facies in the Yeongnam Massif, South Korea

\*Kenichiro IWAMIZU<sup>1,2</sup>, Yasutaka HAYASAKA<sup>1</sup>, Ji-Hoon KANG<sup>3</sup>, Kosuke KIMURA<sup>1,4</sup>, Tomoyuki SHIBATA<sup>1</sup>

1. Hiroshima Univ., 2. The Univ. of Tokyo, 3. Andong Nat. Univ., 4. Nat. Inst. of Tech., Kure College

### 背景

韓国の先カンブリア時代の基盤岩は、北西部の京畿地塊と南東部の嶺南地塊に分布する。嶺南地塊の基盤岩の変成相の大部分は低圧型の角閃岩相だが、南西部・北中部にはそれぞれ、低圧型のグラニュライト相・緑色片岩相の領域が広く分布する (Lee, S.-M., 1973)。嶺南地塊の基盤をなす約 2–1.96 Ga の花崗岩類はいずれも、約 1.9–1.85 Ga の変成年代を持つ (Kim, N. et al., 2014; Lee, B.-C. et al., 2019; Cho, D.-L. et al., 2020)。この約 1.9–1.85 Ga の変成年代は、嶺南地塊における、約 1.9–1.85 Ga の優白質花崗岩の貫入を伴う角閃岩相の広域変成作用の時期を示す (Cho, M. et al., 2017)。また、嶺南地塊・南西部において、約 1.88 Ga の貫入岩は、約 1.86 Ga のグラニュライト相の変成年代を持つ (Lee, B.-C. et al., 2017)。これら約 1.9–1.85 Ga の変成年代はいずれも、ジルコンの変成リムから得られている。

一般にジルコンの変成リムは、角閃岩相以上の高温の変成作用に伴って形成される (早坂, 2011; 猪川, 2016)。よって、嶺南地塊における角閃岩相～グラニュライト相の変成作用に伴うジルコンの変成リムの形成は、前文と整合的である。

### 目的

早坂 (2011); 猪川 (2016) に基づくと、緑色片岩相の変成作用では、ジルコンの変成リムは形成されないと考えられる。よって、緑色片岩相が広く分布する嶺南地塊・北中部の雪川地域においては、約 2–1.96 Ga の花崗岩類のジルコンは、約 1.9–1.85 Ga の変成リムを持たないと予想されるが、先行研究は無い。よって我々はこの問題に取り組むため、嶺南地塊の雪川地域で花崗岩を採取した。

### 手法

花崗岩からジルコンを分離し、SEM を用いてジルコンの CL 像を撮影し、分析点を選定した。その後、LA-ICP-MS を用いてジルコン U-Pb 年代を測定した。本システムは勝部ほか (2012) に基づく。また、薄片の観察と全岩化学組成の分析を行った。一連の分析は広島大学で行った。

### 結果

主要造岩鉱物は、石英・斜長石・アルカリ長石・角閃石である。花崗岩は全体的に優白質である。全岩化学組成について、花崗岩は metaluminous の領域に存在する。これは、嶺南地塊の約 2–1.96 Ga の花崗岩類を全て peraluminous とする先行研究 (Kim, N. et al., 2014; Lee, B.-C. et al., 2019; Cho, D.-L. et al., 2020) と異なる。

ジルコンは、コア・マントルの 2 層構造を示すものと、マントルのみの 1 層構造を示すものに大別される。コアは、均質または縞状の内部構造を示し、約 2.5–2.4 Ga のコンコードントな U-Pb 年代を示し、Th/U 比が全て 0.1 以上と高い。マントルは、波動累帯構造または縞状構造を示し、約 2 Ga 付近にコンコードントな U-Pb 年代が集中し、Th/U 比が全て 0.1 以上と高い。約 2 Ga に集中するコンコードントなマントルの年代の加重平均は  $1997 \pm 10$  Ma である。ジルコンのリムは確認できなかった。

### 考察

全岩化学組成が例外的に metaluminous である原因は不明である。

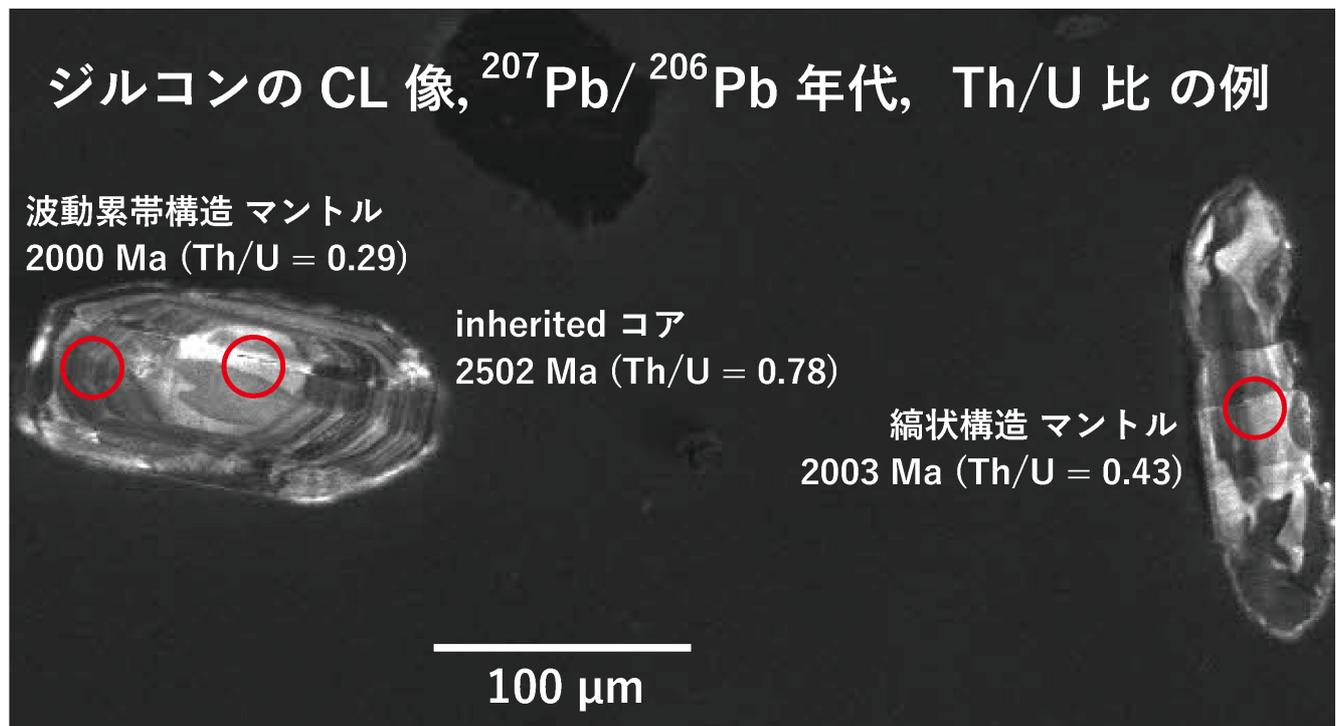
前述の加重平均 ( $1997 \pm 10$  Ma) が、マグマの固結年代だと考えられる。よって、約 2.5–2.4 Ga のコアは、inherited ジルコンだと考えられる。実際、嶺南地塊の inherited ジルコンの U-Pb 年代分布は、約 2.5

Ga 付近に最大の極大値を持つ (Kim, N. et al., 2014)。嶺南地塊に広く分布する約 2–1.96 Ga の花崗岩としては例外的に、約 1.9–1.85 Ga の変成年代 (ジルコンの変成リム) が得られなかった。その原因は、嶺南地塊・雪川地域の変成相が緑色片岩相であるため、ジルコンの変成リムの形成に必要な 530 °C 以上の温度 (猪川, 2016) に達しなかったからだと考えられる。

### 文献

- Cho, D.-L. et al., 2020, *Precambrian Res.*, **340**, 105631.  
 Cho, M. et al., 2017, *Geosci. J.*, **21**, 845–865.  
 早坂 康隆, 2011, 日本地質学会 第118年 学術大会 講演要旨, R7-O-3.  
 猪川 千晶, 2016, 総研大 修士論文  
 勝部 亜矢ほか, 2012, 地質雑, **118**, 762–767.  
 Kim, N. et al., 2014, *Precambrian Res.*, **242**, 1–21.  
 Lee, B.-C. et al., 2017, *Precambrian Res.*, **298**, 439–461.  
 Lee, B.-C. et al., 2019, *Gondwana Res.*, **72**, 34–53.  
 Lee, S.-M., 1973, *J. Geol. Soc. Korea*, **9**, 11–23.

Keywords: South Korea, Yeongnam Massif, greenschist facies, granite, zircon



# Calculation of diffusion profiles using the analytical solution for anisotropic diffusion in a finite cylinder

\*Tadashi Usuki<sup>1</sup>

1. Department of Geosciences, National Taiwan University

岩石学や構造地質学、同位体年代学の進歩とともに、従来考えられてきたいくつかの造山イベントの時間スケールは一桁以上短くなった(例えば>20Myrから<2Myrへ、Caddick et al., 2010)。さらに最近では、Sm-NdやLu-Hf高精度年代測定により、沈み込み帯でのザクロ石成長が1Myr以内に起こった例も示されている(Dragovic et al., 2012, 2015)。これらの事実は、数Myrから<1Myrの時間スケールを計測する技術の確立が重要になってきたことを示している。近年、同位体年代学を用いた時間スケールの推定とともに、diffusion chronometerを用いた時間スケールの計測が広く利用されるようになった(Chakraborty, 2006, 2008)。Diffusion chronometerが実用化されてきた背景として、ここ20年でさまざまな鉱物の主成分や微量元素拡散係数の実験データが充実してきたこと、EPMAやSEM-EDS, LA-ICPMS、SIMSを用いた主要元素や微量元素拡散プロファイル測定の解像度と精度の向上がしてきたことなどが挙げられる。Crank (1975)には板、球、無限円筒についての拡散方程式の解が示されている。拡散に異方性がなければ、これらの解析解を用いて、測定プロファイルからおおよそその変成作用の継続時間を比較的簡単に推定することができる。しかし、一般の多くの鉱物では強い拡散異方性があることが知られている。例えば、カンラン石のFe-Mg相互拡散ではc軸方向の拡散はa軸、b軸の方向の拡散の約6倍(Tachibana et al., 2013)、ルチルのHf拡散ではc軸方向の拡散は垂直方向の拡散の5倍から10倍の違いがある(Cherniak et al., 2007)。このような鉱物に球モデルや板モデルを適用するのは一般には不適切である。このため、Watson et al. (2010)はaxialとradial方向について異なる拡散係数もつ場合の有限円筒内の拡散の解析解を導いた。Watson et al. (2010)の解析解では拡散係数を時間依存の関数としているが、本発表では単純化して定数とし、さらに、初期条件C0、境界条件C1の場合に変形した式を紹介する。この有限円筒内の解析解を用いると、axial方向(c軸に平行)とradial方向(c軸に垂直)の2つの異なる拡散係数を用いて円筒内の任意の方向の拡散プロファイルを計算できる。本発表では、この有限円筒内拡散の解析解をもちいて、結晶の短軸・長軸比や拡散異方性の大きさの違い、測定プロファイル方向とc軸とのなす角が拡散プロファイルに与える影響についての計算結果を紹介する。また、この解析解の天然の岩石への適用例として、北ベトナムのソンマ縫合帯からのルチルのZrプログレード累帯構造を用いてエクロジャイト相の時間スケールを制約した研究を紹介する。

## References

Caddick MJ, Konopásek J, Thompson AB (2010) *J Petrol* 51, 2327–2347. Chakraborty S (2006) *Mineralogy and Petrology* 88, 7–27. Chakraborty S (2008) *Ann Rev. Earth Planet Sci* 36, 153–190. Cherniak DJ, Manchester JE, and Watson E (2007) *Earth Planet. Sci. Lett.* 261, 267–279. Crank, J (1975) *The Mathematics of Diffusion*. Oxford University Press, Oxford. Dragovic B, Samanta LM, Baxter EF, Selverstone J (2012) *Chem Geol* 314–317, 9–22. Dragovic B, Baxter EF, Caddick MJ (2015) *Earth Planet Sci Lett* 413, 111–122. Tachibana S, Tamada S, Kawasaki H, Ozawa K, Nagahara H (2013) *Phys Chem Minerals* 40, 511–519. Watson, EB, Wanser, KH, Farley, KA (2010) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74, 614–633.

Keywords: diffusion in a finite cylinder, anisotropic diffusion, analytical solution, rutile, zirconium

## [1poster30-37] R5 [Regular Session]Regional geology and stratigraphy, chronostratigraphy

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

### [R5-P-1] Early Triassic accretionary unit recognized in the Nedamo Belt and correlation with Southwest Japan

\*Takayuki Uchino<sup>1</sup> (1. Geological Survey of Japan)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-2] a trial of new geological maps

\*Toshiyuki Yoshikawa<sup>1</sup> (1. Geological Survey of Japan, AIST)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-3] Outline of geology of the Wake District (Okayama Prefecture): Quadrangle Series, 1:50,000

\*Daisuke Sato<sup>1</sup>, Koji Wakita<sup>2,1</sup>, Yoshinori Miyachi<sup>1</sup> (1. GSJ, AIST, 2. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-4] (entry) Radiolarians and detrital zircon U-Pb age from the Hebiki Unit in the Northern Chichibu Belt, the Kanto Mountains, central Japan.

\*Kazushi OKABE<sup>1</sup>, Yukiyasu TSUTSUMI<sup>2</sup>, Yoshihito KAMATA<sup>1</sup> (1. University of Tsukuba, 2. National Museum of Nature and Science)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-5] Middle Jurassic radiolarians from clastic facies interbedded between seamount facies in Kuzu area of the Ashio Belt, central Japan

\*Yoshihito Kamata<sup>1</sup>, Akitake Uesako<sup>2</sup> (1. The University of Tsukuba, Faculty of Life and Environmental Sciences, 2. The University of Tsukuba, College of GEOSCIENCE)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-6] (entry) Intrusion of serpentinite along the Cretaceous and the unconformity of serpentinite in the Chichibu belt, Yusuhara, Kochi Prefecture

\*Kengo Nishikawa<sup>1</sup>, Tomohiro Tsuji<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-7] (entry) The origin of large chert blocks in the western part of the Matsumoto Basin, Nagano Prefecture: altered mineral and <sup>10</sup>Be age

\*Erika UEYAMA<sup>1</sup>, Kohki YOSHIDA<sup>1</sup>, Maarten LUPKER<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 2. ETH Zürich - Geological Institute)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R5-P-8] Lower Cretaceous formations of the Kema Terrane, Primorsky Krai, Russian Far East

\*Shigeru Otoh<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nagata<sup>2</sup>, Masashi Aoyama<sup>3</sup>, Takuya Harada<sup>2</sup>, Koh Kubomi<sup>2</sup>, Kohki Bando<sup>4</sup>, Jun Sugiyama<sup>4</sup>, Alexander Kudymov<sup>5</sup>, Mikhail Arkhipov<sup>5</sup>, Alexei Didenko<sup>5</sup> (1. Faculty of Sustainable Design, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 3. Japan Geocommunications Co., Ltd., 4. Faculty of Sustainable Design, Univ. of Toyama, 5. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Science)

4:30 PM - 7:00 PM

# Early Triassic accretionary unit recognized in the Nedamo Belt and correlation with Southwest Japan

\*Takayuki Uchino<sup>1</sup>

## 1. Geological Survey of Japan

北上山地中西部に位置する根田茂帯は、かつては南部北上帯と北部北上帯を境する構造帯と考えられ、早池峰構造帯と呼ばれていた（例えば、吉田・片田、1964）。しかし、21世紀に入り、岩相の特徴や泥岩より見出された放射虫化石から、根田茂帯に分布する地質体は前期石炭紀の付加体と考えられるようになった（内野ほか、2005；永広ほか、2005）。この付加体は根田茂コンプレックスと定義され、更に岩相の違いから南西部の綱取ユニットと北東部の滝ノ沢ユニットに区分された（内野ほか、2008）。滝ノ沢ユニットからは化石を含め年代が得られておらず、同ユニットは前期石炭紀根田茂コンプレックスの下位階層に属するものの、前期石炭紀とジュラ紀の付加体間に位置することから、ペルム紀付加体の可能性も指摘されていた（内野ほか、2008）。綱取ユニットは、泥岩珪長質凝灰岩互層、珪長質凝灰岩、玄武岩が卓越し、チャートや石灰岩、石英長石質砂岩をほとんど含まないことを特徴とする。滝ノ沢ユニットは綱取ユニットと似た岩相を示すが、層状チャートや石英長石質砂岩、砂岩泥岩互層を含んでくる。なお、両ユニットの分布域（根田茂帯）には、高圧変成岩の岩塊や南部北上帯基盤と考えられる蛇紋岩・角閃石斑れい岩・石英閃緑岩の岩塊が産する。本公演では、滝ノ沢ユニットの珪長質凝灰岩2試料と砂岩3試料から得られたジルコンのU-Pb年代を報告する（一部は、内野・大藤、2014で発表）。結果としては、前者からは前期ペルム紀の、後者からは後期ペルム紀～前期三畳紀の最若クラスター年代が得られた。珪長質凝灰岩の方が有意に古い値を示すが、本岩には砂岩が堆積した際の堆積同時性ジルコンが含まれなかったと解釈し、滝ノ沢ユニットの付加年代を前期三畳紀と判断した（Uchino, 2021）。日本列島において、前期三畳紀の付加体はほとんど知られておらず、同時代の付加体がマップルに示せるのは根田茂帯のみである。近年、四国黒瀬川帯の後期ペルム紀付加体（新改ユニット及び檜曾根ユニット）の砂岩から後期ペルム紀のみならず前期三畳紀の碎屑性ジルコンが見出され（Hara et al., 2018; Ohkawa et al., 2021）、黒瀬川帯にも滝ノ沢ユニットと同様の年代の付加体が分布する可能性がある。北上山地には南から南部北上帯の中古生代島弧陸棚層およびオルドビス紀～シルル紀火成岩基盤岩類、母体-松ヶ平帯の高圧変成岩、根田茂帯の前期石炭紀および前期三畳紀付加体、北部北上帯の前期ジュラ紀～最前期白亜紀付加体が分布する。また、釜石地域の北部北上帯南西端部では後期ペルム紀付加体の存在が指摘されている（Nakae and Kurihara, 2011）。黒瀬川帯には、前期石炭紀付加体は認められていないが、それ以外は北上山地の地質体と同様の組み合わせを示している。今回の前期三畳紀付加体の認定は、磯崎・丸山（1991）などによってかねてから指摘されていた東北日本と西南日本の対比について、よりサポートできる材料となった。また、データが少ない前期三畳紀の島弧海溝系テクトニクスについても貴重な情報をもたらすと考えられる。

### [引用文献]

永広ほか（2005）日本の地質増補版編集委員会編，日本の地質増補版，49-50，共立出版。

Hara et al. (2018) *J. Asian Earth Sci.*, **151**, 112-130. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.10.025>

磯崎・丸山（1991）地学雑誌，**100**，697-761. [https://doi.org/10.5026/jgeography.100.5\\_697](https://doi.org/10.5026/jgeography.100.5_697)

Nakae and Kurihara (2011) *Palaeoworld*, **20**, 146-157. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2010.12.003>

Ohkawa et al. (2021) *J. Asian Earth Sci.*, **212**, 104724. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104724>

Uchino (2021), *Island Arc*, **30**, e12397. doi:10.1111/iar.12397

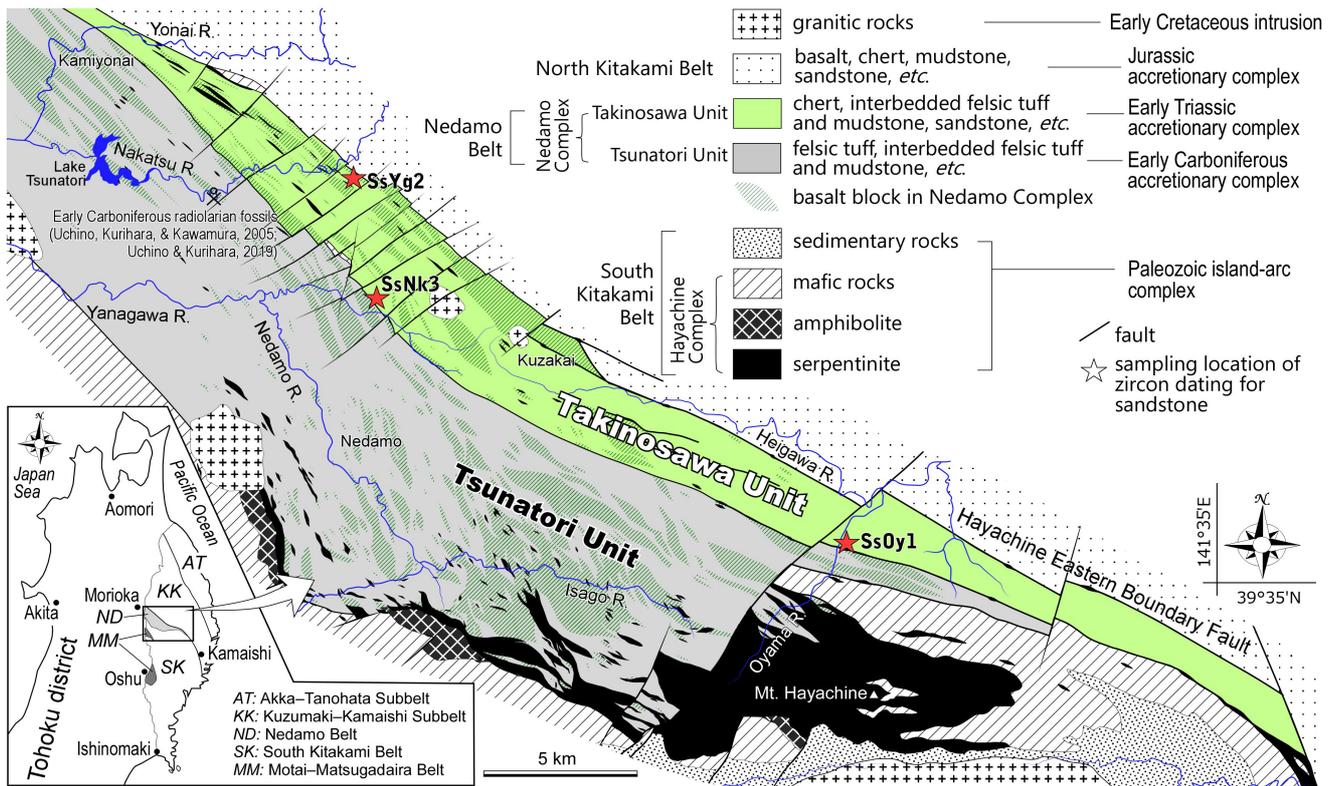
内野・大藤（2014）日本地質学会第121年学術大会講演要旨，228。

内野ほか（2005）地質雑，**111**，249-252. <https://doi.org/10.5575/geosoc.111.249>

内野ほか（2008）地質雑，**114**，S141-S157. <https://doi.org/10.5575/geosoc.114.S141>

吉田・片田（1964）1/5万地質図幅「大槌・霞露岳」。

Keywords: Nedamo Belt, Takinosawa Unit, U-Pb age, zircon, Early Triassic



## a trial of new geological maps

\*Toshiyuki Yoshikawa<sup>1</sup>

### 1. Geological Survey of Japan, AIST

近年、地質図のデジタルトランスフォーメーションの進展や政府のSociety 5.0の提唱など、近い将来の地質図・地質情報利用をイメージする機会が格段に増えた。2021年3月に閣議決定された科学技術・イノベーション基本計画および2021年5月に経済産業省から公表された知的基盤整備計画では、サイバー空間に質の高い信頼できるデータを集積し、デジタルツインを構築することが謳われている。

これからの少子高齢化社会では、今まで以上に専門家不足・予算減少が予想され、従来型の研究進展や社会サービスの維持は困難が予想される。しかし、地質学の場合はスクラップアンドビルドではなくデータ蓄積型の学問であり、デジタルツインを実現することにより研究成果やサービスの質的・量的低下を防止し、むしろ新たな学問や産業の活性化を促進できると期待される。ただし、サイバー空間へのデータ集約への具体的な取り組み例はまだなく、絵に描いた餅に過ぎない。

筆者は、栃木県を例として、過去の地質図・地質情報(位置情報をもつデータ)の集約を試みたので報告する。具体的には、GSJ発行の「栃木県シームレス地質図(参考資料1、2)」を基に、過去のデータを集約した「栃木県シームレス地質図 第2版」を制作中である。地質図は細分が可能となり、岩石・化石等の試料採取地点や露頭観察地点、走向・傾斜等の各種点データ、リニアメントやルートマップ・柱状図作成位置等の各種線データも表示できるようになる。例として、図には高原火山から塩原カルデラ付近の新旧地質図の比較を示す。属性情報には必ず出典表記を含むようにしてあるので、検索等の手段を通じてオリジナルデータを参照すれば詳細な情報を確認できるよう配慮している。したがって、従来の地質図と比べると、地質情報の地理空間索引図(ポータル機能)の性格が強くなる。

このほか、現在仮実装中の特徴としては以下のようなものがある。

- ・地質図の凡例は20万分の1日本シームレス地質図V2の凡例(参考資料3)を基本とし、細分化された地質区分にも対応できるよう、層群・層・部層の属性も用意している。
- ・古い成果であっても、現地を確認した証拠であるオリジナルの点データ(岩石・化石等の試料採取地点、走向・傾斜データ等)は可能な限り採録している。
- ・断層データおよび走向・傾斜データは、それぞれ他の線データ・点データとは分け、独自のレイヤーにしている。このため断層および走向・傾斜に固有のスタイル設定が容易。
- ・ファイルはOGC標準のGeoPackage形式で作成しているので特別なソフトを必要とせず、一般的なGISで編集可能。

現在、科学技術・イノベーション基本計画等ではオープンサイエンスとデータ駆動型研究の普及も推進されている。地質のデータといえば位置情報を持ち、共有されることがスタンダードになる日も遠くないかも知れない。それら位置情報付きオープンデータを重ね合わせるのは一瞬である。そうすれば新しいデータを反映した地質図の更新も容易である。こうして多くの人の一部を分担することにより大きな成果物を完成させるしくみは、オープンソースソフトウェア等で既に実績がある。近い将来、様々な分野でデジタルツインが作られることが予想されるが、地質の分野でも最新・最良の地質図を構築・共有し、専門家や一般ユーザーでさえも広く改良・更新に貢献できるしくみが確立されることを期待したい。

#### 参考資料

1: 特殊地質図41 栃木県シームレス地質図. 地質調査総合センター.

[https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/misc\\_doc/misc\\_41.htm](https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/misc_doc/misc_41.htm)

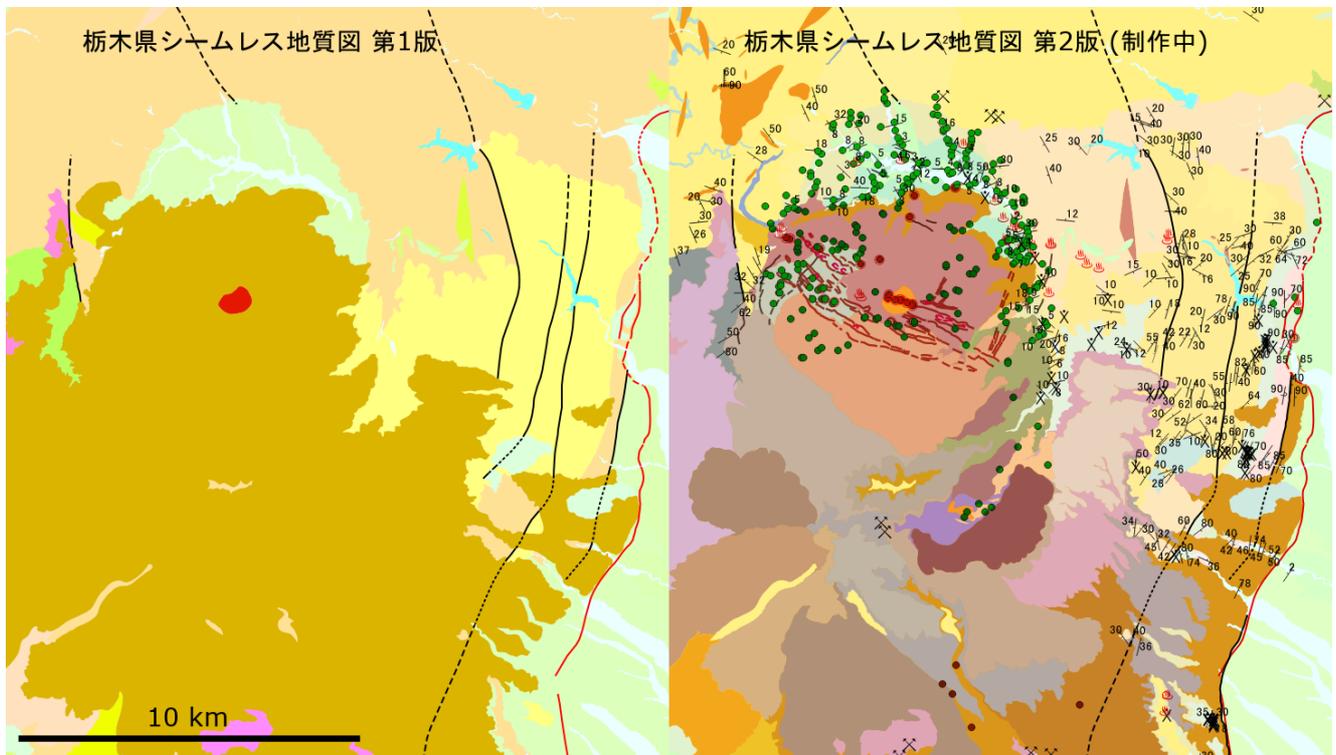
2: 吉川敏之(2020) 栃木県シームレス地質図 ~新たな地質図の試み~. GSJ地質ニュース, vol. 9, 83-89.

[https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj\\_cn\\_vol9.no4\\_p83-89.pdf](https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj_cn_vol9.no4_p83-89.pdf)

## 3: 日本シームレス地質図V2凡例

<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2/legend.html>

Keywords: geologic map, Tochigi Prefecture, DX, digital twin, open access, NSDI Act, cloud sourcing



## Outline of geology of the Wake District (Okayama Prefecture): Quadrangle Series, 1:50,000

\*Daisuke Sato<sup>1</sup>, Koji Wakita<sup>2,1</sup>, Yoshinori Miyachi<sup>1</sup>

1. GSJ, AIST, 2. Yamaguchi Univ.

岡山県南東部の「和気」地域（行政区：岡山市，赤磐市，和気郡和気町，瀬戸内市，備前市）について，2015年から4年間実施した地質調査に基づき，5万分の1地質図幅を作成した．本地域の地質は，ペルム紀の舞鶴帯及び超丹波帯，ジュラ紀の丹波帯，後期白亜紀火山岩類及び貫入岩類，古第三紀の吉備層群及び第四紀堆積物から構成される．

本地域の舞鶴帯は，苦鉄質岩を主体とし，砂岩及び泥岩を僅かに伴っている．これらの岩石からなる地層を，ペルム系舞鶴層群下部に対比にし，大盛山層と命名した．

超丹波帯は，万富ユニット・江尻ユニット・虫明ユニットからなる．万富ユニットは，北側の舞鶴帯大盛山層と断層で接し，南側の江尻ユニットとも断層で接する．チャートを伴い，剥離性が強く発達している泥質混在岩からなる混在相が主体で，砂岩泥岩互層や塊状砂岩からなる整然相を伴う．江尻ユニットは，砂岩泥岩互層や塊状砂岩からなる整然相が主体で，泥質混在岩を僅かに伴うが，チャートは挟在しない．砂岩はしばしば緑がかった灰色を特徴的に呈する．虫明ユニットは，剥離性が発達していない泥質混在岩からなる混在相が主体で，砂岩泥岩互層や塊状砂岩からなる整然相を伴う．スランプ褶曲などの未固結時変形が顕著で，礫岩を伴う．チャートは挟在しない．放散虫化石及びジルコンU-Pb年代から，これらの堆積時期は中～後期ペルム紀と推定される．

丹波帯は，本地域北東端部と東端部に僅かに分布し，隣接図幅に連続する五石川ユニットからなる．剥離性の発達した泥質混在岩を主体とし，チャートの小岩体を挟有する．本地域北隣の「周匝」地域内で採取された砂岩中の碎屑性ジルコンのU-Pb年代は，前期ジュラ紀を示す[1]．

本地域の後期白亜紀火山岩類は，岡山県南東部から兵庫県南西部にかけて連続的に分布するものの一部で，主に陸上堆積の火砕流堆積物からなり，溶岩や湖成堆積物を伴う．分布，岩相，層序関係及び年代測定に基づいて，活動時期の古い方からシャヤマ山層，高砂山層，日生層，道々山層，和気層，鴨前層及び邑久層の7つに区分される．層序・貫入関係及びジルコンU-Pb年代から推定されるこれらの形成年代は95～72 Maである．本地域の火山岩類について，各層の地層境界は下位層と高角で接するか地層境界に岩脈が貫入することが多く，火山地形を残してはいないが一部は当時のカルデラ（コールドロン）をなしていたと推定される．

後期白亜紀貫入岩類は，分布，岩相，貫入・被覆関係から，四辻山花崗岩，長島花崗岩，操山花崗岩，仁堀花崗岩，百枝月石英閃緑岩，長船花崗岩及び妙見山花崗閃緑岩の7つの花崗岩類岩体と岩脈類に区分される．これらは，先白亜紀の岩石や後期白亜紀火山岩類に貫入するが，一部は火山岩類に覆われる．そこで，本地域の貫入岩類を貫入時期及び岩相から貫入岩類I，II，IIIの3つに大別した．貫入岩類Iは，後期白亜紀火山岩類及び花崗岩類に被覆又は貫入される岩体及びこれらと同時期と推定される岩体からなり，四辻山花崗岩，長島花崗岩，操山花崗岩及び仁堀花崗岩がこれに含まれる．貫入岩類IIは，貫入岩類Iを被覆する後期白亜紀火山岩類に貫入する岩体，貫入岩類Iに貫入する岩体及びこれらと同時期と推定される岩体で，百枝月石英閃緑岩，長船花崗岩及び妙見山花崗閃緑岩からなる．貫入岩類IIIは，岩脈類で貫入岩類I，IIに貫入し，一部は貫入岩類IIに貫かれる．

吉備層群は，中国山地から瀬戸内海沿岸にかけて点在する礫岩主体の河川成堆積物のうち，吉備高原周辺に分布する礫岩層について命名された[2]．吉備層群は，当時の谷地形を埋積する堆積盆ごとに地層区分されており，本地域の礫岩層は岡山県東部の吉井川と並行して南北数10 kmにわたり分布する周匝層[2]に属する．本層の岩石は，大規模な宅地造成により，露頭の多くが失われている．周匝層の堆積年代は，礫岩層に挟在する凝灰岩層から34.3 Ma (FT年代) [2]及び32.61 Ma (U-Pb年代) [3]のジルコン年代が報告されており，始新世末期～漸新世初頭頃と考えられる．

本地域の第四系は，後期更新世～完新世の扇状地堆積物と完新世の緩斜面堆積物及び沖積層からなる．沖積層は，吉井川などの河川沿いに分布し，層厚は本地域南西部で5～10 m程度である．

## 引用文献

- [1] 佐藤・脇田 (2021) 地質学雑誌, 127, 245-250.
- [2] Sonehara et al. (2020) Scientific Reports, 10, doi: 10.1038/s41598-020-60448-x.
- [3] 鈴木ほか (2003) 地学雑誌, 112, 35-49.

Keywords: Areal geology, geological map, Wake, Okayama

## (entry) Radiolarians and detrital zircon U-Pb age from the Hebiki Unit in the Northern Chichibu Belt, the Kanto Mountains, central Japan.

\*Kazushi OKABE<sup>1</sup>, Yukiyasu TSUTSUMI<sup>2</sup>, Yoshihito KAMATA<sup>1</sup>

1. University of Tsukuba, 2. National Museum of Nature and Science

### はじめに

関東山地に分布するジュラ紀の付加体である北部秩父帯は、傾斜角度などの構造的な特徴から主部と南縁部に区分されてきた（例えば、大久保・堀口，1969）。久田ほか（2016）は、蛇紋岩が欠如するといった黒瀬川帯との相違点を挙げながらも、南縁部が黒瀬川帯に属する可能性を指摘している。つまり北部秩父帯内における主部と南縁部の境界は、地質学的に大きな境界である可能性がある。

南縁部の住居附ユニットはKamikawa et al. (1997)により構成岩の堆積年代が求められている一方、同じく南縁部を構成する蛇木ユニットからは、ジュラ紀前期を示す放散虫化石が数か所報告されているのみである（久田・岸田，1987；Kamikawa et al., 1997；松岡ほか，1998）。蛇木ユニットは、主部や南縁部の他のユニットと比較し、構成岩の年代報告が少なく、他のユニットとの比較やその境界の議論は不十分である。そこで本研究では、群馬県上野村から埼玉県小鹿野町にかけて分布する北部秩父帯蛇木ユニットを対象として、放散虫化石と碎屑性ジルコンのU-Pb年代を用いた構成岩の堆積年代の推定を行った。

### 手法

蛇木ユニット中の珪質頁岩 5 試料（久田・岸田，1987の珪質頁岩を含む）と、チャート 28 試料，頁岩 26 試料をフッ酸処理し、放散虫化石の抽出を試みた。

碎屑性ジルコンは、蛇木ユニット中の砂岩 2 試料から分離し、国立科学博物館のLA-ICP-MSにより年代測定を行った。採取した試料はいずれも岩片の少ないアレナイトで、鉱物比（組成）が類似する。

### 結果

蛇木ユニット中の珪質頁岩 5 試料からは、Sinemurian～Pliensbachianを示す放散虫化石を得た。チャートの 4 試料からは三畳紀後期のCarnian～Norianを示す放散虫化石が、1 試料からはペルム紀後期を示す放散虫化石が得られた。頁岩からは放散虫化石を得られなかった。

碎屑性ジルコンが示すU-Pb年代の結果は、2 試料とも約 230-280 Maのピークが顕著であった。また、最も若い単一粒子の年代はそれぞれ  $223.4 \pm 3.5$  Ma,  $230.4 \pm 2.9$  Maであった。

### 考察

通常ジュラ紀付加体の構成岩から復元される海洋プレート層序では、碎屑岩の堆積年代は半遠洋性～遠洋性の堆積年代よりも若くなるのが一般的である（例えば、脇田，1997）。したがって、蛇木ユニットの碎屑岩類（砂岩や頁岩）の堆積年代は、Sinemurian以降と期待される。しかし、砂岩中の碎屑性ジルコンによって求められた年代は、放散虫化石によって求められた珪質頁岩の堆積年代よりも古い。

中間ほか（2010）によると、日本列島では、400-520 Ma, 210-280 Ma, 160-190 Ma, 90-110 Ma, 60-80 Maの 5 回の断続的な花崗岩バソリス帯が形成された。蛇木ユニット中の碎屑性ジルコンに見られる 225-280 Maのピークは、このうち、210-280 Maの花崗岩バソリス帯の影響を受けたと考えられる。一方で蛇木ユニットの砂岩には 160-190 Maの粒子が全く含まれない。これは何らかの地形的バリアーの影響により蛇木ユニットに 160-190 Maを示す碎屑性ジルコンが堆積しなかったか、または、蛇木ユニットが 160-190 Maを示す碎屑性ジルコンが堆積する前に沈み込んだことが考えられる。

今後は得られた構成岩の堆積年代とそれに基づき復元された海洋プレート層序を用いて、蛇木ユニットと同じく南縁部の住居附ユニット、主部の上吉田ユニット・柏木ユニットとを比較検討していく予定である。

**引用文献**

大久保・堀口（1969），5万分の1地質図幅「万場」.

久田ほか（2016），地質学雑誌，122，325-342.

Kamikawa et al. (1997), *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba Sec. B*, 18, 19-38.

久田・岸田（1987），地質学雑誌，93，521-523.

松岡ほか（1998），地質学雑誌，104，634-653.

脇田（1997），地球科学，51，300-301.

中間ほか（2010），地学雑誌，119，1161-1172.

Keywords: Chichibu Belt, Jurassic accretionary complex, radiolarian fossils, zircon

## Middle Jurassic radiolarians from clastic facies interbedded between seamount facies in Kuzu area of the Ashio Belt, central Japan

\*Yoshihito Kamata<sup>1</sup>, Akitake Uesako<sup>2</sup>

1. The University of Tsukuba, Faculty of Life and Environmental Sciences, 2. The University of Tsukuba, College of GEOSCIENCE

栃木県佐野市周辺はジュラ紀付加体の構成岩類が分布し足尾帯南部に相当する。当地域は馬蹄形に分布するペルム系玄武岩類-石灰岩を特徴とし、周辺には三畳系-ジュラ系のチャート-碎屑岩相が分布する。これらはユニット1~3に区分され、ユニット1および3はチャート-碎屑岩相から、ユニット2はペルム系玄武岩-石灰岩からなり(鎌田, 1997)、後者のペルム系玄武岩類-石灰岩は海山相に相当する(例えば, Muto et al., 2021)。ユニット2の最上部では石灰岩の裂罅を埋めるように、また石灰岩を覆うように重なる珪質頁岩が知られ、中期ジュラ紀放射虫が報告されている(指田ほか, 1982など)。最近演者らの調査において、ユニット2の中部で石灰岩および玄武岩類に挟まれた珪質頁岩および砂岩頁岩互層が確認され、珪質頁岩から放射虫化石を得られた。本発表ではその年代と産出意義について検討する。調査地域は佐野市会沢町の住友大阪セメント(株)栃木工場唐沢鉱山で、鉱内には層序的下位から①苦灰岩質石灰岩(層厚50m以上)-②珪質頁岩(層厚約1m)-③砂岩泥岩互層(層厚約20m)-④凝灰岩(層厚約20m)-⑤層状石灰岩(層厚60m以上)が露出する。⑤層状石灰岩は④凝灰岩に整合に重なる。②珪質頁岩はやや凹凸のある面を覆うように重なり、粒径数cm~10cm程度のレンズ状岩塊を含む。②-③、③-④は断層で接する。最下位の苦灰岩質石灰岩は塊状、一部結晶質で化石片をほとんど含まない。珪質頁岩は暗緑色~黒色で弱いへき開が発達する。薄片観察では細粒の石英や黒雲母片が極細粒の粘土鉱物の基質に含まれ、後述する放射虫化石を含んでいる。砂岩頁岩互層は破断し、泥質部にへき開面が発達する。砂質部は細粒で淘汰の良い石英アレナイトで、その岩相はユニット1の砂岩頁岩互層に類似している。凝灰岩は赤色・赤紫色の固結度の低い基質中に、様々な粒径(直径数cm~数m)の玄武岩岩塊および少量の石灰岩岩塊も含む。最上位の層状石灰岩は単層の厚さ5~20cm程度で成層した薄褐色・灰褐色石灰岩で、化石片を多数含む。挟在する珪質頁岩からは、保存良好の放射虫化石が多数産出した。主要なものは*Striatojaponocapsa plicarum* Yao, *Striatojaponocapsa synconexa* O'Dogherty, Goričan and Dumitrica, *Japonocapsa fusiformis* Yaoなどで、Matsuoka and Ito (2019)によれば、ジュラ紀中世の*Striatojaponocapsa plicarum* 帯(JR4)に相当し、その堆積年代はBajocian~early Bathonianと推定される。前述の各岩相の特徴から、①苦灰岩質石灰岩は羽鶴苦灰岩部層(藤本, 1961)に、⑤層状石灰岩は山菅石灰岩部層(藤本, 1961)に比較される。③砂岩泥岩互層の特徴は、ユニット1の砂岩泥岩互層(会沢層)に類似する。従ってペルム系石灰岩の間にジュラ系珪質頁岩および砂岩泥岩互層が挟在する。これまで羽鳥(1965)を始め、柳本(1973)、猪郷ほか(1976)、およびAono(1985)などでペルム系石灰岩に挟在する碎屑岩相が地質図に図示されている。しかしその層序関係や年代論は十分ではない。本研究で明らかになったジュラ系中部の珪質頁岩は、これまで石灰岩層の最上位に報告されていた放射虫を含む珪質頁岩に対比されるものであり、玄武岩類(出流層)-石灰岩層(鍋山層)-中部ジュラ系珪質頁岩から構成される海山相が構造的に重複していることを示すと考えられ、挟在する碎屑岩相と海山相の層序関係を明らかにすることは、ジュラ紀付加体における海山付加の様子を検討する上で重要と考えられる。文献: Aono, H., 1985, *Sci. Rep. Univ. Tsukuba, Sec. B (Geological Sciences)*, 6, 21-57. 藤本治義, 1961, 5万分の1地質図幅「栃木」同説明書, 地質調査所, 62p. 羽鳥晴文, 1965, 地質雑, 71, 247-256. 猪郷久治・青木利枝子・細井さち彥, 1976, 東京学芸大学紀要, 第4部門, 数学・自然科学, 28, 226-236. 鎌田祥仁, 1997, 地質雑, 103, 343-356. Matsuoka, A. and Ito, T., 2019, *Sci. Rep., Niigata Univ. (Geology)*, no.34, 49-57. Muto, S., Okumura, Y. and Mizuhara, T., 2021, *Paleontological Research*, 25, 105-119. 指田勝男・猪郷久治・猪郷久義ほか, 1982, 大阪微化石研究会誌, 特別号, 5, 51-66. 柳本 裕, 1973, 地質雑, 79, 441-451.

Keywords: Jurassic accretionary complex, radiolarians, Ashio Belt



# (entry) Intrusion of serpentinite along the Cretaceous and the unconformity of serpentinite in the Chichibu belt, Yusuhara, Kochi Prefecture

\*Kengo Nishikawa<sup>1</sup>, Tomohiro Tsuji<sup>1</sup>

1. Yamaguchi Univ.

【はじめに】高知県北西部に位置する梶原町では西南日本外帯において最大級の蛇紋岩層が分布する。その中でも、本調査地域の田野々-横貝地域ではペルム紀からジュラ紀の付加体および白亜紀堆積岩類（香西ほか、1991）の幅広い年代の地層が複雑な構造運動を経て存在している。そのため、同地域に分布する蛇紋岩層の定置時期を制約するうえで適している。本調査地域はIshizaki(1962), 村田・前川(2013), 辻(2014)などにより地質調査が行われている。これらの論文より、構造的な解釈はされているものの、蛇紋岩に注目した研究はされていない。また、秩父帯内および黒瀬川帯に属する地域での蛇紋岩は、九州ではペルム紀堆積岩類（有田ほか、2001）、四国、関東では物部川層相当層の白亜紀堆積岩類中に蛇紋岩礫（土谷、1982；久田・荒井、1986；石田ほか、1996）および不整合露頭が複数発見されている（平内ほか、2006）。これらの研究では蛇紋岩の定置時期は物部川相当層の堆積時期である前期白亜紀以前とする。一方、同白亜紀堆積岩類を蛇紋岩が構造的に切っているという報告もある（甲藤ほか、1960；Hirauchi, 2006）。その中でも、（土谷 1982, 平内ほか 2006）は複数回の蛇紋岩の定置イベントがあったとしている。

【研究目的】本研究では蛇紋岩層と周辺地層の構造的関係を紐解くことより、調査地域での蛇紋岩の定置年代を制約することを目的とする。

【研究手法】白亜紀堆積岩類を含む田野々層および太田戸層の分布域を含む東西5km×南北4km程度の範囲で地表踏査を実施した。具体的には、岩相、分布の把握、構造データの取得を行い、ルートマップ、地質図、地質断面図を作成した。また、試料採取、薄片観察により岩石鑑定、構成鉱物の同定を行った。特に、蛇紋岩の変形構造や断層が見られた場合には、剪断センスの決定を試みた。

【地質概要】本調査地域を、北から南にかけて、混在岩主体であるUnitA、準片岩類主体のUnitB、白亜紀堆積岩類、混在岩主体であるUnitC、鳥巢石灰岩が分布するUnitD、その南側のUnitEに区分した。また、白亜紀堆積岩類とUnitCとの境界に推定断層を設けた。

【結果】地質調査の結果、東西方向に連続して続き、白亜紀堆積岩類を構造的に切るように分布する蛇紋岩と、蛇紋岩と礫岩の不整合露頭を発見した。不整合露頭は境界上部が礫岩、下部が蛇紋岩である。この境界では、礫岩が下位的構造である蛇紋岩を削剥するチャンネル構造が見られた。礫種としては、砂岩、泥岩、チャート、蛇紋岩を含むマトリックスサポートであり、淘汰は悪い。角礫～亜円礫、1-3cmの礫、および、大礫も存在する。基質は細粒で暗灰色から明灰色を呈すものである。対して、蛇紋岩は複数のブロックを含む構造である。

蛇紋岩の剪断センスとして、UnitAとの接合面では一概にTop to Southのスラストセンスを示し、不整合付近では、剪断センスは不揃いであるが、高角な南傾斜を示した。

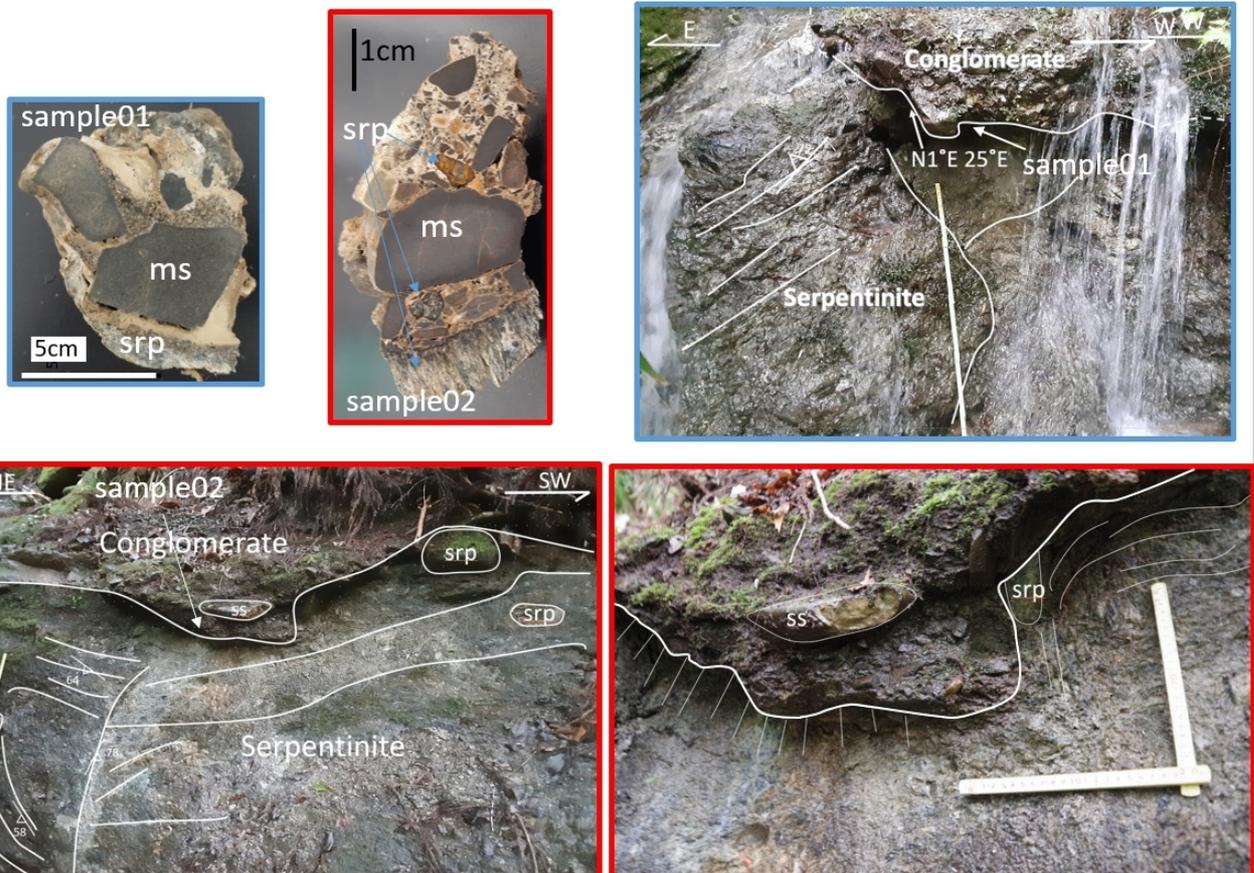
【考察】白亜紀堆積岩類を切るように蛇紋岩が分布していることから、蛇紋岩の定置時代は前期白亜紀以降と考えられる。一方、蛇紋岩と礫岩の不整合露頭からは、礫岩の形成年代を詳細に決定することにより、蛇紋岩の定置時代の特定が検討できる可能性がある。他地域同様、不整合露頭の分布としては、白亜紀堆積岩類の基底部付近であるため、蛇紋岩の定置時代は前期白亜紀以前と予察できるが、露頭観察の結果としては、別環境下で形成された可能性がある礫岩という結果を得たため、蛇紋岩の定置時代は現段階では不詳であるとしている。この礫岩の年代次第では、複数回の蛇紋岩の定置を考察している土谷（1982）と平内ほか（2006）の見解と類似した検討が可能である。さらに、その詳細な定置時代は本研究でより詳細に明らかになると思われる。

引用文献

有田ほか（2001）地質学雑誌,107,749-754. 石田ほか（1996）徳島大総合科学自然科学研究, 9, 23-47.

Ishizaki (1962) Science reports of the Tohoku University, Second series. 134-136. 甲藤ほか (1960) 20万分の1高知県地質鉱産図及び同説明書. 香西ほか(1991) 高知大学学術研究報告, 40. 辻 (2014) 愛媛大学大学院理工学研究科数理物質科, 博士論文. 土谷 (1982) 地質調査所月報, 33, 381-387. 久田・荒井 (1986) 地質学雑誌. 92, 391-394. 平内ほか (2006) 地質学雑誌, 112, 452-45. Hirauchi (2006) Island Arc, 15, 156-164. 村田・前川 (2013) 徳島大学ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部, 27, 89-98.

Keywords: serpentinite, Chichibu Belt, Intrusion, unconformity, Yusuhara



## (entry) The origin of large chert blocks in the western part of the Matsumoto Basin, Nagano Prefecture: altered mineral and $^{10}\text{Be}$ age

\*Erika UEYAMA<sup>1</sup>, Kohki YOSHIDA<sup>1</sup>, Maarten LUPKER<sup>2</sup>

1. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 2. ETH Zürich - Geological Institute

長野県松本盆地西部の梓川沿いには、長径数メートル以上の巨大岩塊が複数分布している。特に、松本盆地の中央、松本市梓川倭には長径約7メートルのチャート岩塊が定置しており、これは火打岩として知られている(原山ほか, 2009)。また、松本市波田には三ツ岩と呼ばれる長径約8メートルのチャート岩塊が位置している。どちらも美濃帯付加コンプレックスのチャートとされる(原山ほか, 2009)。これらの岩塊の起源について、基盤岩の高まりであるのか、または運搬された転石であるのか議論が続いている。梓川村誌編さん委員会(1993)では火打岩について、推定される河川流量では運搬されないほどの岩体の規模であることから基盤岩の高まりであると結論付けた。しかし、地震による斜面崩壊や、現在推定される流量を上回る洪水などを考慮した場合、運搬された転石である可能性についても否定はできない。また、三ツ岩についても基盤岩の高まりであるとされている(松本市特別天然記念物指定内容より)が、明確な根拠は挙げられていない。以上より、本研究ではこれら二つの岩塊について、基盤岩の高まりと転石の可能性を踏まえ起源を推定するため、二つの岩塊の薄片観察に加え、岩塊との比較のため梓川上流で採取した転石試料の薄片観察、エネルギー分散型X線分析、さらに宇宙線生成核種である $^{10}\text{Be}$ を用いた露出年代の測定を用いて検討を行った。

チャート岩塊について薄片を作成し観察した結果、どちらもの岩塊も熱変成作用を受けていることがわかった。火打岩では放射虫仮像の長径が大きく、小型の放射虫仮像が消失していたが、三ツ岩では大小さまざまな放射虫仮像が認められた。またEDS分析の結果、火打岩の脈鉱物としてカリ長石が含まれていることがわかった。これらのことから火打岩は三ツ岩より高温の変質を受けたと考えられる。

チャート岩塊との比較のため、梓川において礫サイズのチャートの転石を3地点で採取し、薄片を作成した。鏡下観察の結果、これらの転石には変成鉱物として黒雲母や方解石、チタン酸化物が認められた。よって、これらのチャートの転石はより強い熱変成作用を受けているといえる。

さらに、チャート岩塊が現在の地点に露出した年代を推定するため、宇宙線生成核種による分析を行った。この測定は、宇宙から降り注ぐ放射線が岩石や堆積物の表面と反応し作り出す宇宙線生成核種を測定するものである。測定の結果、火打岩では $6.95 \pm 0.74$ (Ka)、三ツ岩では $4.13 \pm 0.5$ (Ka)という年代が得られた。

周辺の地質を考慮すると、チャート岩体に熱変成作用を与えたのは梓川上流に位置する奈川花崗岩体であるとされる。しかし三ツ岩は火打岩より花崗岩に近いにもかかわらず、高温の変質鉱物が出現することは説明できない。このことから、二つの岩塊は、どちらも異地性の岩塊、一方が異地性の岩塊である可能性がある。

一方、 $^{10}\text{Be}$ が示す露出年代は4~7Kaと推定される。青木(2000)は木曾山脈において最終氷期での地形形成を報告したが、これと比べても本研究での露出年代は有意に若いといえる。基盤岩の高まりである場合、最終氷期の下刻作用で露出しなかったこれらの岩塊が4~7Ka頃に、なんらかの浸食作用を受け露出したと考えられる。また異地性の岩塊である場合、4~7Ka頃に長径数メートル以上の巨大岩塊を運搬するような大規模な斜面崩壊や重力流が生じたと考えられる。

### 引用文献

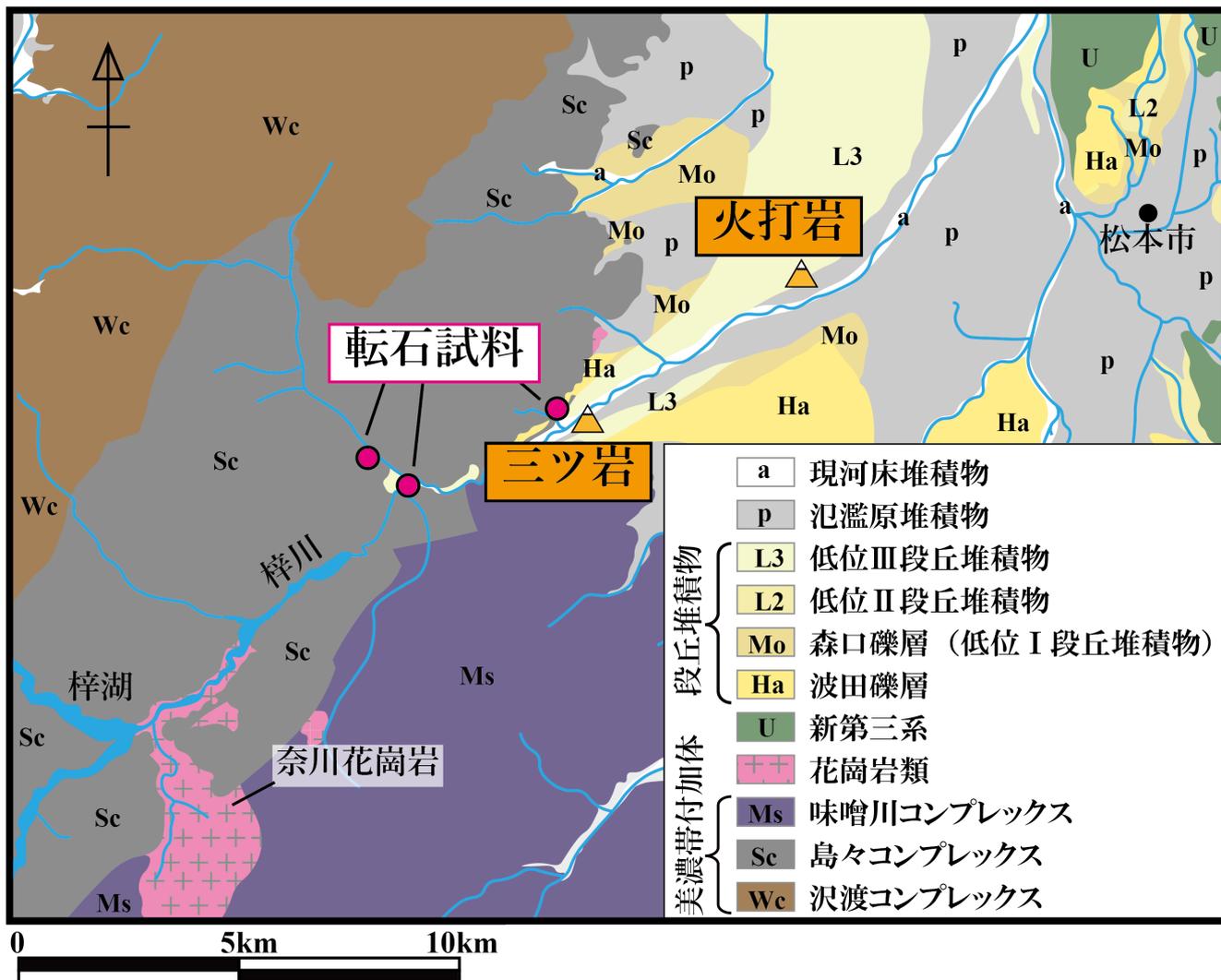
青木賢人, 2000,  $^{10}\text{Be}$ 露出年代法を用いた氷成堆積物の形成年代の測定—木曾山脈北部, 千畳敷

カール・濃ヶ池カールの事例—, 第四紀研究, 39(3) 189-198.

梓川村誌編さん委員会, 1993, 梓川村誌 自然・民族編, 第1章 地形・地質, 7-54.

原山 智・大塚 勉・酒井潤一・小坂共栄・駒澤正夫, 2009, 松本地域の地質 地域地質研究報告. 5万分の一 地質図幅 金沢 (10), 第46号NJ-53-6-3, 独立行政法人, 産業技術総合研究所, 地質調査総合センター.

Keywords: Mass movement, Debris flow, Mino accretionary complex,  $^{10}\text{Be}$  age



火打岩・三ツ岩・転石試料の採取位置

## Lower Cretaceous formations of the Kema Terrane, Primorsky Krai, Russian Far East

\*Shigeru Otoh<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nagata<sup>2</sup>, Masashi Aoyama<sup>3</sup>, Takuya Harada<sup>2</sup>, Koh Kubomi<sup>2</sup>, Kohki Bando<sup>4</sup>, Jun Sugiyama<sup>4</sup>, Alexander Kudymov<sup>5</sup>, Mikhail Arkhipov<sup>5</sup>, Alexei Didenko<sup>5</sup>

1. Faculty of Sustainable Design, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 3. Japan Geocommunications Co., Ltd., 4. Faculty of Sustainable Design, Univ. of Toyama, 5. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Science

**1. はじめに** ケマ帯は、極東ロシア沿海地方～ハバロフスク地方の日本海側に位置し、前期白亜紀バレミアン期からアルビアン期の陸源堆積岩層より構成される。これらバレミアン～アプチアン階は、北海道の礼文－樺戸帯を含む、モネロンーサマルガ島弧系の背弧海盆の堆積岩層と位置付けられている (Malinovsky et al., 2005, 2008)。筆者らは、2019年7月に、沿海地方ケマ川沿いの本帯の模式ルートを概査する機会を得て、採取した砂岩試料の碎屑性ジルコン年代分析を開始した。本発表では、その調査及び分析の概要を報告する。

**2. 地質概説および試料** ケマ川沿いのケマ帯の地層は、概ね東西～北東走向で、大局的に南傾斜・南上位の構造をとる。調査した地層は、見かけ下位よりメアンドロフスカヤ層 (Meandrovskaia Formation) とケムスカヤ層 (Kemskaia Formation) に区分される (Malinovsky et al., 2005, 2008)。岩相層序の詳細は、Malinovsky et al. (2005, 2008) に譲る。産出する二枚貝及びアンモナイト化石より、メアンドロフスカヤ層はバレミアン?～下部アプチアン階に、ケムスカヤ層は下部アプチアン～上部アルビアン階にそれぞれ対比される (Markevich et al., 2000 in Malinovsky et al., 2005, 2008)。ケマ川沿いのメアンドロフスカヤ層から砂岩2試料 (試料M1: 45° 51' 56.5" N, 136° 49' 12.0" E; 試料M2: 45° 50' 55.8" N, 136° 48' 58.1" E), ケムスカヤ層下部層から砂岩1試料 (試料K1: 45° 47' 02.6" N, 136° 47' 29.2" E), およびケムスカヤ層上部層から砂岩1試料 (試料K2: 45° 40' 18.8" N, 136° 45' 46.7" E) をそれぞれ採取した。

**3. 手法** 採取した砂岩試料よりジルコンを抽出し、名古屋大学大学院環境学研究科設置のレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置 (LA-ICPMS) でジルコンのU-Pb同位体分析を行った。測定したジルコン年代より算出した $(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U age})/(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U age})$ 値が0.9～1.1に収まるものをコンコードント粒子と判断した。

### 4. 結果

**試料M1** ジルコン96粒子を分析し、内66粒子のデータをコンコードントと判断した。320–176 Ma及び860–620 Maのジルコンが見られ、コンコードント粒子の約75%が2600–1500 Maの年代となった。最若粒子の $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代 (YSG) は $176.1 \pm 5.1$  Maであった。

**試料M2** ジルコン94粒子を分析し、内75粒子のデータをコンコードントと判断した。コンコードント粒子の約25%が260–170 Ma, 約60%が2350–1500 Maとなった。また、300–100 Maのジルコンも見られた。YSGは $170.1 \pm 4.8$  Maであった。

**試料K1** ジルコン95粒子を分析し、内72粒子のデータをコンコードントと判断した。コンコードント粒子の約37%が280–116 Ma (150–100 Maはコンコードント粒子の10%), 約50%が2150–1500 Maとなった。また、1250–800 Ma, 2300–2200 Ma, 2500–2400 Maのジルコンも見られた。YSGは $116.1 \pm 4.2$  Maであった。

**試料K2** ジルコン119粒子を分析し、内86粒子のデータをコンコードントと判断した。コンコードント粒子の約45%が320–105 Ma (150–100 Maはコンコードント粒子の6%), 約37%が2150–1500 Maとなった。また、1520–480 Ma, 2350–2200 Ma, 3350–2650 Maのジルコンも見られた。YSGは $105.3 \pm 2.5$  Maであった。

**5. 考察** 今回の碎屑性ジルコン年代のYSGは、従来化石から推定されていた各層の時代に矛盾することはなく、ケマ川沿いの下部白亜系に付加体に見られるような逆転構造は今のところ検知されない。また、150–100 Maの碎屑性ジルコンの含有比率が10%以下だったことから、今のところ、礼文－樺戸帯を含むモネロンーサ

マルガ島弧系からの碎屑性ジルコンの供給は限定的だったと解釈している。

**引用文献** Malinovsky et al., 2005: *Lithology Mineral Resour.*, **40**, 429–447 / Malinovsky et al., 2008: *Isl. Arc*, **17**, 285–304 / Markevich et al., 2000: *Early Cretaceous Deposits in the Sikhote-Alin Region*. Dalnauka (in Russian).

Keywords: Russian Far East, Lower Cretaceous, Kema Terrane, detrital zircon, U-Pb age

---

Poster | R6 [Regular Session]Geopark

## [1 poster38-39] R6 [Regular Session]Geopark

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

[R6-P-1] Survey and research activities of Itoigawa UNESCO Global Geopark in cooperation with research institutes. Efforts to connect research to value discovery, protection and conservation, and outreach activities

\*Takahiko Ogawara<sup>1</sup>, Takuma Katori<sup>2</sup>, Yousuke Ibaraki<sup>1</sup>, Ko Takenouchi<sup>1</sup>, Takeo Kobayashi<sup>2</sup> (1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa City Hall Geopark Promotion Office)

4:30 PM - 7:00 PM

[R6-P-2] A practical study of an intensive and experiential undergraduate course in San'in Kaigan UNESCO Global Geopark at the University of Hyogo: Geopark and Community

\*Kyohei SANO<sup>1</sup>, Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Yoshihiro Kikuchi<sup>1,2</sup>, Norihito Kawamura<sup>1</sup> (1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. National Institute of Technology, Sendai College)

4:30 PM - 7:00 PM

## Survey and research activities of Itoigawa UNESCO Global Geopark in cooperation with research institutes. Efforts to connect research to value discovery, protection and conservation, and outreach activities

\*Takahiko Ogawara<sup>1</sup>, Takuma Katori<sup>2</sup>, Yousuke Ibaraki<sup>1</sup>, Ko Takenouchi<sup>1</sup>, Takeo Kobayashi<sup>2</sup>

1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa City Hall Geopark Promotion Office

新潟県糸魚川市は、国石に認定された宝石「ヒスイ」や、日本列島を東西に分断する大断層である糸魚川-静岡構造線など、地質資源に恵まれた町である。2009年には、日本初の世界ジオパークに認定され、地質資源を活かした研究・教育を基礎にした地域社会づくりを実践している。

糸魚川市には、地質系の学芸員が5名在席し、各々の専門分野を活かした研究活動を推進している。専門分野の内訳は、構造地質学2名、古生物学1名、堆積学1名、鉱物学1名であり、年齢層は、50代が1名、40代が1名、30代が1名、20代が2名と専門分野の多様性ととも、年齢層においても重複がないよう計画的に雇用し、持続的な研究活動が推進できる体制を構築している。

糸魚川ジオパーク協議会では、研究活動において、研究機関との連携を強化してきた。2013年には、新潟県内の上越教育大学と包括連携協定を締結し、0才から18才までの子ども一貫教育方針のもとでのジオパーク学習の推進において連携している。環境省信越自然環境事務所とは2013年に連携協定を締結し、記念講演会や国立公園写真展の開催、体験イベントや体験学習などで連携している。新潟大学とは、2016年に包括連携協定を締結し、さらに2020年に糸魚川フォッサマグナミュージアムが新潟大学理学部のサテライトミュージアムとなった。恐竜化石の発見をめざした中生界の地質・化石調査やダブルホーム活動、シンポジウムの開催、こども学迎員による糸魚川ジオパークの解説パネルの理学部サイエンスミュージアムへの展示、理学部のインターン生の受入など幅広い分野で連携を深めている。

本稿では、研究機関と協力した調査研究活動によって生まれた新発見が、その後の保護保全活動やアウトリーチ活動に繋がった例を紹介する。

2020年に、糸魚川市内でコスモクロア輝石と呼ばれる貴重な鉱物の露頭が発見された。この露頭は、アマチュア鉱物研究家の大木氏と鈴木氏により発見され、糸魚川ジオパークにもその情報がもたらされた。フォッサマグナミュージアムでは、露頭の現場を確認し、島根大学の高須名誉教授、新潟大学の植田准教授とともに、露頭の科学的価値を検討した。

その結果を踏まえて、2020年7月3日に市の天然記念物に露頭を指定し、監視カメラや柵の設置を実施した。今回のコスモクロア輝石の露頭の実見では、大学の研究者とうまく連携することにより、露頭の科学的価値を解明し、迅速に保護保全活動に結びつけることができた。

この露頭では、現在でも大学による調査研究活動が続けられており、その成果の一部は糸魚川フォッサマグナミュージアムでの講演会や現地見学会にも活かされている。

2021年は、糸魚川市内の日本海に面する親不知から北アルプスの朝日岳や白馬岳へと続く、縦走路「梅海(つがみ)新道」が開通し50周年の節目の年となる。糸魚川ジオパーク協議会と糸魚川フォッサマグナミュージアムは、文化庁の「地域と協働した博物館活動助成事業」に採択され、梅海岳友会など地元山岳団体や糸魚川市観光協会、新潟大学、上越教育大学、糸魚川市理科教育センターと協力し、博物館での特別展の開催と、梅海新道の学術調査を実施している。

梅海新道の朝日岳(標高2,418m)付近は、急峻な地形のため、地質調査や動植物の調査がほとんど実施されていない。今回、文化庁の補助事業を活用し、新潟大学、上越教育大学、産業技術総合研究所、糸魚川市理科教育センター、糸魚川フォッサマグナミュージアムでの合同調査を実施することができた。これは、糸魚川ジオパーク協議会が締結してきた連携協定の成果であり、調査結果は、地域の保護保全活動やジオサイトの認定に

活用される予定である。

ジオパーク活動は、学術的知見をジオサイトや発行する印刷物や展示物、講演会など幅広い内容で活用し、多くの方に普及できる仕組みがある。また、地域の博物館など研究施設には、地元住民やアマチュア研究者を含めたコミュニティが形成されており、分野を問わず地域課題を探求し蓄積していくことができ、天然記念物や国立公園の範囲など、研究をする上で必要な許可申請についても豊富な知識を持つ。

ジオパークが進めている活動は、研究機関の調査研究活動の助けになるだけでなく、アウトリーチ活動の場としても研究機関にとって重要であるといえる。

Keywords: Itoigawa UNESCO Global Geopark, Fossa Magna Museum, Kosmochlor, Mt. Asahi

# A practical study of an intensive and experiential undergraduate course in San'in Kaigan UNESCO Global Geopark at the University of Hyogo: Geopark and Community

\*Kyohei SANO<sup>1</sup>, Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Yoshihiro Kikuchi<sup>1,2</sup>, Norihito Kawamura<sup>1</sup>

1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. National Institute of Technology, Sendai College

本発表では山陰海岸ジオパークエリア内にて兵庫県立大学の集中・全学共通科目として実施した「ジオパークと地域」の教育的効果を統計的手法に基づき検討するため、実践内容と、授業によって学生にどのような変化が生じたのかをまとめ、報告する。

本授業の実習地がある山陰海岸ジオパークは、山陰海岸国立公園を中心に、京都府京丹後市の東端から鳥取県鳥取市の西端にまたがるエリアで構成される。地域を理解する実習地としてジオパークを用いることで、大学生が環境システムを構成する要素間の関連性を学習することが期待できる。本授業は夏期休業中の集中・全学共通科目であり、第1日と第4日の2日間の大学における授業（講義と実習）と、第2日から第3日の山陰海岸ジオパーク（兵庫県豊岡市、香美町）における野外実習2日間で構成した。本授業の目的は、学生がジオパークの景観を観察し活動の現場に接することで、（Ⅰ）地質・地形と文化・産業等との関係性を理解すること、（Ⅱ）地域におけるジオパーク活動の意義を理解することである。

授業前後の学生の変化を調べるため、授業の第1日および第4日の授業の終わりにイメージマップを作成させた。イメージマップは、テーマとなるラベル（刺激語）を中心に関連付けられる特定の事柄やキーワード、イメージ、概念に関する思考の広がりを図示することで、学習者の知識獲得状況を捉える方法である（三宅, 1987）。授業中に学生が作成したイメージマップを解析したところ、授業の前後で地質・地形および産業・文化に関するラベル数が有意に増加した。また、地質・地形と産業・文化のリンク数については有意傾向があり、ポストマップでの増加が見られた。野外実習でのレポートの分析からは、地質・地形と文化・産業等に関係した言葉が抽出された（佐野ほか, 2021）。

一方で、本授業の実践から、ジオパークにおける高等教育実践の事例蓄積、「ジオパーク活動の意義の理解」についての評価方法の検討、本授業受講前の事前学習の重要性、ジオパークないのサイトで見られる資源間（ジオ-エコ-ソシオ）のどのような関連性を学習できるのかについての事前把握とジオパーク側の情報発信の重要性が今後の課題として得られた。本発表では兵庫県立大学で実践しているジオパークを活用した教育プログラムの実践を報告し、その成果と課題をもとに、高等教育で展開できるジオパークでの教育推進について議論したい。

## <文献>

三宅正太郎（1987）学習者の知識獲得状況を把握する一方法としてのイメージ・マップ・テスト（Image Mapping Test）について。日本科学教育学会研究会研究報告 1, 3, 75-82.

佐野恭平・松原典孝・菊池義浩・川村教一（2021）ジオパークにおける野外実習とグループワークを組み合わせた全学共通科目の成果と課題: 夏季集中講義「ジオパークと地域」を例として。地域資源マネジメント研究 1, 2-21.

Keywords: Geopark, Educational program, Image Mapping, Higher Education

## [1 poster40-42] R7 [Regular Session] Cenozoic geological records of Japan

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

### [R7-P-1] Post-rift extensional stresses detected from meso-scale faults in the Miocene Hokutan Group, northern Kami Town, San'in region

\*Toshiki Haji<sup>1</sup>, Yoshiaki Sugamori<sup>2</sup>, Noritaka Matsubara<sup>3</sup>, Sota Niki<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup> (1.

Geological Survey of Japan, AIST, 2. Faculty of Agriculture, Tottori University, 3. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 4. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R7-P-2] (entry) Reconstruction of paleoenvironment of Miocene volcanoclastic rocks and clastic rocks in the northern part of Hyogo, San'in Kaigan Geopark, based on facies analysis and Zircon fission-track and U-Pb ages

\*Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Suzuka Kooriyama<sup>2</sup>, Kyohei Sano<sup>1</sup>, Toshiki Haji<sup>3</sup>, Tohru Danhara<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>5</sup>, Hideki Iwano<sup>4</sup> (1. University of Hyogo, 2. Fossa Magna Museum, 3. AIST, 4. KYOTO FISSION-TRACK Co.Ltd, 5. The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R7-P-3] Standardless fission track dating of zircon using laser ablation ICP mass spectrometry and its implications

\*Hideki IWANO<sup>1</sup>, Tohru DANHARA<sup>1</sup>, Takafumi HIRATA<sup>2</sup> (1. Kyoto Fission-Track Co., 2.

Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

## Post-rift extensional stresses detected from meso-scale faults in the Miocene Hokutan Group, northern Kami Town, San'in region

\*Toshiki Haji<sup>1</sup>, Yoshiaki Sugamori<sup>2</sup>, Noritaka Matsubara<sup>3</sup>, Sota Niki<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup>

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Faculty of Agriculture, Tottori University, 3. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 4. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

中新世の西南日本のテクトニクスは、日本海の拡大の終了が起こった1500万年前を境に、転換を遂げたと考えられてきた（例えばYamaji and Yoshida, 1998）。すなわち、日本海拡大期（シンリフト期）の伸張場と拡大終了後（ポストリフト期）の圧縮場である。しかし最近、西南日本陸域のリフト期の終了は従来の想定よりも100万年ほど古く、1600万年前頃と示された（Haji and Yamaji, 2020）。また他方で、それより若い引張応力も発見され始めた（Haji and Yamaji, 2021; Sato, D. and Haji, 2021）。このように西南日本の変動史は上記の描像のように単純ではなく、修正が必要なことが明らかとなった。

発表者らはこの変動史の修正を目指し、小断層や岩脈といった小構造の方位解析から応力史の再検討を進めている。今回、山陰東部の中新統北但層群中の小断層を対象として古応力解析を行い、ポストリフト期の引張応力を得た。本講演ではその結果を示すとともに、その意義を議論する。

調査対象としたのは、兵庫県香美町北部の海岸沿いに露出する中新統北但層群である。調査地域の北但層群は凝灰質の陸成～海成の碎屑岩からなり、従来はシンリフト期の地層である八鹿層および豊岡層

（1650～2150万年前頃の地層；羽地ほか，2019）と考えられてきた（例えば，池辺，1963）。しかし，本研究で我々は火山礫凝灰岩のジルコンU-Pb年代測定を行い，15.4 Ma頃の年代を得た。したがって，同地域の碎屑岩はポストリフト期の地層であると示唆される。

香住北東地域で119条，香住北西地域で71条，鎧地域で35条，餘部地域で22条の小断層データを得た。小断層解析にはHough変換を用いた解析法であるHIM（Yamaji et al., 2006; Sato, K., 2006）を使用した。小断層を測定した母岩の地層は傾斜が最大15度程度と緩傾斜であったため，傾動補正は行っていない。応力解析の結果，いずれの地域のデータからもNNE～NE方向に最小圧縮主応力軸を持つ，応力比が低めの正断層型応力を得た。

山陰東部地域では過去にFournier et al. (1995)によって中新統の小断層から古応力が検討されており，彼らはNW-SE引張のtranstensionalな応力が記録されていると結論した。本研究の得た応力はこれと引張方向が異なる。彼らは今回の我々の調査地域は対象としておらず，周辺の火山岩主体の地域で小断層データを採取している。この火山岩主体の地層は，本研究の碎屑岩の下位と想定されるため，得られた応力の差は引張方向の転換を示している可能性がある。山陰東部は既存の中新統層序に問題があることが知られており，この応力差の検討のためにも層序の解明は今後の課題である。

最近，Haji and Yamaji (2021)は北但層群の分布域南縁に分布する岩脈と小断層を用いて応力史を検討し，ポストリフト期に引張応力場が存在したことを指摘した。彼らの得た応力は，NE-SW方向に最小主応力軸を持ち，応力比が低い応力であった。本研究の調査地域は北但層群の陸域の分布域北縁に位置するが，得た応力はこれと調和的である。したがって，北但層群の分布する広い範囲においてポストリフト期にNE-SW方向の引張応力状態にあったと考えられる。

### <引用文献>

Fournier et al., 1995, *Jour. Geophys. Res.*, 100, 24295–24314./ 羽地ほか，2019，*地質雑*，125，867–875./ Haji and Yamaji, 2020, *Isl. Arc*, 29, e12366./ Haji and Yamaji, 2021, *Isl. Arc*, 30, e12412./ 池辺，1963，*日本自然保護協会調査報告*，7。/ Sato, D. and Haji, 2021, *Isl. Arc*, 30, E12405./ Sato, K., 2006, *Tectonophysics*, 421, 319–330。/ Yamaji and Yoshida, 1998, *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, 93, 389–408。/ Yamaji et al., 2006, *Jour. Struct. Geol.*, 28, 980–990。

Keywords: Miocene, paleostress, meso-scale fault, zircon U-Pb age, Japan Sea Opening

## (entry) Reconstruction of paleoenvironment of Miocene volcanoclastic rocks and clastic rocks in the northern part of Hyogo, San'in Kaigan Geopark, based on facies analysis and Zircon fission-track and U-Pb ages

\*Noritaka Matsubara<sup>1</sup>, Suzuka Kooriyama<sup>2</sup>, Kyohei Sano<sup>1</sup>, Toshiki Haji<sup>3</sup>, Tohru Danhara<sup>4</sup>, Takafumi Hirata<sup>5</sup>, Hideki Iwano<sup>4</sup>

1. University of Hyogo, 2. Fossa Magna Museum, 3. AIST, 4. KYOTO FISSION-TRACK Co.Ltd, 5. The University of Tokyo

京都府北西部から兵庫県北部、鳥取県北東部に位置する山陰海岸ジオパークのエリア内には広く中新統が分布している。特に、兵庫県北部を中心に分布する北但層群は日本海拡大開始～形成後までを記録した一連の地層からなり、日本海形成期のマグマティズムとテクトニクスを解明するうえで非常に重要な地層群である。従来、北但層群に関する地質学的研究は、一部を除いて層序学的なものに限られ（弘原海ほか、1966など）、堆積環境や火山活動については十分に議論されず、その地質学的実態は未だ明らかにされていない。今回、兵庫県北部但馬御火浦（たじまみほのうら）～浜坂周辺に分布する北但層群八鹿層および豊岡層の碎屑岩類、溶岩類、火山碎屑岩類を対象に堆積相解析を行った結果、日本海拡大期に陸上環境から水中環境への変化があり、そこで陸上の火山と水中の火山が活動していたことが分かった。

### <但馬御火浦～浜坂エリアに分布する北但層群の堆積相>

岩相解析の結果、碎屑岩類は主に、斜交層理やトラフ型斜交層理が発達し、しばしば上方細粒化を示す河川堆積物、河川堆積物と挟在する土石流堆積物、塊状で局所的に分布する崖錐堆積物、しばしば炭質物を含み一部でコンポリュート層理が顕著な湖沼堆積物および浅海～内湾成堆積物からなり、一部で貝化石や材化石、根痕化石、足跡化石が認められる。崖錐堆積物の中にはほぼ花崗岩の角礫のみからなり、楔状に分布するものも認められる。断層活動に伴って形成されたものと判断した。火山岩類は溶岩および岩脈・岩床として産する。溶岩は陸上噴出のものと水中噴出のものに分けられ側方及び上方で火山碎屑岩類へ遷移する。火山碎屑岩類は大きく自破砕溶岩や原地生ハイアロクラスタイト、ペペライト、軽石流堆積物等の初生的なものと、一度定置した溶岩類や火山碎屑岩類が浸食・崩壊等の二次的要因により再移動し堆積した多源的なタービダイト、陸上土石流堆積物、水中土石流堆積物、粒子流堆積物などのエピクラスティックな重力流堆積物、さらにそれらが河川流によって移動再堆積した河川堆積物に分けられる。ハイアロクラスタイトの多くは単源的だがジグソーフィット構造が発達せず一部弱成層するタイプでしばしば偽枕状溶岩を含む。Yamagishi(1987)に従い、水冷自破砕した原地性ハイアロクラスタイトが水中土石流や乱泥流、粒子流となって移動、堆積した再堆積ハイアロクラスタイトと解釈した。軽石流堆積物中には偽礫として弱成層した砂岩泥岩互層が含まれることがある。これは、安定した水底下に軽石流堆積物が高エネルギーで流下することにより取り込まれたものと考えられる。シート状溶岩の間に認められる赤色に酸化し弱成層し一部斜交層理の認められる火山砂岩や不淘汰な火山礫凝灰岩は火山活動の間隙に堆積した河川堆積物やラハール堆積物であると考えられる。

### <FT・U-Pb年代>

兵庫県新温泉町浜坂周辺に分布する北但層群豊岡層の軽石流堆積物からジルコンを抽出し、FTとU-Pb年代測定を行った結果、それぞれ $15.6 \pm 0.8$ Maと $17.7 \pm 0.3$ Maを得た。羽地・山路(2019)、羽地ほか(2019)は本調査地域の南方に分布する北但層群を対象に年代測定を行い、八鹿層上部で $19.38 \pm 0.23$ MaのU-Pb年代を得た。また、豊岡層を覆う村岡層最下部をU-Pb年代とFT年代、豊岡層上部から算出する化石などに基づき16.5Ma頃とし、豊岡層を17～16.5Maに堆積したとした。今回の結果は概ねこれに近い値であり、豊岡層の堆積年代として矛盾しない。

### <文献>

弘原海清ほか、1966、松下進教授記念論文集、105-116。Yamagishi, H., 1987, Rept. Geol. Surv. Hokkaido, 59:55-117.

羽地 俊樹, 山路 敦, 2019. 地質学雑誌, 125. 9. 685-698.

羽地 俊樹ほか, 2019. 地質学雑誌, 125. 12. 867-785.

Keywords: Hokutan Group, facies analysis, Zircon U-Pb ages, Fission-track ages, Miocene, Green tuff

# Standardless fission track dating of zircon using laser ablation ICP mass spectrometry and its implications

\*Hideki IWANO<sup>1</sup>, Tohru DANHARA<sup>1</sup>, Takafumi HIRATA<sup>2</sup>

1. Kyoto Fission-Track Co., 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

2000年代以降、ジルコンのフィッション・トラック(FT)年代測定法において、U定量に際しレーザーアブレーションICP質量分析法(LA-ICPMS)が使われるようになり(Košler and Sylvester, 2003)、現在では1粒のジルコン粒子からU-Pb年代とFT年代を同時に求めるLA-ICPMSダブル年代測定が定着した(Hasebe et al., 2013, Iwano et al., 2020)。本発表では、最近2年間に行った標準試料Fish Canyon Tuff ジルコン(FCT; 28.45 Ma; Schmitz and Bowring, 2001)の繰り返し測定(31回)から得たLA-ICPMS FT年代絶対校正結果を示す。ジルコンのFT/U-Pbダブル年代測定手順はIwano et al. (2020)に準拠した。FCTジルコンは自然外部面(12回)と研磨内部面(19回)を併用した。他に年代既知5試料(0.77~61Ma)も分析した。自発FT密度を計測後、東京大学地殻化学実験施設設置のLA-ICPMS (Thermo Fisher Scientific社製四重極型ICPMS iCAP-TQとConversion社製フェムト秒レーザーCARBIDEの組み合わせ)により、U-Pb年代とU濃度を同時分析した。同レーザーのビーム径は約10 $\mu$ mだが、ガルパノ光学系を用いた高速走査により、30 $\mu$ m角領域を深さ約6 $\mu$ mまで掘削した。スタンダードは、U濃度用としてNIST発行のガラス標準物質SRM610、Pb/U比の補正として91500ジルコン(Wiedenbeck et al., 1995)を用いた。測定した元素及びその同位体は<sup>29</sup>Si, <sup>202</sup>Hg, <sup>204</sup>Pb, <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb, <sup>208</sup>Pb, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>Uである。FT年代絶対校正は壊変定数 $8.5 \times 10^{-17} \text{ yr}^{-1}$  (Yoshioka et al., 2005)を用い、その他の物理パラメータはIwano et al. (2018, 2020)と同じである。FCTの絶対校正FT年代値は25~34 Maの範囲内でランダムにばらつき、31回の平均値として $28.22 \pm 0.32 \text{ Ma}$  (1SE)を得た。この繰り返し測定結果は、現行のFT年代測定条件(例えば、1回の測定に20~30粒子を分析)に伴う計数誤差に従ったばらつき(ゆらぎ)と考えられる。加重平均を求めたところ、最大と最小年代値の1個ずつが外れ値として棄却され、最終的に $28.25 \pm 0.51 \text{ Ma}$ を得た。この値はジルコンU-Pb年代(28.45 Ma)と整合的である。また並行して分析した他の年代既知試料についてもFT年代とU-Pb年代が一致した。このことから、LA-ICPMSによるU定量とそれに基づいた絶対校正によるFT年代が正確に機能すると判断される。一方、91500ジルコン片について、ランダムに測定した538点のU濃度平均値は81ppmとなったが、最小と最大の範囲は62~101ppmと比較的大きいことが明らかになった。Iwano et al. (2020)が提案したゼータ校正では、同一マトリクスU濃度スタンダード候補として91500ジルコンを用い、1回のセッション内で分析する年代標準ジルコンからセッションごとのゼータ値を決め、未知試料に適用する。しかしその場合、ゼータ(FCT)分析でのランダムなゆらぎ( $\pm 10\%$ )と91500のU濃度不均一( $\pm 20\%$ )が未知試料の年代決定の不確定要因として潜む可能性が示唆される。

**文献:** Hasebe et al. (2013) *Island Arc* **22**, 280-291. Iwano et al. (2018). *Chemical Geology*, **488**, 87-104. Iwano et al. (2020) *Island Arc*. **29**:e12348. Košler and Sylvester (2003) *Reviews in Mineralogy & Geochemistry* **53**, 243-75. Schmitz and Bowring (2001) *Geochimica et Cosmochimica Acta* **65**, 2571-2587. Wiedenbeck et al. (1995) *Geostandards Newsletter* **19**, 1-23. Yoshioka et al. (2005) *NIM-A* **555**, 386-395.

Keywords: zircon, fission track dating, absolute calibration, LA-ICPMS

## [1poster43-50] R9 [Regular Session]Origin, texture and composition of sediments

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

### [R9-P-1] Zircon U-Pb Ages from sandstones of the Muro Accretionary sequence (Muro Group) in the Shimanto Superbelt, Kii Peninsula, southwestern Japan

\*Takanori Bessho<sup>1</sup>, Hiroyuki Suzuki, Toshiya Yamamoto<sup>2</sup>, Tohru Danahara<sup>3</sup>, Hideki Iwano<sup>3</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup> (1. Osaka Museum of Natural History, 2. Tanabe High School, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 4. Tokyo University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-2] Storm Surge Deposits from the East Japan Typhoon(2019) at Samejima Beach, Iwata City, Shizuoka Prefecture, Japan

\*Akira Aoshima<sup>1</sup>, Hiroyuki Kurematsu<sup>1</sup>, Takeshi Tostuka<sup>1</sup>, Yuya Takahashi<sup>1</sup>, Kosuke Arimura<sup>1</sup>, Koki Suzuki<sup>1</sup>, Syun Ichikawa<sup>1</sup>, Rabu Kato<sup>1</sup> (1. Shizuoka Prefectural Iwata Minami High School)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-3] Change of sedimentary system in an inland basin in the central part of the Japanese Island during the late Pleistocene-Holocene periods

\*Nozomi Hatano<sup>1</sup>, Ritsuho Kawano<sup>2</sup>, Kohki Yoshida<sup>2</sup> (1. Nagano Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University )

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-4] (entry) The reservoir characterization and sedimentary environment of the Pennsylvanian Morrow Formation based on wireline logging data in Vici, Oklahoma, U.S.A.

\*Kaito Seki<sup>1</sup>, Shun Chiyonobu<sup>1</sup>, Hiroyuki Arato<sup>1</sup>, Naruhide Takahashi<sup>2</sup>, Isao Mita<sup>3</sup> (1. Akita graduated university, 2. lochem Corporation, 3. Resource. Geo. Env. Lab.)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-5] (entry) Where is the sedimentary environment of the Nakaminato Group, if modern time? Reexamination on the basis of ocean drilling sciences and sequence stratigraphy

\*Jumpei SAIGAN<sup>1</sup> (1. Yamaguchi university)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-7] (entry) Microplastic sedimentology of grain size and grain shape

\*Kengo Nakano<sup>1</sup>, Kiichiro Kawamura<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R9-P-8] Bayesian estimation of uplift rate of Japan Islands based on bedrock river longitudinal profiles

\*Hajime Naruse<sup>1</sup> (1. Kyoto University)

4:30 PM - 7:00 PM

## Zircon U-Pb Ages from sandstones of the Muro Accretionary sequence (Muro Group) in the Shimanto Superbelt, Kii Peninsula, southwestern Japan

\*Takanori Bessho<sup>1</sup>, Hiroyuki Suzuki, Toshiya Yamamoto<sup>2</sup>, Tohru Danahara<sup>3</sup>, Hideki Iwano<sup>3</sup>, Takafumi Hirata<sup>4</sup>

1. Osaka Museum of Natural History, 2. Tanabe High School, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 4. Tokyo University

紀伊半島四万十累帯の年代決定は今まで放散虫化石年代が主であったが、最近、砂岩中の碎屑性ジルコンのフィッシュオントラック年代（大平ほか，2016）やU-Pb年代（常盤ほか，2016；Tokiwa, T. et al, 2017）が報告されている。しかしながら，これらの報告は四万十累帯の白亜系および古第三系暁新統～下部始新統のもので，より新しい牟婁付加シーケンス（牟婁AS：中期始新世～前期漸新世）については報告がない。今回，牟婁AS砂岩の碎屑性ジルコンU-Pb年代を検討し，放散虫化石年代との比較を試みた。また，砂岩の重鋳物組成，ザクロ石組成についても検討した。牟婁付加シーケンスはスラストで境された四つの構造ユニット（TU），すなわち北より，野竹・狼岬山（おおかみだわさん）・市鹿野・周参見TUに区分され，その年代は相対的に南ほど若くなる（鈴木ほか，2012）。今回，碎屑性ジルコンU-Pb年代を検討したのは野竹TU上三栖層，市鹿野TU打越層，周参見TU佐本川層の3試料で，放散虫化石の産出地点近傍にある砂岩を採取した。放散虫化石から野竹TUは中期始新世，市鹿野TUは中期始新世後半～後期始新世前半であるのに対し，周参見TUは中期始新世後半～前期漸新世前半とやや新しい付加体とされている。碎屑性ジルコンU-Pb年代値の最若ピーク年代の加重平均は野竹TU:72.0±0.2 Ma, 市鹿野TU:36.1±1.9 Ma, 周参見構造TU:59.6±1.0 Maであった。野竹TUや周参見TUの値は放散虫化石年代より明らかに古く，両者は火成活動のHiatusの影響が考えられる。一方，市鹿野TUの値は放散虫化石年代とほぼ一致し，同時代の火成岩に由来すると推定される。3試料とも，ごくわずかな古原生代ジルコン（1600-2500 Ma）を含んでいるが，その頻度は若いユニットほど，増加する。これらのジルコンの多くは円磨されていることからリサイクル粒子と考えられ，古期堆積岩や東アジア先カンブリア時代堆積岩からの供給が増加したものと推定される。砂岩中の透明重鋳物は市鹿野TUでは，自形ジルコン，円磨ジルコン，ザクロ石を主とするが，周参見TUではザクロ石を殆ど含まず，円磨ジルコンに富む。その他，電気石，チタナイト，鋭錐石，ルチルなどを伴う。ザクロ石はパイロープ成分に富むアルマンディンが多く，スペッサルティン成分に富むものは少ない。寺岡（2003）のMn-Mg-Ca三角図では中圧型（Ia,Ig1,Ig2）が多いが，特にMgに富むIg2が多く，次に低圧型であるL型が多い。重鋳物組成やザクロ石の化学組成から牟婁ASの後背地には，珪長質火成岩（内帯後期白亜紀火成岩），古期堆積岩（四万十帯白亜系？，秩父，美濃一丹波帯），低圧変成岩（領家帯），中圧変成岩（飛騨，黒瀬川変成帯），東アジア先カンブリア時代堆積岩，グラニュライト相変成岩，原生代片麻岩などが存在し，碎屑物を供給していたと推定される。ザクロ石で多くを占めるIg2型は市鹿野TU打越層→合川層→周参見TU小節川層と上位の層ほど多く含まれるので，この種のザクロ石の起源とされるアジア大陸先カンブリア時代グラニュライト相変成岩（寺岡，2003）からの供給が増加した可能性が示唆される。また，円磨された重鋳物（電気石，ルチル），無色や紫色円磨ジルコン（Purple zircon）の量比も牟婁ASに入って，急増する。以上のような結果から牟婁ASの堆積時期である中期始新世以降（48 Ma～）に，古期堆積岩や東アジア先カンブリア時代岩石からの供給が増加したと推定される。牟婁付加シーケンスに多量含まれるオーソコオーツァイト礫（Tokuoka,1970;徳岡・別所，1980）もこうした増加に伴った碎屑物のひとつであろう。本研究は2019年度南紀熊野ジオパーク研究助成を受けたものである。〈引用論文〉大平寛人・笠井美里・山本大輔・高須 晃（2016）島根大学地球資源学研究報告，34,67-75。鈴木博之・中屋志津男・福田修武（2012）地団研専報，59，71-86。寺岡易司（2003）地調月報，50，559-590。常盤哲也・竹内 誠・志村侑亮・太田明里・山本鋼志（2016）地質雑，122，625-635。Tokiwa, T., Takeuchi, M., Shimura, Y., Shobu, K., Ota, A., Yamamoto, K. and Mori, H. (2017) *Intech, Rijeka (Croatia)*, Ch.10,197-228。Tokuoka,T. (1970) Mem.Fac. Sci, Kyoto Univ.Ser B (Geol & Min),37,113-132。徳岡隆夫・別所孝範（1980）地球科学，34，266-278。

Keywords: U-Pb age, Paleogene, Muro Accretionary sequence, Shimanto Superbelt, Kii Peninsula

# Storm Surge Deposits from the East Japan Typhoon(2019) at Samejima Beach, Iwata City, Shizuoka Prefecture, Japan

\*Akira Aoshima<sup>1</sup>, Hiroyuki Kurematsu<sup>1</sup>, Takeshi Tostuka<sup>1</sup>, Yuya Takahashi<sup>1</sup>, Kosuke Arimura<sup>1</sup>, Koki Suzuki<sup>1</sup>, Syun Ichikawa<sup>1</sup>, Rabu Kato<sup>1</sup>

1. Shizuoka Prefectural Iwata Minami High School

## 1.はじめに

2019年10月12日に令和元年東日本台風（以下、東日本台風）が静岡県東部を通過した。この台風により、各地で高潮が発生した（気象庁，2019）。筆者らは、遠州灘に面する磐田市鮫島海岸にて、海岸浸食の変化を明らかにすることを目的に、定期的に水準測量を行ってきたが、台風後の10月17日の調査では、海岸入口より西側150m地点で、高潮により海岸に沿う遊歩道が破壊され、その陸側には高潮による堆積物が見られた（戸塚ほか，2021）。そこで、特に高潮による堆積物に着目して、その浸食、運搬、堆積作用について検討することにした。

## 2.方法

始めに2019年に静岡県に接近した台風の通過前後24時間の平均風速、平均気圧、総雨量の比較を行った。気象観測記録は磐田南高校の自記風速計、自記気圧計、雨量計の記録を用いた。次に台風前後の微地形の比較を行った。通過前はGoogle Earthの衛星写真（同年1月14日撮影）を用いた。通過後は、ドローン（DJI製 Phantom3 Advance）を用いて2019年11月2日に上空150mから空撮を行った。また、台風通過前後の地形断面の比較を行った。通過前は、磐田市都市計画図（2，500分の1，2017年11月測量）の標高と等高線を読み取り作成した。通過後は、現地ハンドレベルとオートレベルを併用して水準測量を実施した。断面図の作成側線は、鮫島海岸入口西150mの汀線に垂直な方向である。さらに高潮堆積物の鉱物組成と粒度組成を調べた。鉱物組成は、採取した砂200粒を双眼実体顕微鏡で鉱物の種類を同定した。粒度組成は、ふるいを用いて調べた。砂の採集地点は、汀線に垂直な方向1側線と汀線に平行な3側線に沿って、10m間隔で採取した。最後に高潮堆積物の堆積構造を調べるために、トレンチ掘削を行った。掘削地点は鮫島海岸入口西側の防風林で、L字型に東西方向1.5m、南北方向1.5m、幅0.5m、深さ0.7mの溝を掘削した。

## 3.結果と考察

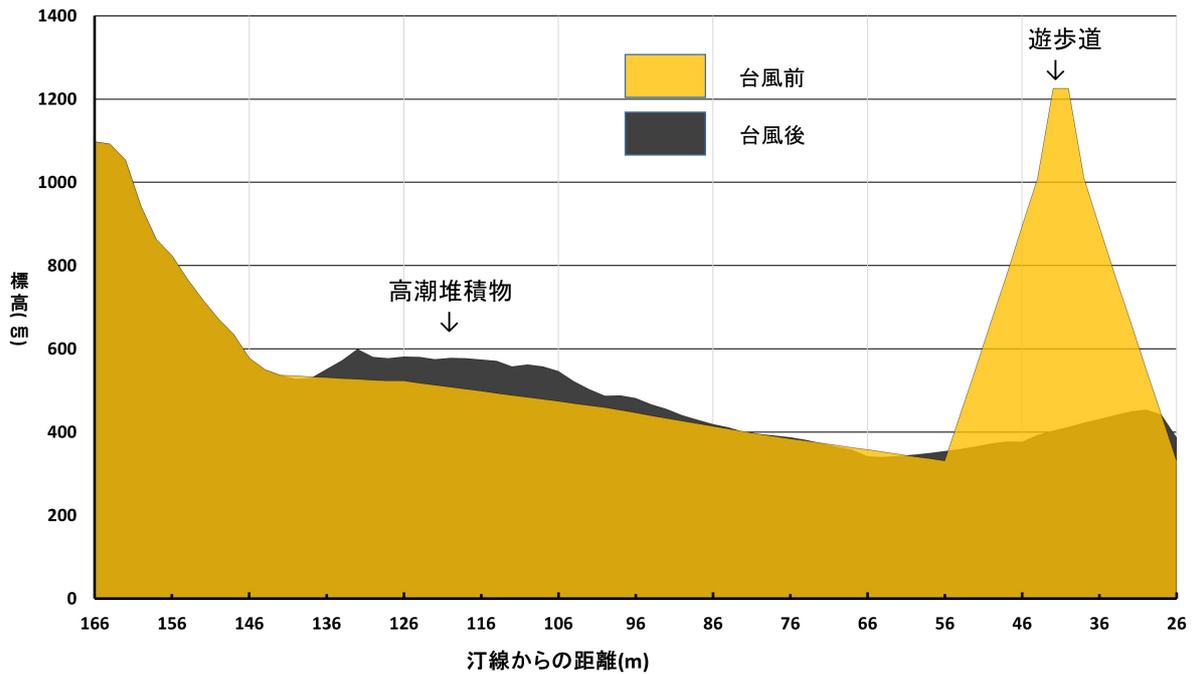
東日本台風は、同年に上陸した他の台風と比較しても平均風速、平均気圧、総雨量の全てが上回り、大きな勢力のまま鮫島海岸に接近したことがわかった。微地形の比較では、台風通過後の防風林と遊歩道の破壊が顕著であった。また、遊歩道の陸側には、高潮によって防風林がなぎ倒され、運搬された海浜砂が半円状に堆積していた。また、防風林の高さ1.5m付近の枝には、高潮によって運ばれたポチエチレンの紐が多数付着していたことから、高潮は防風林の内部まで、侵入したことがわかった。地形断面の比較では、通過前には遊歩道を挟んだ陸側には防風林に覆われた緩やかに高まる斜面と、その陸側には土手状の高まりが存在していた。しかし、通過後には図のとおり緩やかな斜面上には、扇状に長さ50m、幅70m厚さ0.6mほどの高潮による堆積物が一面に渡って堆積していた（図1）。この高潮堆積物の末端には、葦などの単子葉植物が一定の方向になぎ倒された領域があり、さらにその陸側には帯状に幅5~6mの海岸漂着物が散乱する領域が高潮堆積物を取り囲むように堆積していた。高潮堆積物の鉱物組成では、汀線付近の砂と汀線から陸側100m地点の砂の鉱物組成を比較すると、どちらも石英28%、長石18~31%、岩片36~40%、有色鉱物5~14%で似た傾向となった。このことから、汀線付近の砂が高潮により内陸の140m地点まで運搬・堆積したものと考えられる。粒度組成では、汀線に垂直な側線の平均粒径を比較すると、汀線から遠ざかるほど、0.8mmから0.4mmへと細粒になる傾向が見られた。一方、汀線に平行な3側線では、平均粒径に大きな差はみられなかった。このことから高潮は汀線に対してほぼ垂直に侵入し、海浜砂が運搬され堆積したものと考えられる。トレンチ掘削調査では、最下部は防風林の根が張った褐色の腐食土層で、台風前の地形面であった。その上位に厚さ40cmの新鮮な高潮堆積物の砂層が4層観察された（図2）。1層目は腐食土層の根を大きく巻き上げていた。また、上位の3層ではそれぞれに上方細粒化の傾向と、ラミナやクロスラミナがみられた。

## 4.まとめ

令和元年東日本台風は大きな勢力のまま鮫島海岸に接近し,その高潮によって海側から砂が浸食作用を受けた.浸食された砂は内陸側に運搬されて,粒径の大きいものから堆積した.その際,上方細粒化やクロスラミナなどの堆積構造を形成した.

**文献** 気象庁ホームページ, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/d/ata/bosai/report/2019/20191012/20191012.html> 戸塚ほか,2021, 令和元年東日本台風の高潮による鮫島海岸の微地形の変化, 日本地球惑星科学連合2021年大会, O07-P14.

Keywords: Storm Surge Deposit, Typhoon, Enshunada Sea



# Change of sedimentary system in an inland basin in the central part of the Japanese Island during the late Pleistocene-Holocene periods

\*Nozomi Hatano<sup>1</sup>, Ritsuho Kawano<sup>2</sup>, Kohki Yoshida<sup>2</sup>

1. Nagano Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University

はじめに：最終氷期末から完新世にかけてには、短期間の急激な温暖化や寒冷化といったドラスティックな気候変動を伴いながら安定・温暖な気候に移行した (Lowe et al., 2001)。気候変動は、陸上域において、化学風化や土壌化、堆積システムを規定する一要素である (Shanley and McCabe, 1994; Miall, 1996; Retallack, 2001)。特に内陸盆地は、海流やユースタシーの影響を受けにくく、その堆積空間や碎屑物供給の変遷は、気候変動とテクトニクスに対して鋭敏に反応する (Shanley and McCabe, 1994)。日本列島中央部に位置する諏訪盆地は、海洋から離れ独立した内陸盆地であり、冬季に寒冷・乾燥化する内陸型気候に特徴づけられる。このことから、その堆積システムや碎屑物供給・生産プロセスは、気候変動、特に寒冷化に対して鋭敏に反応してきたことが期待できる。本研究では、諏訪湖南岸で掘削された堆積物コア (ST2020) を対象に、諏訪盆地における更新世末～完新世の堆積システムの変遷を追跡した。

コアの概要：ST2020コアは、総掘削長30.0 mのオールコアボーリングであり、諏訪湖から約20 m離れた陸上で掘削された。このコアは、礫、砂、泥、珪藻質泥、火山灰、亜炭、泥炭から構成される。8層準から植物片を採取し、放射性炭素年代測定とIntCal20による暦年較正、堆積速度曲線の作成を行った。このサイトでは、深度21.4 m (約16.7 cal ka BP) を境に、堆積速度が1.12 m/千年から0.74 m/千年へと低下する。

ユニット区分：粒度、堆積構造、層厚、構成物等の堆積学的特徴、細根化石、土色、土壤微細構造等の古土壌学的特徴、TOC, TN, C/N比より、下位より、ユニットI～VIの6ユニットに区分できる。ユニットI (深度30.0～29.1 m) は、根化石等の干上がった証拠に欠く泥質堆積物からなり、沼沢地の堆積物と解釈できる。ユニットII (深度29.1～21.4 m) は、主に砂泥互層、亜炭層、泥炭層から構成され、根化石や粘土集積構造等の古土壌構造を豊富に産する。また、数枚の逆級化砂層を挟在することから、蛇行河川システムの氾濫原や後背湿地、チャンネル・バーの堆積物と解釈できる。ユニットIII (深度21.4～18.6 m) は、主に有機質泥層から構成され、水成古土壌の特徴であるフランボイダルパイライトや青灰色土色、グライ化層準を伴うことから、沼沢地の堆積物と解釈できる。この泥層は、著しく高いTOC, TNを示し、珪藻化石を豊富に含む。ユニットIV (深度18.6～13.4 m) は、厚い塊状有機質泥層と珪藻質泥層から構成され、湖の堆積物と解釈できる。このユニットの下部には、約40 cmの碎屑性葉理灰色粘土層が存在する。ユニットV (深度13.4～6.7 m) は、上方粗粒化・厚層化・黒色化サクセッションを示す礫層、砂層、有機質泥層から構成され、プロデルタ～デルタプレーンの堆積物と解釈できる。ユニットVI (深度6.7～4.8 m) は、有機質泥層から構成され、沼沢地の堆積物と解釈できる。

議論：ユニット区分と堆積速度曲線から、堆積システムの変遷とその年代を検討した。その結果、約26.7～16.7 cal ka BPに低湖水準期、約16.7 cal ka BP以降に湖進期となり、約12.2～5.7 cal ka BPに高湖水準期、約5.7 cal ka BPからデルタが前進したと考えられる。約16.7 cal ka BPは、蛇行河川システムから滞水域環境への転換期および堆積速度が低下する時期に相当する。諏訪湖の別サイトにおける花粉分析から、この時期は、諏訪盆地の周辺で亜高山帯針葉樹林が減少し、冷温帯林が拡大した時期に相当する (安間ほか, 1990)。このことから、堆積速度の低下と堆積環境の変遷は、更新世末～完新世への温暖化による集水域の森林限界の上昇と植生被覆率の増大が碎屑物生産量の減少を招いたことに起因する可能性がある。

文献：安間ほか, 1990, 地質学論集, 36, 179–194. Lowe et al., 2001, Quatern. Sci. Rev., 20, 1175–1187. Miall, 1996, Springer-Verlag, Berlin, 582p. Retallack, 2001, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 404p. Shanley and McCabe, 1994, Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 78, 544–568.

Keywords: Pleistocene-Holocene, lake sediments, sedimentary facies analysis, Lake Suwa

(entry) The reservoir characterization and sedimentary environment of the Pennsylvanian Morrow Formation based on wireline logging data in Vici, Oklahoma, U.S.A.

\*Kaito Seki<sup>1</sup>, Shun Chiyonobu<sup>1</sup>, Hiroyuki Arato<sup>1</sup>, Naruhide Takahashi<sup>2</sup>, Isao Mita<sup>3</sup>

1. Akita graduated university, 2. Iochem Corporation, 3. Resource. Geo. Env. Lab.

**はじめに** アメリカ合衆国オクラホマ州のアナダルコ堆積盆に存在するペンシルバニア系モロー層は、砂岩を主体として泥岩を挟在する (Mhalon et al. , 1991; Andrews 2008) . この地域では、古くから石油・天然ガスが生産されるとともに、モロー層からのヨウ素の生産も盛んである。本講演では、掘削時に取得された物理検層記録を利用したモロー層における岩石物性分布モデルの構築過程と、そのモデルに基づいた堆積過程の復元研究について報告する。 **資料と手法** 調査地域および坑井は、オクラホマ州デウェイカウンティ周辺のタウンシップ 18N~20N・18W~20Wの範囲に掘削された80本の坑井である。この坑井群から取得された自然放射線(GR), 中性子(NPHI), 密度(DPHI)の各検層から、Andrews(2008)およびKamel. Mabrouk(2003)に基づいて、モロー層準、岩相、孔隙率の検討を行った。また、一部砂岩で岩石コアが得られていることから、薄片観察による岩相観察も行った。 **結果及び考察** モロー層は、NE-SWの延長方向に最大層厚105mで約30kmの幅をもつ帯状の分布を示し、SW方向に深度を増す。孔隙率は、調査地域中央北東部で14%を示す。南西部では、比較的低く7%を示す。薄片による岩相観察から、砂岩の粒子径は細粒~極細粒であり、石英を主体とする。調査結果より地質モデルを作成した。地域内に分布するモロー層は以下の4つのFaciesに分類した。下位のFaciesよりFacies1(F1)からFacies4(F4)とし、その岩相を以下に記す。F1; 調査地域の南西部に分布し、主に頁岩を示す。F2; 調査地域の中央部から南西部に堆積する。砂岩を主体とするが、頁岩を挟在する。孔隙率は低値を取る。F3; F2の北東部に沿い分布する砂岩である。孔隙率は他の砂岩と比較し、高値を取る。F4; すべてのFaciesを覆い、砂岩主体で孔隙率が比較的低い値を取る。これらのFacies変化は、当時の海水準変化に応答した堆積中心の変遷を示している可能性が示唆され、調査地域におけるペンシルバニア系の堆積環境復元への一助となることが期待される。 **参考文献** Mahlon, M. , Ball. , Mitchell, E. , Henry. , and Sherwood, E. , Frezon. , (1991): Petroleum Geology of the Anadarko Basin Region, Province (115), Kansas, Oklahoma, and Texas, Department of the Interior U. S. Geological Survey, Open-File Report 88-450W. Andrews, R. D. , (2008): Secondary oil recovery from the upper Morrow Purdy sandstone in Rice NE Field, Texas County, Oklahoma, Oklahoma Geological Survey Circular 111, p. 13-25. Mostafa, H. , Kamel. , and Walid, M. , Mabrouk. , (2003): Estimation of shale volume using a combination of the three porosity logs, Journal of Petroleum Science and Engineering 40 p, 145-157

Keywords: Pennsylvanian, Iodine, reservoir, wireline logging, sedimentary environment

# (entry) Where is the sedimentary environment of the Nakaminato Group, if modern time? Reexamination on the basis of ocean drilling sciences and sequence stratigraphy

\*Jumpei SAIGAN<sup>1</sup>

1. Yamaguchi university

## はじめに

白亜系那珂湊層群は、1970年代からその堆積環境が研究されてきた。その後、シークエンス層序学によって堆積学に革命が起きる1990年代から現在まで、那珂湊層群の堆積環境についての新しい考察はなかった。そこで、本論では、いままでの那珂湊層群の堆積環境の研究結果を基に、近年発達してきたシークエンス層序学の知識を用いて、那珂湊層群の堆積環境について再検討することを目的とする。さらに、近年データが蓄積されてきた地球科学掘削による研究成果と比較し、那珂湊層群の堆積環境について、深く掘り下げることも同時に目的とする。

## 研究背景

那珂湊層群は、茨城県ひたちなか市の那珂川河口北方に位置する平磯海岸に分布し、下部より築港(ちっこう)層、平磯(ひらいそ)層、磯合(いそあい)層からなる海成層である。ただし港湾工事により築港層は現在確認できない。

田中(1970)によると、那珂湊層群は、全体的にタービダイトの砂岩泥岩互層からなり、スランプ構造が頻繁にみられる。堆積環境について、田中(1970)では、平磯層を大陸棚沖合、磯合層をトラフ縁辺部とし、Masuda and Katsura(1978)では平磯層を海底扇状地下部、磯合層を扇状地上部と推定している。

その年代については、産出化石に基づいて推定されており、Masukawa and Ando(2018)では産出したアンモナイト、イノセラムスに基づいて、平磯層を後期白亜紀のカンパニアン上部、磯合層をマーストリヒシアン下部と推定している。

那珂湊層群が堆積した白亜紀後期のカンパニアン～マーストリヒシアンは現在より約200mあまり海水準が高かったといわれている。しかしながら、Okada(1997)では通常、高海水準であれば、堆積量は減少するはずであるのに、日本列島のもととなる地域周辺の海洋では堆積量が増加しているとした。これは当時の日本列島のもととなる地域では高海水準を上回るような隆起が起こっていたのではないかと推定している。

## 地質調査結果

那珂湊層群の主な構成岩は細礫～中礫の礫岩、砂岩、シルト岩、含礫シルト岩であり、多くが級化構造を呈する。平均の走向はNW-SE、傾斜は25°～40°NEで、全体的に同斜構造を示す。ただし、傾斜が45°～70°SW方向の地層が磯合層の中部にみられ、これは海底地すべりの可能性がある。平磯層は、下部ではシルト岩が卓越しているが、上部に行くにしたがって、シルト岩を薄く挟む砂岩層もしくは礫岩層が卓越する。さらに上位の磯合層は、下部では級化構造を伴う砂岩層が卓越し、中礫の礫岩層を挟む数メートルの砂岩層が存在している。中部から上部に行くに従い、砂岩層が支配的であるが、シルト岩層もところどころにみられ、亜角礫～亜円礫の小礫から中礫を含むことが多い。このように、全体的に上方粗粒化の傾向があると言える。

また、これらの地層には化石が多く産出し、それらは過去の研究例にも報告されている。今回の調査では、二枚貝、生痕化石、植物片が発見され、二枚貝、生痕化石は磯合層上部にて卓越しており、植物片は平磯層、磯合層問わず広くみられた。

まとめると、平磯層から磯合層にかけてそれぞれの層によって多少変化はあるものの、概ね上方粗粒化の傾向にあるといえる。また、全体的に同斜構造を示すなか、一部地層で傾斜方向が大きく異なることから、海底地すべりの発生が示唆される。堆積域については植物片が各層より頻繁に見られることから那珂湊層群は一貫してあまり陸から離れていない地域で堆積したと推察される。

## 研究展望

先行研究により、那珂湊層群の堆積環境は大陸棚沖合部からトラフ縁辺部、海底扇状地であると推測されてい

る。また、先行研究によると、那珂湊層群が堆積していた後期白亜紀は、高い海水準、高い隆起量、高い堆積量であったとされる。これらのすべての条件に比較的近いと考えられる海域は、インド亜大陸衝突によるヒマラヤ山脈の隆起・浸食により形成されたベンガルファンやアンデス山脈に沿った南米大陸西岸の大陸棚や陸棚斜面、海底扇状地などが類似する堆積環境の候補として挙げられる。本論では、これら類似環境の蓄積されてきた海洋掘削結果と地質調査結果をシークエンス層序学的に堆積相の比較を行いながら、那珂湊層群の堆積環境の考察・検討を行っていきたい。

《引用文献》

Katsura, Y. and Masuda, F., 1978, *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, 4, 26-29.

Masukawa, G. and Ando, H., 2018. *Cretaceous Res*, 91, 362-381.

Okada, H., 1997, *Mem. Geol. Soc. Japan*, 48, 1-6.

田中啓策, 1970, *地質調査所月報*, 21, 579-593.

Keywords: Late cretaceous, Sequence stratigraphy, Nakaminato Group, High sea-level, Ocean drilling, Submarine fan, continental shelf

## (entry) Microplastic sedimentology of grain size and grain shape

\*Kengo Nakano<sup>1</sup>, Kiichiro Kawamura<sup>1</sup>

1. Yamaguchi Univ.

近年、プラスチックによる海洋汚染が社会問題となっている。廃棄されるプラスチックのうち多くが海洋に流出していると推定されており (Jambeck et al., 2015) それらが細かく砕かれマイクロプラスチック (MP) として世界各地の海洋に拡散し続けている。またプラスチック汚染が海洋生態系に与える影響や人間の健康への影響について懸念が高まっている。このような海洋におけるプラスチック汚染の実態は、世界各地で調査が行われているが、その多くのゆくえがわかっておらず深海での影響や海洋での挙動も不明である。

一般的にMPは、河川などを通じて陸上から海洋に運搬され、海面や中層を浮遊して徐々に沈降し、深海底に到達すると予想される。しかし砂や粘土といった堆積物粒子の運搬を考えたとき、海流による移動、津波・地震・洪水による混濁流、海底地形などの影響を受けており、MPも同じような影響を受け海洋に拡散していることが考えられる。実際、世界中での様々な深海環境における観測されたMP繊維の存在量を見たとき海底谷・海溝・コンターライトドリフトでMPの量が多いことがわかっている (Ilan et al., 2020)。このことからMPの海底分布を説明するには、海面からの垂直方向の沈降によってのみ説明されるのではなく粒子の堆積学的な運搬過程を背景として検討する必要があると考えられる。

プラスチックの密度は0.9~2.2 g/cm<sup>3</sup>程度である。それらは海底で運搬される時、さまざまな粒子とともに移動、堆積する。一般的に、堆積学の特にベッドフォームなどの実験では石英砂での結果が示されており、MPの海底での挙動を堆積学的に考えるためには、MPと同一の挙動を示す石英砂の粒径が重要な概念となる。このように、さまざまな粒子を石英砂にしたときの堆積物粒子の運搬・堆積環境などを議論した研究例として、廣木 (2015) がある。ここでは、重力流が卓越する有孔虫化石殻に着目し、有孔虫化石殻と砂粒子の粒度分布を分析・比較することで、堆積物の由来・来歴についての議論を行っている。

そこで本研究では、MPの堆積物粒子としての側面に着目し、実験を通して、MPの進行速度を求め、沈降粒径を算出し、石英粒子の粒径との比較を行った。今回の沈降実験は、廣木(2015)を参考にし、それを小規模にしたものである。実験はプラスチックを用意し、顕微鏡を用いて実測粒径を計測する。沈降速度は、1000 ml メスシリンダーを用いて測定した。メスシリンダーには、2本の赤線を引き、30cmの計測区間を設けた。室温メスシリンダーに常温の水を満たし、その中に1個ずつ投入し、線から線を通る時間を測定した。その後、得られた沈降速度か沈降粒径を求めるために、Gibbs et al. (1971)の計算式を用いた。また、海底で見ついているMPの多くが繊維状であることや板状・粒状などさまざまな形状があると考えられる。そのためさまざまな形状のプラスチックを用いて実験を行った。その結果、ほとんどのMPが実測粒径よりも沈降粒径の方が小さい傾向を示した。今回、使用したプラスチックの密度は、1.04~1.41 g/cm<sup>3</sup>程度であり、石英の密度 2.65 g/cm<sup>3</sup> より小さいため沈降粒径が小さくなっている。また形状の違いも沈降粒径に影響を及ぼすと容易に推測される。本発表では、それらの実験結果を指し示すとともに、粒子形状についての考察についても報告したい。さらに、実際に採取された堆積物での実例についても報告する予定である。

### 文献

廣木(2015) 日本古生物学会, 98, 17-27. Ilan et al. (2020) Science, 368, 1140-1145. Jambeck et al. (2015), Science, 347, 768-771. Gibbs et al. (1971) Journal of Sedimentary Petrology, 41, 7-18.

Keywords: Microplastics, Marine sediment, Stokes' law

# Bayesian estimation of uplift rate of Japan Islands based on bedrock river longitudinal profiles

\*Hajime Naruse<sup>1</sup>

## 1. Kyoto University

地殻の隆起速度の時間的・空間的な変化は、プレートテクトニクスに関連した様々な現象について基礎的な情報を提供する。山地の隆起速度履歴を復元することは、テクトニクスだけではなく、古気候変動の要因を探る上でも重要な課題である。

日本列島のような活動的縁辺域では、地殻変動速度履歴がとりわけ複雑であり、その復元は困難な研究課題である。これまで、日本列島の地殻の変形速度（隆起速度）を復元するため、様々な手法が適用されてきた。しかし、既存の研究手法には、隆起速度の分布を長期間にわたって面的に求めることができないという欠点がある。測地学的手法が解析できるのは観測が開始されて以降の数十年に限られており、そこから得られる値は他の地形学・地質学的手法で得られ得られる隆起速度の傾向と大きく異なることがある。これは、短期間で蓄積される地殻の歪は数百～数千年に一度の頻度で起こる巨大地震によって解放されており、地質学的時間スケールで蓄積されていく地殻の歪とは傾向が異なるためと解釈されている。もしこの解釈が正しければ、地質学的スケールで進行するテクトニックプロセスを探るためには、測地学的観測結果をそのまま参考にすることはできないことになる。一方、海岸段丘・前浜堆積物の標高など、地形学・堆積学的手法で求められる隆起速度についても、復元できる年代期間は主として12.5万年前までで、遡れたとしてもせいぜい30万年程度である。また、復元ができる領域も段丘が存在する地域に限られている。反射法地震探査や熱年代学的手法はより長期にわたる地殻隆起履歴を復元できる可能性があるが、やはり復元できる場合は条件の整った限られた地域であり、長期間にわたる隆起速度履歴を長期間にわたって復元することは難しい。

そこで、近年になり、地質学的時間スケールで面的に地殻隆起速度履歴を復元することのできる手法が Pritchard et al. (2009)によって提唱された。この手法は、まず岩盤河川の侵食作用を表すフォワードモデルを設定する。このフォワードモデルへの入力パラメーターは、地殻の隆起速度の履歴である。そして、実際に観測される複数の河川縦断形を最もよく再現するようにモデルパラメーターセットを探索することで、地殻の隆起速度履歴を広い範囲で面的に復元する。この手法は、一般にStream power modelと呼ばれる以下の仮定に基づいたフォワードモデルを使用している。Stream power modelでは、河床の基盤岩の侵食速度は河床勾配と河川の流量によって決定されるものと仮定する。

新たに提案された逆解析手法は主に安定大陸の隆起速度履歴の復元に用いられてきたが、活動的縁辺域への適用例はまれである。特に、日本列島のような火山性島弧では適用例は存在しない。これはいくつかの原因が考えられるが、例えば島弧の河川は大陸に比べて短く、あまり長期間にわたって過去の隆起速度履歴を保存できないことが問題となる。また、地体構造が複雑なために基盤岩強度にばらつきがありうることや、短周期（4--10万年周期）の海水準変動が与える河床勾配への擾乱も、逆解析を難しくする要因である。これらの要因を考慮するためには、少なくとも、逆解析結果を推定の不確かさも含めて検討できる解析手法が必要となるだろう。

そこで、本研究は、河川縦断形逆解析法における最適化計算手法としてマルコフ連鎖モンテカルロ法（Markov Chain Monte Carlo method: MCMC）を採用し、日本列島の河川系に本手法を初めて適用した。既存の河川縦断形逆解析手法は最適化計算手法として準ニュートン法（共役勾配法やL-BFGS法など）を採用しているため、解析結果は点推定となり、推定値の不確定性に関する評価が十分ではなかった。また、計算が局所的最適解に陥る可能性も高く、最適化計算を開始するパラメーター初期値に計算結果が依存するという問題点が指摘されている。

本研究では、最適化計算手法としてMCMCを実装したモデルを西南日本外帯（紀伊半島および四国）の河川へ適用した。また、モデルが普遍性を持つことを確かめるため、テクトニックセッティングおよび基盤岩の岩質が異なる東北地方の河川にも手法を適用し、河川縦断形逆解析法の利点と今後の改善点を検討する。

Pritchard, D., Roberts, G. G., White, N. J., & Richardson, C. N. (2009). Uplift histories from river profiles. *Geophysical Research Letters*, 36(24).

Keywords: Quaternary, river geomorphology, inverse analysis

## [1poster51-55] R10 [Regular Session]Origin of carbonate rocks and related global environments

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

### [R10-P-1] Characteristics of tufa deposits developed near Bonito, Brazil

\*Fumito SHIRAIISHI<sup>1</sup>, Ysaku HANZAWA<sup>1</sup>, Jiro ASADA<sup>2</sup>, Leonardo Fadel CURY<sup>3</sup>, Anelize Manuela BAHNIUK<sup>3</sup> (1. Hiroshima University, 2. INPEX CORPORATION, 3. Federal University of Parana)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R10-P-2] (entry) Depositional settings and paleoclimates estimated from paleosols in Tetori Group (Lower Cretaceous), Toyama Prefecture

\*Kensuke Kuroshima<sup>1,2</sup>, Masato Fujita<sup>3</sup>, Yoshihiro Kakizaki<sup>4</sup>, Akihiro Kano<sup>4</sup>, Fumito Shiraishi<sup>2</sup> (1. Hiroshima University Museum, 2. Hiroshima University, 3. Toyama Science Museum, 4. The University of Tokyo)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R10-P-3] (entry) Stromatoporoids and *Chaetetes* of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone: Morphological variations in each reef environment

\*Shota SUGAMA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Mitsuru MASUI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup> (1. Osaka City University, 2. Fukuoka University, 3. formerly University of the Ryukyus)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R10-P-4] (entry) Models of construction of Bashkirian organic reefs in the reef front setting from the Akiyoshi Limestone Group, Southwest Japan

\*Koki SHIMIZU<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup> (1. Osaka City Univ., 2. Fukuoka Univ., 3. Formerly Univ. Ryukyus)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R10-P-5] Construction of calcimicrobial reefs and calcimicrobial diversity in the Zhushadong Formation (Cambrian Series 2), Shandong Province, North China

\*Natsuko ADACHI<sup>1</sup>, Hiroo NATSUKAWA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Jianbo LIU<sup>2</sup>, Zhen YAN<sup>3</sup>, Yuxuan CHEN<sup>2</sup> (1. Osaka City University, 2. Peking University, 3. Chinese Academy of Geological Sciences)

4:30 PM - 7:00 PM

## Characteristics of tufa deposits developed near Bonito, Brazil

\*Fumito SHIRAISHI<sup>1</sup>, Ysaku HANZAWA<sup>1</sup>, Jiro ASADA<sup>2</sup>, Leonardo Fadel CURY<sup>3</sup>, Anelize Manuela BAHNIUK<sup>3</sup>

1. Hiroshima University, 2. INPEX CORPORATION, 3. Federal University of Parana

トウファは淡水性の炭酸塩堆積物であり、微生物岩のアナログや古気候記録媒体として注目されている。近年、ドイツおよび日本においてトウファの地球微生物学的研究が行われ、その形成にシアノバクテリアなどの光合成が大きく寄与していること、またシアノバクテリアの分泌する細胞外高分子の化学的特性が堆積組織に大きな影響を与えていることなどが明らかにされた (Shiraishi et al., 2008a,b, 2010, 2017)。しかしながら、ドイツと日本のトウファ堆積場はどちらも気候の季節変動が大きく、それらの形成過程が他の気候条件のものにも当てはまるかは不明であった。そこで本研究は、気候の季節変動が比較的小さいブラジルのボニート近郊に見られるトウファを対象とし、微小電極測定やレクチン結合性分析などの微生物学的手法を適用することで、その形成過程を明らかにすることを目的とした。ボニートはブラジルのマットグロッソ・ド・スル州の南西部に位置する。調査対象となったトウファは、ボニートから北に約13.5 kmのミモザ川沿いに発達している。トウファは主に石灰化したフィラメント状シアノバクテリアから構成されており、断面における葉理組織はやや不鮮明であった。シアノバクテリアの多くは結晶核形成に適した酸性の細胞外高分子を分泌していたが、一部の非酸性細胞外高分子を持つものは石灰化されずに空隙を形成していた。微小電極測定の結果から、検討した8試料すべてで光合成誘導CaCO<sub>3</sub>沈殿が起きていることが示された。しかしながら、そのうち5試料では暗条件においてもトウファ表面におけるCa<sup>2+</sup>の消費が起きていた。DNA解析、水化学分析、マスバランス計算などから、光非依存代謝や有機物の酸性官能基によるCa<sup>2+</sup>吸着の影響は僅少と考えられる。それゆえ、暗条件におけるCa<sup>2+</sup>消費は無機的なCaCO<sub>3</sub>沈殿を表している可能性が高い。この解釈が正しいとすると、検討を行った8試料の平均では光合成誘導沈殿の寄与が60%、無機沈殿の寄与が39%、酸性有機物への吸着の寄与が1%と推定される。

### 引用文献

Shiraishi F., Bissett A., de Beer D., Reimer A., Arp G. (2008a) Photosynthesis, respiration and exopolymer calcium-binding in biofilm calcification (Westerhofer and Deinschwanger Bach, Germany). *Geomicrobiology Journal* 25, 83-94.

Shiraishi F., Reimer A., Bissett A., de Beer D., Arp G. (2008b) Microbial effects on biofilm calcification, ambient water chemistry and stable isotope records (Westerhofer Bach, Germany). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 262, 91-106.

Shiraishi F., Okumura T., Takahashi Y., Kano A. (2010) Influence of microbial photosynthesis on tufa stromatolite formation and ambient water chemistry, SW Japan. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74, 5289-5304.

Shiraishi F., Hanzawa Y., Okumura T., Tomioka N., Kodama Y., Suga H., Takahashi Y., Kano A. (2017) Cyanobacterial exopolymer properties differentiate microbial carbonate fabrics. *Scientific Reports* 7, 11805.

## (entry) Depositional settings and paleoclimates estimated from paleosols in Tetori Group (Lower Cretaceous), Toyama Prefecture

\*Kensuke Kuroshima<sup>1,2</sup>, Masato Fujita<sup>3</sup>, Yoshihiro Kakizaki<sup>4</sup>, Akihiro Kano<sup>4</sup>, Fumito Shiraishi<sup>2</sup>

1. Hiroshima University Museum, 2. Hiroshima University, 3. Toyama Science Museum, 4. The University of Tokyo

前期白亜紀の東アジアは、恐竜の多様性や進化を考える上で重要な地域である。恐竜の多様性を生む原因の一つに気候があり、それを理解するためには東アジアの古気候の正確な推定が必要である。

土壌の化石である古土壌からは、その構造や組成などを用いた定性的な古環境推定が可能であると共に、主要元素組成を用いて形成当時の気温や降水量といった定量的な古環境推定が可能である<sup>[1]</sup>。さらに古土壌中にみられる炭酸塩ノジュールからは、古土壌形成当時の水化学組成やCO<sub>2</sub>濃度などの定量的情報も得られることが知られている<sup>[2]</sup>。古土壌と炭酸塩ノジュールは、日本の前期白亜紀の陸成層中から複数報告されており<sup>[3][4]</sup>、これらを用いることで、陸域の古環境を定性的かつ定量的に推定することが可能になると考えられる。そこで本研究では、富山県の上市・立山地域に分布する下部白亜系手取層群中にみられる古土壌と炭酸塩ノジュールを用いて、堆積環境と古気候を推定した。

本研究では綿密な地質調査を行い、上市地域（セクションK5：白岩川層）と立山地域（セクションT1：白岩川層）にみられる古土壌の記載とノジュールの密なサンプリングを行った。また持ち帰った試料を用いて以下の検討を行なった。

(1) 肉眼・薄片観察、(2) 粉末X線回折(XRD)分析による鉱物同定、(3) 蛍光X線分析(XRF)による全岩の主要元素組成分析、(5) 軽元素質量分析計(IR-MS)を用いた炭素・酸素安定同位体比分析、(6) 誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-OES)による炭酸塩鉱物中の主要・微量元素組成分析。

本研究で検討を行った2つのセクションでは、年平均気温(MAT)と年間降水量(MAP)の推定値はそれぞれ約10~12°Cと約1000~1500 mmとなり(低温~中温かつ湿潤)、ほとんど差はみられなかった。一方で、古土壌の色合い(セクションK5で赤色層、セクションT1で灰色層が卓越)や内在する炭酸塩ノジュール中の炭酸塩鉱物種(セクションK5でドロマイトとシデライト主体、セクションT1でドロマイトとカルサイト主体)には違いが見られた。これは降雨の季節性や水はけの良し悪しなど、局所的な環境条件の違いを反映していると考えられる。一方で、炭酸塩鉱物の酸素同位体比はセクションK5で有意に低く、これはモンスーン気候での雨季における降水の量的効果を反映していると考えられる<sup>[5]</sup>。すなわち、両セクションではMAPとMATが同程度であるにも関わらず、降水の量的効果・雲の輸送距離や局所的堆積環境の違いによって形成される古土壌や炭酸塩ノジュールの特徴に差が生まれたと考えられる。これらの結果から、前期白亜紀の東アジアの手取層群堆積場は低温~温暖な湿潤気候であり、モンスーンの強弱があったと推定される。炭酸塩ノジュールと赤色層を含む古土壌であっても低温~温暖な湿潤気候が示されたことは、赤色層の存在などをもとに、白岩川層を含む手取層群最上位層形成時に気候が高温・乾燥へと移行したとするこれまでの解釈<sup>[4]</sup>とは対照的である。本研究のように詳細な検討を他地域・他年代の古土壌に対して網羅的に行うことで東アジアの古気候、そして恐竜をはじめとする生物相の多様性を生む原因が明らかになるだろう。

【引用文献】 [1] Tabor and Myers (2015) Annual Reviews of Earth Planetary Science, 43, 11.1-11.29. [2] Sheldon and Tabor (2009) Earth-Science Review, 95, 1-52. [3] Lee and Hisada (1999) Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 153, 127-138 [4] 茂野ほか (2004) 福井県立恐竜博物館紀要, 3, 1-22. [5] Cerling (1984) Earth and Planetary Science Letters 71, 229-240.

Keywords: Paleosol, Carbonate nodule, Paleoenvironment, East Asia

## (entry) Stromatoporoids and *Chaetetes* of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone: Morphological variations in each reef environment

\*Shota SUGAMA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Mitsuru MASUI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup>

1. Osaka City University, 2. Fukuoka University, 3. formerly University of the Ryukyus

秋吉石灰岩は前期石炭紀から中期ペルム紀にパンサラッサ海の海洋島頂部で形成された生物礁複合体起源の石灰岩である(太田, 1968)。従来, 秋吉生物礁の研究では, 礁環境ごとの造礁生物の組み合わせや礁の構築様式の検討が行われてきた。しかし, 層孔虫やケーテテスなどの主要な造礁生物の内部形態や外部形態の変異に関する詳細な検討は行われていない。本発表では, 礁環境を外洋側から順に下部礁縁, 上部礁縁, 礁嶺, 外側礁原, 内側礁原, 背礁斜面に区分した上で(Sugiyama and Nagai, 1994), 石炭紀バシキーリアン期の層孔虫とケーテテスの礁環境ごとの外部形態と内部形態変異及び相互の関係, その変異をもたらした生物や環境要因を考察する。

縦方向に伸長するピラーと横方向に伸長するラミナを持つことで特徴づけられる層孔虫は, ピラーに円柱状のA型と円錐状のB型の形状が識別されている。ケーテテスは「はしご状」の骨格構造を持つことで特徴づけられる。外部形態変異はスラブ面での成長形態を観察した。

外部形態変異は, ケーテテスと層孔虫で共に大きい。ケーテテスは一般的にドーム状を呈するが, 礁嶺では層状, 背礁斜面ではドーム状, 不規則塊状や層状を呈する。層孔虫は成長中断面をしばしば示し, 一般的にドーム状を呈するが, 礁嶺と背礁斜面では層状, 上部礁縁では掌状を呈する。また, 礁嶺では層孔虫とケーテテスが相互に被覆している様子が顕著に見られる。

内部形態変異は測定を行い, 測定部位は次の通りである。層孔虫では「ラミナ間隔」, 「ピラー幅」, 「ピラーのみかけの面積」, ケーテテスでは「床板間隔」, 「床板幅」, 「床板10枚あたりの面積」である。

内部形態変異に関して, 礁環境による変異はケーテテスでは極めて小さいのに対し, 層孔虫では大きい。層孔虫では, 礁嶺でピラーが円錐状の形状(B型)を示し, 他の礁環境で円柱状の形状(A型)を示す。背礁斜面では, A型とB型の両方が認められる。

下部礁縁などで層孔虫のピラーが円柱状のA型を示すのは, 成長を上位方向に継続させる作用が働いたためと考えられる。特に下部礁縁では水深が深く, 上方に成長可能な空間が広がっていることが関係している。一方, 礁嶺で円錐状のB型を示すのは, ケーテテスと相互に被覆することで上位方向に成長を継続させる働きが作用しなかったことに起因する。さらには水深が浅く上方に成長可能な空間が制約されていることが関係している。背礁斜面で内部形態が特定の形状を示さないのは, 基底部では層孔虫が排他的に基盤部に固着・成長し, より上位部では層孔虫とケーテテスが相互に被覆するように成長していることから, 上位方向に成長しやすい環境としにくい環境が共存していることに起因する。一方, ケーテテスの内部形態変異が小さいのは, 堅固な「はしご状」の骨格構造を形成することに関係し, 干出などによる成長中断が生じても, 内部形態が変化し難いことに起因している。

今後は, 本検討層準よりも上位層準の層孔虫やケーテテスの造礁生物の形態変異にも注目しながら, 前期石炭紀の礁の構築様式を詳しく検討していく必要がある。

### 引用文献

太田正道(1968): 地向斜型生物礁複合体としての秋吉石灰岩層群。秋吉台科学博物館報告, no. 5, 1-44.  
Sugiyama, T. and Nagai, K. (1994): Reef facies and paleoecology of reef-building corals in the lower part of the Akiyoshi Limestone Group (Carboniferous), Southwest Japan. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 172: 231-240.

Keywords: Stromatoporoids, Chaetetes, Carboniferous, Akiyoshi Limestone, Reef

## (entry) Models of construction of Bashkirian organic reefs in the reef front setting from the Akiyoshi Limestone Group, Southwest Japan

\*Koki SHIMIZU<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Tetsuo SUGIYAMA<sup>2</sup>, Koichi NAGAI<sup>3</sup>, Natsuko ADACHI<sup>1</sup>

1. Osaka City Univ., 2. Fukuoka Univ., 3. Formerly Univ. Ryukyus

山口県美祿市に分布する秋吉石灰岩は前期石炭紀から中期ペルム紀にパンサラッサ海の海山頂部で形成された生物礁複合体起源の石灰岩である。秋吉生物礁複合体はその形成環境の違いにより、外洋側から下部礁縁、上部礁縁、礁嶺、外側礁原、内側礁原、背礁斜面に区分される（杵山・長井，1990）。上部石炭系下部（バシキーリアン）では，“石灰藻”とケーテスが豊富な礁嶺や背礁斜面を中心に礁の構築様式の検討が行われてきた。しかし、生物の多様性が最も高い礁縁環境では、サンゴ類が礁の構築様式に果たした役割は十分に解明されていない。そこで本発表では、礁縁環境に注目し礁の構築様式や礁形成当時の堆積環境について検討する。

礁縁環境では、四射サンゴ（Pseudopavonidae科，Amygdalophyllidae科，Lithostrotionidae科など）や層孔虫、床板サンゴ、コケムシ、石灰藻、フズリナ、小型有孔虫などが見られた。主な枠組み構築者は群体四射サンゴと層孔虫である。四射サンゴが豊富な礁では、塊状サンゴの*Ozakiphyllum*や枝状サンゴの*Hiroshimaphyllum*が主要な礁の構築者の役割を果たす。種類が異なる四射サンゴ同士が共産することはまれで、単独の種類が個別に群生し、パッチ状に礁を形成する傾向がある。四射サンゴは、凝集性の小型有孔虫によって結束されたウミユリ片などの生砕性堆積物を固着基盤として発達する場合が認められる。一方、層孔虫は、層状やドーム状、掌状などの様々な成長形態を示す。層孔虫は石灰藻*Donezella*を固着基盤として活用する場合が多い。層孔虫の縦方向の骨格要素であるピラーは、各々上方へ継続的に発達する。しかし、層孔虫には頻繁に成長中断が生じており、成長中断期には阻害要因や発達の程度に応じて、凝集性の小型有孔虫や床板サンゴ、コケムシといった付着生物が成長中断面上を固着基盤として一時的に活用している。特に、凝集性の小型有孔虫が占有する割合が高く、層孔虫内に暗黒色の薄層を多数形成する。四射サンゴの表面では被覆性の小型有孔虫や凝集性の小型有孔虫も多数確認された。床板サンゴは単体で産出するのではなく、四射サンゴ体の表面や層孔虫の成長中断面で認められる場合がほとんどである。コケムシはサンゴ体の表面や成長中断面で散点的に産出する。石灰藻はサンゴ体の表面で層状やドーム状に成長する。層孔虫と四射サンゴの共産部では、層孔虫が四射サンゴの骨格表面を固着基盤として活用している。

造礁生物の違いによっていくつかの礁の構築様式のタイプが認められる。塊状群体サンゴの*Ozakiphyllum*が主要な場合、サンゴ体自体が枠組みとなる。その表面を床板サンゴや凝集性の小型有孔虫、層孔虫などが被覆する。そして、それらの造礁生物がつくる枠組みの間隙部に生砕物が充填される。枝状群体サンゴ*Hiroshimaphyllum*が卓越する場合、そのサンゴ体の表面を床板サンゴや凝集性の小型有孔虫、石灰藻などが次々と被覆しサンゴ体同士を結束することで枠組みを形成する。この枠組みの間隙部を生砕物が充填する。一方、層孔虫は小規模ながら大型の造礁生物としては単独で礁を形成することが多い。その際、層孔虫は成長の中断と再開を繰り返し、その成長中断面には凝集性の小型有孔虫や床板サンゴ、コケムシなどが被覆する。これは層孔虫の成長にとって不利な環境では層孔虫は成長を中断させ、凝集性の小型有孔虫や床板サンゴ、コケムシなどが一時的に空いた安定な固着基盤を活用して繁栄している。一方、層孔虫にとって良好な環境では層孔虫は成長を回復させ、凝集性の小型有孔虫や床板サンゴ、コケムシを被覆して上方や側方へと礁の枠組みを拡大させた。群体四射サンゴや層孔虫が卓越する礁は、同じ礁縁環境の中でも、水深、栄養塩量、底質の違いなどの生息環境の違いに応じて、種類や成長形態を変え小規模ながらも礁を形成していた。また、被覆生物はサンゴ体周辺部や層孔虫の成長中断面を付着基盤として活用し、枠組み構築物を構造的に補強していた。

### 引用文献

杵山哲男・長井孝一，1990，秋吉石灰岩層群Auloporidid coralsの成長形態について：秋吉生物礁複合体における造礁生物群の古生態学的研究Ⅰ。秋吉台科学博物館報告，no. 25，7-25。

Keywords: Late Carboniferous, Reef, Rugose coral, Stromatoporoid, Akiyoshi

# Construction of calcimicrobial reefs and calcimicrobial diversity in the Zhushadong Formation (Cambrian Series 2), Shandong Province, North China

\*Natsuko ADACHI<sup>1</sup>, Hiroo NATSUKAWA<sup>1</sup>, Yoichi EZAKI<sup>1</sup>, Jianbo LIU<sup>2</sup>, Zhen YAN<sup>3</sup>, Yuxuan CHEN<sup>2</sup>

1. Osaka City University, 2. Peking University, 3. Chinese Academy of Geological Sciences

顕生累代最初の造礁骨格生物である古杯類は、カンブリア紀テレヌーブ世後期にシベリアで出現した。古杯類は、その後、カンブリア紀第二世までに世界中の低緯度浅海域に古杯類礁を発達させ、第二世末に消滅した。北中国で顕生累代最古の礁は朱砂洞層 (カンブリア系第二統) に認められる。その礁は、石灰質微生物類を豊富に含むが古杯類を産出しない。朱砂洞層の微生物類礁は、古杯類の出現や消滅とは別に、石灰質微生物類自体の繁栄や衰退、地域的な環境変化の観点から、石灰質微生物類礁の変遷を知る手がかりを与える。本研究では北中国山東省の孫麻峪と金河セクションで認められる石灰質微生物類礁を対象に、その構築様式や石灰質微生物類の多様性を検討する。

孫麻峪セクション: 小規模なドーム状を示す礁 (直径数十センチメートル) がペロイドやウーイド石灰岩中に発達する。礁は斑状組織を示すスロンボライトが特徴的である。これらスロンボライトは、石灰質微生物類の *Epiphyton* や *Renalcis* などの密集によって形成される。層理面で、石灰質微生物類が密集する核部とその周囲を内層と外層 (約5 cm) が縁取る特異な産状を示すスロンボライトも認められる。核部では、*Epiphyton* や *Kordephyton* などの石灰質微生物類が密集し、斑点状スロンボライトを形成する。内層では *Epiphyton* が、外層では *Amgaina* が卓越する。

金河セクション: 直径数十センチメートルから1~2メートル程度の小規模なドーム状を示す礁がノジュール状石灰岩中に発達する。礁は斑点状、網状、樹状組織を示すスロンボライトで特徴づけられる。スロンボライトの枠組み本体部は、大部分が再結晶しているため褐色を示す。しかし、部分的に *Kordephyton* や *Renalcis* などの痕跡が認められる。さらに、枠組み表面をチューブ状微生物類が被覆する。これら礁の枠組み間には、ペロイド状粒子や石灰泥が充填する。石灰泥充填部には、直径約0.5 mm のチューブ状を示す生痕がよく発達する。また、*Renalcis* を豊富に含む礁の枠組み間では、セメントで内部が充填された不規則な形状の窓状構造が多く観察される。

孫麻峪セクションと金河セクションでは、礁の特徴や卓越する石灰質微生物類の組み合わせに違いがある。孫麻峪セクションでは、縁取りのある特異な産状のスロンボライトが発達し、*Epiphyton* や *Kordephyton*、*Amgaina* が豊富である。金河セクションでは、*Kordephyton* や *Renalcis* が豊富である。孫麻峪セクションは金河セクションより浅海側に位置するため、この違いは両地域の堆積環境の違いを反映している可能性が高い。孫麻峪セクションのスロンボライトは、ウーイドやペロイド状粒子を含むグレインストーン中に発達し、層状ラミナの発達する微生物マットや鳥の目構造なども認められることから、潮下帯上部から潮上帯で、*Epiphyton* や *Kordephyton* が群生することで形成されたと推定される。一方、金河セクションのスロンボライトは、ノジュール状石灰岩中に発達しており、潮下帯下部で、主要な構築者である *Kordephyton* や *Renalcis* が上方や側方へ成長することによって形成された。

朱砂洞層からは、同時代の古杯類礁で認められる石灰質微生物類と同程度の種類の石灰質微生物類が観察される。石灰質微生物類は、古杯類が創り出す多様なニッチの有無に関わらず多様化し、礁の構築に関与していた。しかし、朱砂洞層より上位の張夏層 (カンブリア系ミャオリン統) では石灰質微生物類の多様性は激減している。古杯類の消滅前後 (カンブリア紀第二世~ミャオリン世) に石灰質微生物類の多様性はどのように変化したのだろうか。石灰質微生物類が、古杯類を消滅させた世界的な環境変化にどのような影響を受けたのかを検討していく必要がある。

Keywords: Cambrian, calcimicrobe, reef, North China



## [1 poster56-60] R12 [Regular Session] Deformation and reactions of rocks and minerals

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

[R12-P-1] (entry) Effects of strain on the activity of slip systems in deforming quartz inferred from crystallographic- and shape-preferred orientation of sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry

\*QI WANG<sup>1</sup> · Takamoto OKUDAIRA<sup>1</sup> (1. Faculty of Science, Osaka City University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R12-P-2] Stick– slip behavior of a clayey crustal fault

\*Jun Kameda<sup>1</sup>, Yohei Hamada<sup>2</sup> (1. Hokkaido University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research)

4:30 PM - 7:00 PM

[R12-P-3] Development of new Griggs-type rock deformation apparatus targeting the Pc-Pp-T condition of the base of the seismogenic zone

\*Keishi Okazaki<sup>1</sup>, Jun Muto<sup>2</sup> (1. KCC/JAMSTEC, 2. Tohoku University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R12-P-4] (entry) Effects of host rock on strength and thickness of fault zones

\*Momoyo FUKUDA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup> (1. Yamaguchi University)

4:30 PM - 7:00 PM

[R12-P-5] Extremely slow grain growth of albite feldspar

\*Norio Shigematsu<sup>1</sup>, Masanori Kido<sup>1</sup>, You Zhou<sup>2</sup>, Hideki Hyuga<sup>2</sup>, Yu-ichi Yoshizawa<sup>2</sup> (1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, AIST, 2. Multi-Material Research Institute, AIST)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Effects of strain on the activity of slip systems in deforming quartz inferred from crystallographic- and shape-preferred orientation of sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry

\*QI WANG<sup>1</sup>

1. Faculty of Science, Osaka City University

To clarify the relationship between the strain and the activity of slip systems in quartz, we analyzed crystallographic and shape preferred orientation of sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry in the Ryoke belt, Awaji Island, SW Japan. In general, slip systems, i.e., basal  $\langle a \rangle$ , rhomb  $\langle a \rangle$  and prism  $\langle a \rangle$  slip systems, are the active slip systems under the upper crustal condition, and the activity of slip systems has been considered to be temperature-dependent (Passchier and Trouw 2005; Law 2014). It has been proposed that basal and prism may operate readily at lower and higher temperature conditions. However, based on the detailed textural analysis of CPOs of experimentally deformed Black Hills Quartzite, Kilian and Heilbronner (2017) suggested that the texture transition is not as a result of the temperature-dependent activity of different slip systems but as a result of different texture forming processes depending on stress and/or strain. Textures with peripheral [c] axes are often observed in rocks deformed under low-grade conditions cannot attribute to the activity of basal slip system, and proposed oriented nucleation and growth a new process to form textures with peripheral [c] axes. Furthermore, with increasing strain, dislocation glide involving prism and rhomb slip leads to a high density of [c] axes in the center of the pole figure.

In this study, we analyzed the deformed granitic porphyry samples with different strain, which has been reported by Kano and Takagi (2013), and measured the shape preferred orientation of quartz grains by calculating aspect ratio from the long and short axis of grains are those of fitted ellipse to grain shape using ImageJ software to reveal the strain magnitude. Quartz CPOs was measured by U-stage equipped with an optical microscope to infer the operative slip systems. Based on the crystallographic- and shape-preferred orientation of sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry, we will discuss the effect of strain on the activity of slip system in deforming quartz.

References: Kano H, Takagi H (2013) *J Geol Soc Japan* 119:776–793. Kilian R, Heilbronner R (2017) *Solid Earth* 8:1095–1117. Law RD (2014) *J Struct Geol* 66:129–161. Passchier CW, Trouw RAJ (2005) *Microtectonics*.

Keywords: Crystallographic preferred orientation, Quartz slip system, Deformed quartz phenocryst

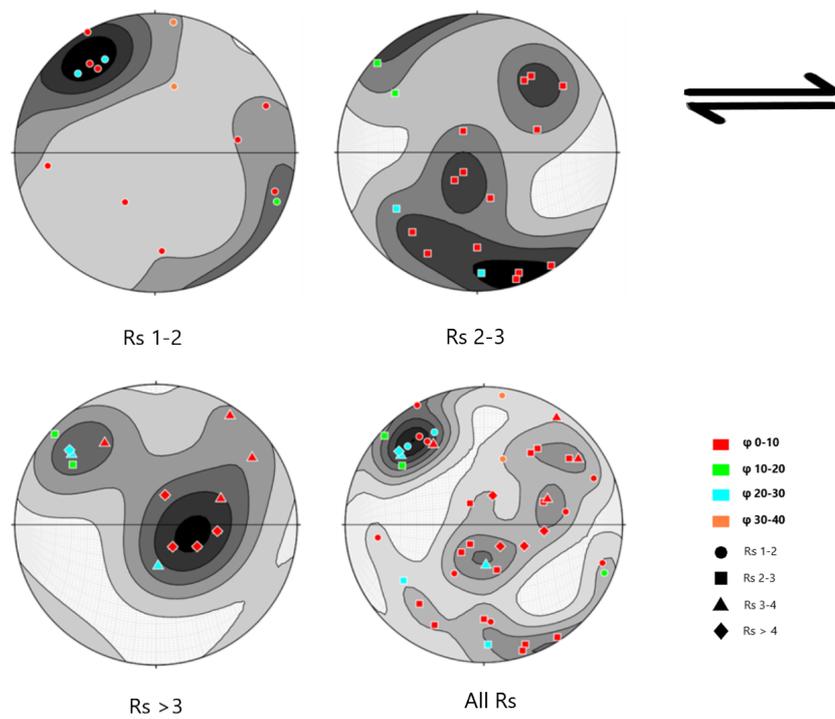


Figure 1. C-axis pole figures for different classes of aspect ratio  $R_f$  in weekly deformed sheared quartz phenocrysts in a granitic porphyry.  $\phi$  indicate the angle between the quartz long axis and the lineation

## Stick-slip behavior of a clayey crustal fault

\*Jun Kameda<sup>1</sup>, Yohei Hamada<sup>2</sup>

1. Hokkaido University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research

一般に粘土鉱物の濃厚分散液は、粒子同士の相互作用によって凝集分散が起こるため複雑なレオロジー挙動を示す。粘土分散液の多くは攪拌・振動により凝集構造が破壊されて流動性を獲得す場合があり、この性質をチキソトロピーと呼ぶ。Coussot et al (2002) らのレオロジー実験によると、チキソトロピー流体の流動特性はある応力値を境として大きく異なり、それ以上の応力を与えると流れとともに粘性度は次第に低下していずれ定常流に至るのに対し、閾値以下の応力では粘性度が急激に上昇して最終的に流動は停止することになる。Coussot et al (2002) らは、凝集体・ネットワーク構造の破壊-再生競合モデル(次式)を導入することで、定性的ではあるもののチキソトロピー流体の流動挙動を予測できることを示した:  $d\lambda/dt = 1/\tau - \alpha\lambda\gamma$ 。ここで $\lambda$ は状態を表す変数、 $\alpha$ は定数、 $\tau$ は構造再生にかかる時定数、 $\gamma$ はひずみ速度である。このように表現されるチキソトロピー性は、急激に流動を開始する地すべりなどの現象をよく説明できることもあわせて指摘している。

最近われわれは、日本海溝先端のスメクタイトを含むプレート境界断層が塑性流動変形する可能性について検討しており(Kameda and Hamada 2020)、本研究ではさらに断層のチキソトロピー性についても検討したので報告する。断層の模擬物質として、smectite(クニミネ工業)とquartzの粉末を7:3の割合で混合し、0.6 MのNaCl溶液に分散させたスラリーを使用した(固相分率はおよそ0.1)。レオロジー実験にはレオメータ(HR-2, TA Instruments)を使用し、25度の条件で一定応力を作用させたときの粘性度変化を調べた。結果を図1に示す。

実験の結果、応力値34Paを境に粘性度の挙動が大きく変化することが分かった。この応力値は、定常ずり流動測定で得られる降伏応力とよく一致する(32.4Pa; Kameda and Hamada, 2020)。また得られたデータは、Coussotモデルにより良く説明されることも分かった(図1の実線)。さらにこのモデルを組み込んだバネスライダー系の挙動について調べたところ、パラメータの条件によって定常流からスティックスリップに類似するものまで、多様な振る舞いを示すことが分かってきた。こうした挙動は、プレート境界断層の多様な断層すべりプロセスに対応している可能性がある。

### 引用文献

Coussot P, QD Nguyen, HT Huynh and D Bonn (2002) J. Rheol. 46, 573.

Kameda J and Hamada Y (2020) Geophys. Res. Lett. 47, e2020GL088395

Keywords: fault, smectite, thixotropy

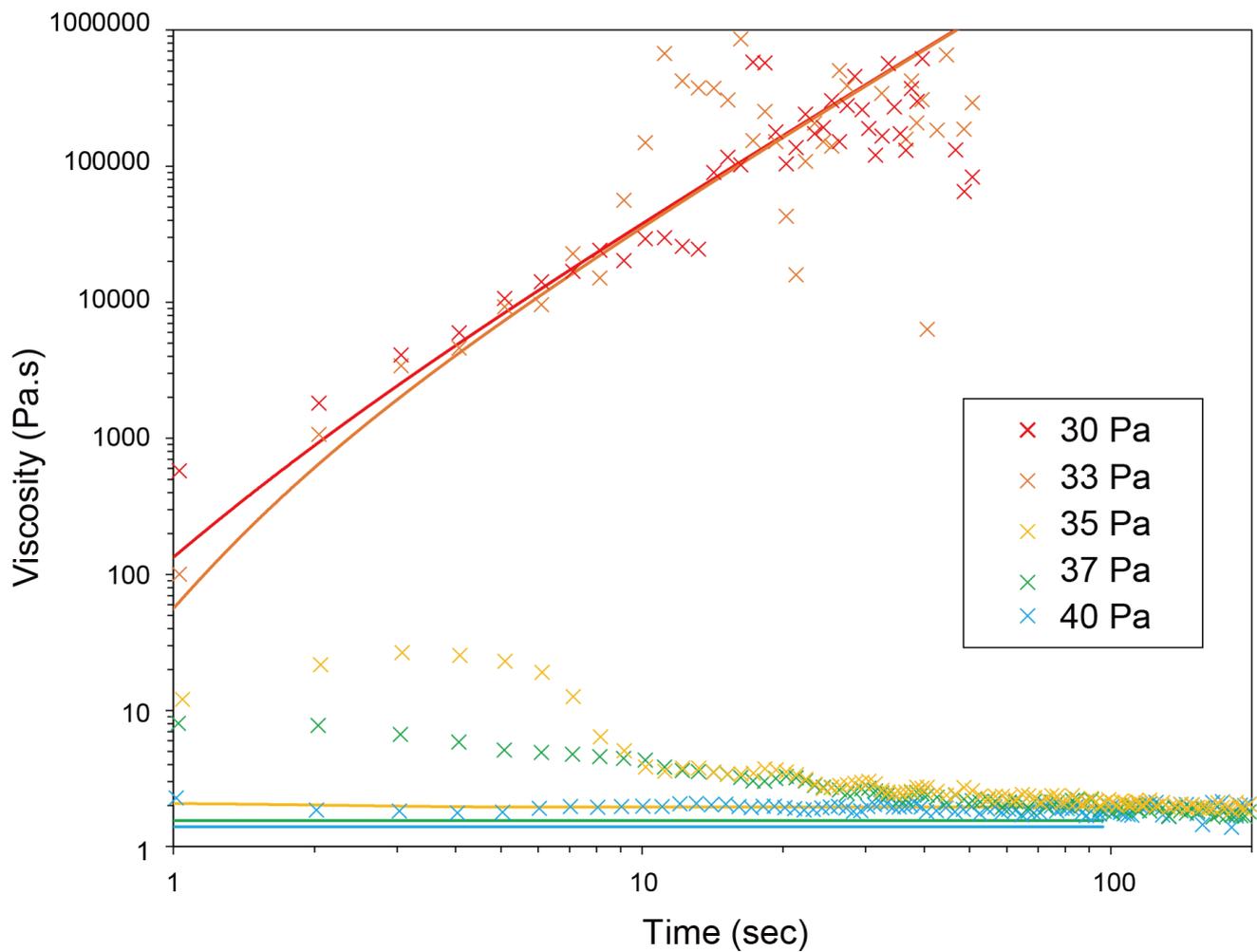


図1. 応力 (30 ~ 40Pa) を作用させたときの粘性度変化。実線は Coussot モデルでフィットした結果 ( $\alpha = 1.03$ ,  $\tau = 0.059$  sec,  $\eta_0 = 1.06$  Pa.s, and  $n = 2.06$ )。

## Development of new Griggs-type rock deformation apparatus targeting the Pc-Pp-T condition of the base of the seismogenic zone

\*Keishi Okazaki<sup>1</sup>, Jun Muto<sup>2</sup>

1. KCC/JAMSTEC, 2. Tohoku University

At subduction plate boundaries and inland active faults, most of large earthquakes ( $M_w > 7$ ) occur at the base of the seismogenic zone with a depth of about 10–25 km. The PT conditions of these areas corresponds to lithostatic pressures ranging 300–800 MPa and temperatures ranging 200–400 degC. In addition, seismological observations indicate that the pore fluid pressure is nearly lithostatic, meaning 300–800 MPa. The presence of high pore fluid pressure plays a key role in controlling the rock rheology, because the frictional strength of the fault is a function of the effective pressure and physico-chemical properties of fluids changes exponentially under high pressure. However, most of rock friction experiments have been conducted under pressures lower than 200 MPa. Therefore, understanding of fault rheology at the base of the seismogenic zone is limited by the extrapolations of low PT experiments and experiments using analog materials.

We recently built two new solid pressure medium apparatuses at KCC/JAMSTEC and Tohoku University. These are capable of increasing the confining pressure, the pore pressure and the temperature up to 2 GPa, 1 GPa and 1200 degC, respectively. These apparatuses can reproduce the in-situ or even deeper P-Pp-T conditions of the seismogenic zone. Our preliminary experiment on San Carlos olivine deformed under the confining pressure of 1 GPa at the temperature of 400 degC without the pore fluid showed a stick-slip behavior. The nominal friction coefficient was 0.45 for the dry experiment. In contrast, deformation experiment on San Carlos olivine under the confining pressure of 1 GPa, the pore pressure of 480 MPa at the temperature of 462 degC indicates that the nominal friction coefficient was 0.42 with assuming fully undrained condition. The recovered sample showed the formation of chlorite-rich shear zone along the piston-sample boundary probably due to reaction among the sample, water and alumina piston. Serpentine and Fe-oxide were also observed in the sample matrix. This presentation will also report basic performances, calibration data of the apparatuses and further experimental results.

Keywords: friction experiment, subduction zone, rock deformation, earthquake

## (entry) Effects of host rock on strength and thickness of fault zones

\*Momoyo FUKUDA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup>

1. Yamaguchi University

### はじめに

天然の断層には様々なスケールにおいて幅があることが知られている（例えばChoi et al., 2016）。また、断層の累積変位量と断層帯の幅には6桁にもわたって正の相関があることが様々な断層のコンパイルから明らかにされている（Childs et al., 2009）。一方で、同じ変位量であっても断層帯の幅には3桁程度の差があることも知られており、断層帯の幅を決定づける要因として変位量以外のものが存在すると考えられる。幅の広がりにくい断層帯については、断層ガウジ中の弱い鉱物が連続した組織を形成し、スリップゾーンが局所化することによって形成されることが摩擦実験から明らかになっている（Oohashi et al., 2013）。しかし、幅の広がりやすい断層帯がどのような要因によって形成されるのかは明らかになっていない。そこで本研究では、幅の広い断層帯の形成要因を明らかにすることを目的とし、摩擦実験において模擬断層ガウジを挟むシリンダーの岩種が断層帯の幅に与える影響を調べた。

### 研究手法

本研究では、先行研究（Oohashi et al., 2013）に準じて石英とグラファイトの混合物を模擬断層ガウジとし、垂直応力2 MPa、等価変位速度（嶋本・堤, 1994）250  $\mu\text{m/s}$ で回転式摩擦実験を行なった。その後、実験によって形成された模擬断層ガウジ中の組織を光学顕微鏡とSEMで観察し、変形の程度により非変形帯、弱変形帯、変形帯、変形集中帯の4つに区分した。

### 結果・議論

その結果、シリンダーに斑れい岩を使用した実験では摩擦強度がすべり始めの半分まで弱化する（定常摩擦係数0.25~0.42）が、砂岩を使用した実験では高い定常状態（摩擦係数0.62~0.8）のまますべり続けた。また、組織観察では砂岩シリンダーの実験は斑れい岩シリンダーの実験に比べ、変形帯の幅が約4倍に広がることがわかった。さらに、砂岩を用いた実験で幅が広がった原因を明らかにするため、検証実験を行なった。検証実験では、摩擦実験後にシリンダーの表面が削られていることから、砂岩と斑れいの性質の違いのうち、表面の削れやすさに着目し、砂岩シリンダーの表面の粗さを変えた。その結果、幅が広がった要因として、累積変位量の他にシリンダー表面の粗さが関係していることがわかり、同変位量（あるいは同摩擦仕事量）の実験において、表面の粗さが粗くなるほど変形帯や変形集中帯の幅が広がることが明らかになった。このことから、天然の断層帯の中でも変形の集中した部分の厚さに関しては、母岩との境界面の粗さ（表面形状）が影響を与えていると考えられる。

### 引用文献

- Childs, C., Manzocchi, T., Walsh, J., Bonson, C., Nicol, A. and Schopfer, M. (2009) *Journal of Structural Geology* 31, 117-127.
- Choi, J., Edwards, P., Ko, K. and Kim, Y. (2016) *Earth-Science Reviews.*, 152, 70-87.
- Oohashi, K., Hirose, T. and Shimamoto, T. (2013) *Journal of Geophysical Research Solid Earth* 118(5), 2067-2084.
- 嶋本利彦・堤昭人 (1994) *構造地質研究会誌*, 39, 65-78.

## Extremely slow grain growth of albite feldspar

\*Norio Shigematsu<sup>1</sup>, Masanori Kido<sup>1</sup>, You Zhou<sup>2</sup>, Hideki Hyuga<sup>2</sup>, Yu-ichi Yoshizawa<sup>2</sup>

1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, AIST, 2. Multi-Material Research Institute, AIST

Feldspar is one of the main constituent minerals of the Earth's crust, and the evolution of grain size is one of the keys in the rheology of the crust. Therefore, grain growth of albite was experimentally examined at temperatures of 1030, 1050 and 1065 °C, at the atmospheric pressure, and under anhydrous conditions. Previous results of anorthite grain growth (Dresen et al., 1996) were also examined to compare with the results in this study. Grain growth of albite follows the grain growth law. Grain growth exponent of 2.6 was assumed. The least squares regression of the results of albite yields the activation energy of  $Q=573.3\pm 27.2$  kJ/mol and the pre-exponent of the rate constant  $k_0=10^{0.53\pm 1.08} \text{ m}^{2.6} \text{ s}^{-1}$ . Previous experimental results of anorthite grain growth yield the activation energy of  $Q=191.8\pm 22.6$  kJ/mol and the pre-exponent of  $k_0=10^{-10.3\pm 0.79} \text{ m}^{2.6} \text{ s}^{-1}$ . The obtained grain growth of albite is four or five orders of magnitude slower than that of anorthite. Once fine-grained feldspar is formed, these grains do not grow even after 1 million year even at the temperature of 700 °C according to our anhydrous grain growth law. The extremely slow grain growth of albite found in this study can be explained by loading of grain boundary migration by a dragging force exerted by solute impurity atoms. To apply our results to the natural conditions, the grain growth law under anhydrous conditions was estimated based on several previous studies. Even under hydrous conditions, grain growth is very slow in the middle to upper crust. It can be considered that this slow grain growth affects the mechanical behaviour of crustal rocks and results in the maintenance of shear zones for long period in the crust.

Dresen, G., Wang, G. and Bai, Q.: Tectonophysics, 258, 251–262.

Keywords: Albite, Grain Growth, Crustal Rheology, Plagioclase

---

Poster | R18 [Regular Session]Environmental geology

## [1 poster61-62] R18 [Regular Session]Environmental geology

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

### [R18-P-1] (entry) Underground structures seen from the characteristics of groundwater in northwestern Kagoshima Prefecture

\*Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>2</sup>, Hitoshi Kodamatani<sup>1</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institution for Comprehensive Education Center for General Education, Kagoshima University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R18-P-2] (entry) Monthly variation in Radon concentration from the samples of hot spring water around Aira caldera

\*Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Yamato Tateoka, Yuki Tamachi<sup>4</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>3</sup>, Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Shoichiro Matsuo<sup>1</sup>, Daigo Ito<sup>2</sup>, Ryo Terasawa<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 3. Center for General Education, Institute for Comprehensive Education, Kagoshima University, 4. Japan Meteorological Agency)

4:30 PM - 7:00 PM

## (entry) Underground structures seen from the characteristics of groundwater in northwestern Kagoshima Prefecture

\*Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>2</sup>, Hitoshi Kodamatani<sup>1</sup>

1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Institution for Comprehensive Education Center for General Education, Kagoshima University

### 1. はじめに

温泉水を含めた地下水にはさまざまな成分が溶存しており、それらを用いて地下の状況について議論を行うことが可能である。ラドン濃度を用いたその掘削深度における母岩や断層に関する研究やLi<sup>+</sup>やCl<sup>-</sup>を用いたスラブ起源深部流体に関する研究(風早他,2014)などをはじめとしてこのような研究は世界中で数多く行われている。本研究は鹿児島県北西部で温泉水採取を行い、それらの分析結果における特徴をまとめ、その周辺の断層などの地下構造との関係を議論した。

### 2. 方法

鹿児島県北西部に位置する出水断層帯、市木断層帯の周辺から温泉地をランダムに選定し、それぞれ10箇所ずつ程度試料の採取を行った。採取に用いる必要な容器を用意し、全て気泡が入らないように採取した。採取した試料は研究室に持ち帰り、ラドンと溶存イオンの分析を行った(川端他,2019)。水素同位体と酸素同位体の分析は昭光サイエンス株式会社に依頼した。

### 3. 結果と考察

出水断層帯と市木断層帯の各周辺地域でラドン濃度が最も高かった地点は花崗岩帯の直上または近傍に見られることから、花崗岩帯または花崗岩体を起源とする地下水ではラドン濃度が非常に高くなることが推定される(歳弘他,1996)。またKGW\_20\_01, 02, 03は断層近傍に位置しているがラドンは低濃度であることに加え、KGW\_20\_12でもラドンは低濃度であることから、これらの地点は堆積岩からなる四万十層群に達していることがそのラドン濃度の要因の一つと考えられる。加えてKGW\_20\_01, 02, 03の結果と市木断層帯の活動記録を照らし合わせると、この断層帯があまり活動的ではなく亀裂や歪みが少ないことが考えられる(脇田,1996)。水素酸素同位体の分析結果では天水線から大きく外れている地点は見られないことが、市木断層帯周辺の試料は出水断層帯周辺よりもプラス側に位置していることから、海水の混入が多いことが考えられる。また溶存イオンを用いた水質分析では市木断層帯周辺の試料の多くはNa-Cl型に位置しており、Br/Clについても海水に近いものが多い(今橋,1996)。

### 4. まとめ

本研究ではラドン、溶存イオン、水素酸素同位体を用いて温泉水と地質構造の関係について考察を行ったが、このような研究でよく用いられる<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heなど希ガスの分析を行い、火山との関連も見ることがある。またサンプル数が充分とは言えないため、さらに多くの試料の分析が望まれる。

### 引用文献

今橋 正征 (1996) : 天然水の臭化物イオン含量, 安全工学, **35**(5), 328-336

風早 康平・高橋 正明・安原 正也・西尾 嘉朗・稲村 明彦・森川 徳敏・佐藤 努・高橋 浩・北岡 豪一・大沢 信二・尾山 洋一・大和田 道子・塚本 斉・堀口 桂香・戸崎 裕貴・切田 司 (2014) : 西南日本におけるスラブ起源深部流体の分布と特徴, 日本水文学会誌, **44**, 3-16

川端 訓代・北村 有迅・富安 卓滋 (2019) : ポリエチレン保存容器から大気への拡散を考慮した水中ラドン濃度推定法の開発, 分析化学, **68**, 333-338

木村 重彦 (1978) : 水中ラドン濃度の測定とその応用 ( I )水文学, RADIOISOTOPES, **27**, 740-746

歳弘 克史・藤原 美智子・畠中 啓治 (1996) : 山口県における地下水中のラドン濃度, 山口衛生研業報, **17**, 22-25

脇田 宏 (1996) : ラドン観測と地震予知, 保健物理, **31**(2), 215-222

Keywords: Hot spring , Radon , Izumi fault

## (entry) Monthly variation in Radon concentration from the samples of hot spring water around Aira caldera

\*Yujin Kitamura<sup>1</sup>, Yamato Tateoka, Yuki Tamachi<sup>4</sup>, Kuniyo Kawabata<sup>3</sup>, Yoshimasa Ishitani<sup>1</sup>, Shoichiro Matsuo<sup>1</sup>, Daigo Ito<sup>2</sup>, Ryo Terasawa<sup>2</sup>

1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 3. Center for General Education, Institute for Comprehensive Education, Kagoshima University, 4. Japan Meteorological Agency

温泉水中には多くのイオン，ガスが溶存しておりそれらを基に流体の起源や流路，地下の地質構造，地殻変動について等様々な考察がなされてきた。本研究では，2019年7月から行われている始良カルデラ周辺温泉定期観測のデータを用い，以前行われた田町（2020）の研究も踏まえ，流体の起源や観測値の変動に関して観測データの増分を含めて考察することが目的である。

本研究では温泉水の定期観測を2019年7月から月1回間隔で行った。桜島島内 (St.1, St.2), 垂水市(St.3), 鹿児島市街(St.4, St.5)2020年4月から霧島市福山(St.6)で試料水のサンプリングを行った。試料の<sup>222</sup>Rn濃度は研究室にて静電式ラドン測定器(RTM1688-2; SARAD)を用いて即日分析を行った。

水中<sup>222</sup>Rn濃度は数十Bq/m<sup>3</sup>~数十万Bq/m<sup>3</sup>とかなり幅広い値を検出した。また水中<sup>222</sup>Rn濃度はサンプリングポイントや採取した時期によりかなり大きな違いが認められる。特にSt.3では常にほかのサンプリングポイントよりも大きい水中<sup>222</sup>Rn濃度を検出しており，St.4やSt.5では安定した水中<sup>222</sup>Rn濃度が検出されており，その大小は2019年7月を除いてSt.5のほうがSt.4より高い水中<sup>222</sup>Rn濃度が検出された。St.3の高濃度の<sup>222</sup>Rn濃度は，多孔質を含む地層を流路としている，もしくはSiO<sub>2</sub>を多量に含む岩を流路とする可能性が考えられる。また，水中<sup>222</sup>Rn濃度と溶存イオンや水素同位体比，酸素同位体比，炭素同位体比，ヘリウム，ネオン（未公表データ）とは相関関係が認められないことから，水中<sup>222</sup>Rn濃度は強い独立性をもつ成分であることが言える。

温泉水中に含まれるイオンや溶存ガスの値から始良カルデラにおける地球化学的シグナルを検出し，軽元素同位体比や<sup>222</sup>Rn濃度から始良カルデラ周辺の地質構造や桜島火山との関係を推定した。垂水市(St.3)において，高<sup>222</sup>Rn濃度から，近傍に存在する高隈山の花崗岩由来の可能性が考えられ，また<sup>222</sup>RnとNa<sup>+</sup>，Cl<sup>-</sup>の変動の同期から，古海水を帯水層とする新たな裂隙から流体が断続的に供給されているのではないかと考えられる。今後も，定期観測による新たなデータを追加していくことで，考察の信頼性を向上させていく事が望まれる。

### 引用文献

田町勇氣(2020MS)始良カルデラ周辺域における温泉水の地球科学的シグナル時空間分布，鹿児島大学卒業論文，85 pp.

Keywords: hot spring, Radon concentration, Sakurajima, Crustal fluid

**[1poster63-67] R19 [Regular Session]Engineering geology and non-tectonic structures**

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

**[R19-P-2] The subsurface geology and site amplification map in Azumino City, Nagano Pref.**

\*Tatsuro Tsugane<sup>1</sup>, Tomoyoshi Kosaka, Yoshinori Furumoto<sup>2</sup>, Shinshu-Univ. Ground Motion Research Group (1. Shinshu Univ., 2. Nagano National College of Technology)

4:30 PM - 7:00 PM

**[R19-P-3] Silica Mineral Phases of the Paleo-Submarine Landslide Outcrops at Yokote City, Akita, NE Japan**

\*Hiroki Hayashi<sup>1</sup> (1. Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R))

4:30 PM - 7:00 PM

**[R19-P-4] Formation process of crack filling Mn-hydro-oxide by strong weathering**

\*Eiji Nakata<sup>1</sup>, Takehiro Ohta<sup>2</sup>, Motoyuki Suzuki<sup>2</sup> (1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Yamaguchi University)

4:30 PM - 7:00 PM

**[R19-P-5] (entry) Luminescence dating of feldspar in the fault zone of the active Futagawa fault**

\*Youji MATSUOKA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup>, Toru TAMURA<sup>2</sup>, Sumiko TSUKAMOTO<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Leibniz Institute for Applied Geophysics)

4:30 PM - 7:00 PM

# The subsurface geology and site amplification map in Azumino City, Nagano Pref.

\*Tatsuro Tsugane<sup>1</sup>, Tomoyoshi Kosaka, Yoshinori Furumoto<sup>2</sup>, Shinshu-Univ. Ground Motion Research Group

1. Shinshu Univ., 2. Nagano National College of Technology

平成23年6月30日に長野県松本市の市街地で発生したM5.4の被害地震（630松本地震）から10年の間、我々は、松本盆地地域の地盤の調査を行ってきた。平成24・25年には松本市との共同事業<sup>1)</sup>、平成26・27年の大町市との事業<sup>2)</sup>として両市の揺れやすさマップや地盤図などを作成したのに続き、平成30・31（令和元）年度は安曇野市との事業として揺れやすさマップや伏在断層分布図等を作成した<sup>3)</sup>。

安曇野市は西から北アルプス、松本盆地、犀川丘陵にまたがり、盆地東縁部には松本盆地東縁断層（糸魚川-静岡構造線断層帯）が位置する。安曇野市が従来市民に配布していた揺れやすさマップは、長野県が平成27年に作成した「糸魚川-静岡構造線断層帯（全体）を震源とする地震」（想定M8.5）が発生した場合の震度分布図<sup>4)</sup>であった。この分布図は250mメッシュで、居住地域での揺れやすさは、ほぼ南北方向の帯状区分（震度6強～5弱）であり、その土地の成り立ちや地質構成を反映した揺れやすさの差異は表現されていない。630松本地震の際、松本市では狭い範囲でも震度3～6強までの揺れが確認されており<sup>5)</sup>、我々の作成した揺れやすさマップからも地盤の違いが揺れに反映されていることが明らかである。

揺れやすさは表層地盤による地震波の増幅率の違いで決まる（軟弱な地盤程揺れやすい）。県の調査<sup>4)</sup>で使用された安曇野市のボーリングデータは333本であったが、我々は同地域でその4倍強の1364本のボーリングデータを収集した。データ数を増やしたことで、メッシュサイズは250mを基本としながら地形・地盤の複雑さに応じて125mメッシュにまで細分し、2サイズの混合の詳細な地盤モデルの作成が可能となった。揺れやすさマップは、特定の地震を想定せず、各メッシュに兵庫県南部地震(M7.3)相当の地震波を入力し算出された震度値を図化した。その際、震度階には変換せず、多段階の色調表現を採用しているのが特徴である。こう表現にすることによって、巨大地震では一様の揺れやすさに区分される地域の中にあっても、盆地直下のどこで起こるかかわからない、中規模の地震の際に、より強く揺れる可能性のある地域（①～④）をあぶり出すことができた。地盤の違いによる揺れ方の違いを明示しておくことは防災・減災のうえで重要である。

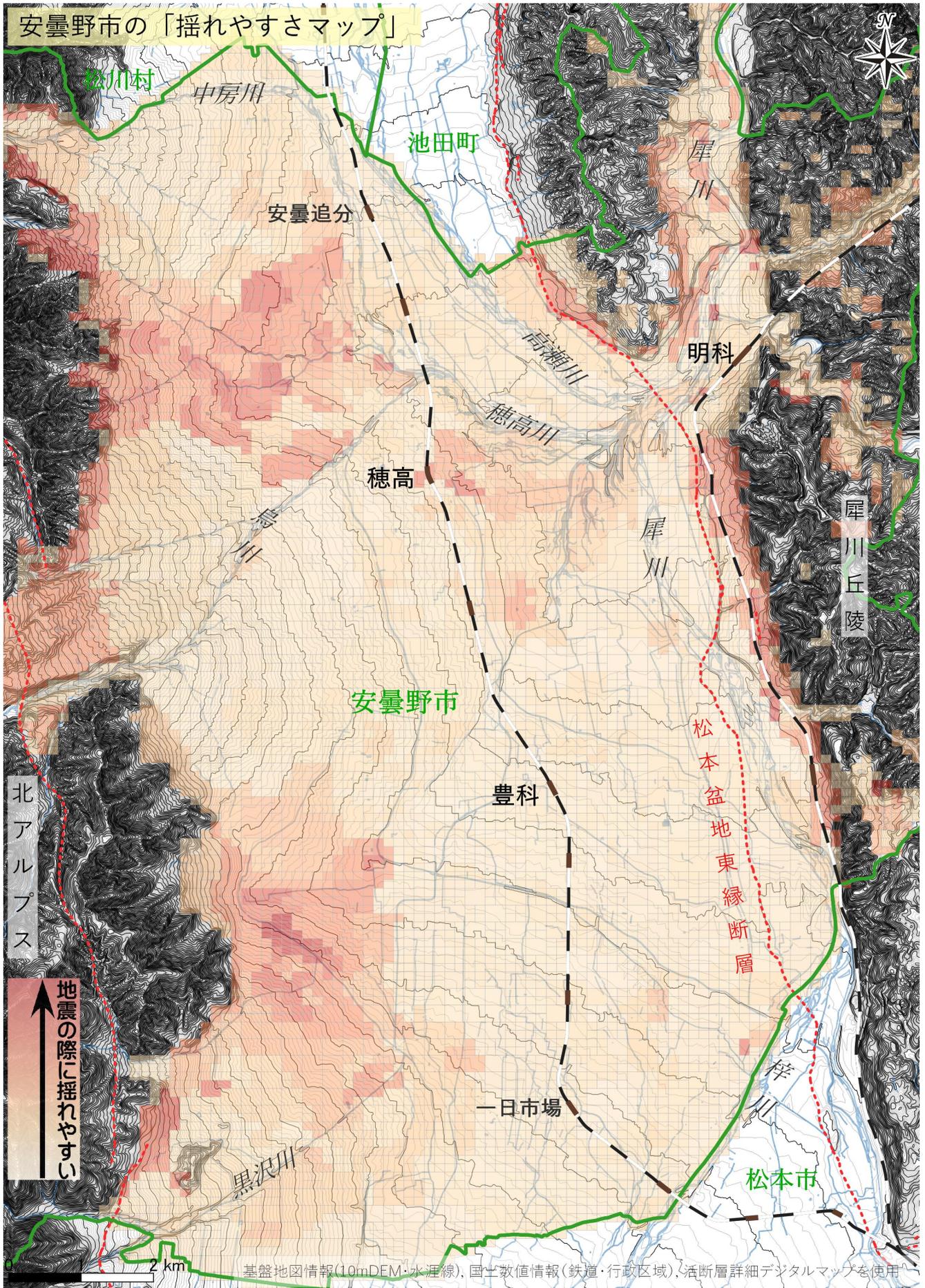
以下に各地域の揺れを増幅する堆積物について述べる。

- ①松本盆地東縁の段丘上；犀川丘陵を起源とする多くの小規模な扇状地中にはN値10以下の砂～泥が10m以上堆積している部分もある。
- ②松本盆地西部の扇状地間の低地；黒沢川、烏川、中房川の各扇状地間の低地から扇端の一部には軟弱な堆積物が5m以上堆積していることが多く、烏川、中房川扇状地間では、有明花崗岩起源のマサ土起源の砂～シルトが特徴的である。
- ③黒沢川扇状地上；砂礫層中にシルト質堆積物を互層状に挟在する地域が見られ、N値5以下のロームを複数挟むこともある。
- ④三川（穂高川・高瀬川・犀川）合流域付近の氾濫原；砂礫層中にN値5以下の砂層やシルト層を不規則に挟み、時に有機質土を挟在する。

引用文献：1) 信州大学震動調査グループ(2014)「揺れやすさマップ」を活かして地震に備える。2) 信州大学震動調査グループ(2016) 大町市の地震動と地盤に関する調査報告書。3) 信州大学震動調査グループ(2020) 安曇野市地盤と地震動に関する調査報告書。4) 長野県(2015) 第3次長野県地震被害想定調査報告書。5) 信州大学震動調査グループ(2013)「あっ、地震だ」その時、どう揺れた？

信州大学震動調査グループ；遠藤正孝・古本吉倫・原田晋太郎・原山 智・井関芳郎・北沢淳史・小松宏昭・小坂共栄(代表)・松下英次・宮沢洋介・小野和行・太田勝一・塩野敏昭・土本俊和・津金達郎・富樫均・高橋康・竹下欣宏・田中俊廣・田邊政貴・山浦直人・矢野孝雄・吉田孝紀

Keywords: seismic hazard map, borehole log, geological model, weak ground, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault zone, Matsumoto-bonchi-toen fault



# Silica Mineral Phases of the Paleo-Submarine Landslide Outcrops at Yokote City, Akita, NE Japan

\*Hiroki Hayashi<sup>1</sup>

1. Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)

## はじめに

断層が構造的な断層であるか非構造的な断層であるかを特定することは、その断層が将来に活動するかどうかを判断する上で重要である。近年、国内において断層破砕物質の面構造や粘土鉱物含有量を用いた断層面と地すべり面の判別の試みがなされているが(脇坂ほか, 2012; 中村, 2017), 信頼性の高い評価手法は確立していない。また、これらの研究対象は現世の陸上地すべりであり、新第三紀など地質時代に発生した海底地すべり(古海底地すべり)のすべり面と構造的な断層面との判別に関する研究事例はない。

今回、すべり面の鉱物学的性質から構造的な断層面と古海底地すべり面との判別手法を検討することを目的に、秋田県横手市で報告例のある新第三紀の古海底地すべり及び出羽丘陵北部の正断層(藤岡ほか, 1976)を対象に調査を行った。

## 横手市の古海底地すべり露頭(新露頭)と出羽丘陵北部の断層露頭

秋田県横手市南部には層状珪質泥岩と白色凝灰岩の互層からなる後期中新統～鮮新統の山内層及び相野々層が分布し、それぞれ秋田-山形堆積盆の女川層及び船川層に対比される。東方の真昼山地における緩い褶曲構造、横手市南部の盆地東縁に発達する層状泥岩の過褶曲等の多様な構造、さらに盆地内で泥岩角礫を取り込んだ凝灰岩が見られることから、阿部ほか(2005)はこれらの構造の成因を凝灰岩形成時の海底地すべりによるものと考えた。

今回、横手市南部において層状珪質泥岩と白色凝灰岩の互層からなる2ヶ所の新露頭を記載した。これらの露頭は向斜翼部の階段状すべり面、上盤側に多くの小断層が発達し粘土層を伴う層面すべり、地層の急激な褶曲・逆転といった特徴を示し、いずれも古海底地すべりによるものと推定される。

また、藤岡ほか(1976)で報告されている出羽丘陵北部の断層について断層トレース上で露頭探索を行い、ほぼ直立した層状黒色泥岩中に最大で幅数十cmのガウジを伴う断層を記載した。本断層は南北走向でほぼ鉛直であり、北に36°プレンジした条線を示すほか、地層の引きずりから西側低下の変位が推定される。

## 鉱物組成

横手市の露頭及び断層露頭について、各すべり面の破砕部又はガウジと整然層の試料をそれぞれ複数採取し、XRDによる鉱物組成の分析を行った(図)。分析は新潟大学理学部のRigaku製ultima IVで行い、CuK $\alpha$ 線源、管電圧40kV、管電流40mAで岩石試料粉末の不定方位分析を行った。鉱物種の同定に当たってはSEM-EDSによる元素分析結果も参考とした。

横手市の露頭の珪質泥岩はほぼ石英のみからなり、凝灰質な部分は少量のオパールC、斜長石及び粘土鉱物を含む。凝灰岩は石英、オパールC、斜長石、斜プチロル沸石及び粘土鉱物からなる。両岩相ともすべり面の破砕部分では全体的に石英が支配的となるが、原岩が凝灰質な場合には粘土鉱物の増加、斜長石及び斜プチロル沸石の減少、オパールCのピークの消失といった鉱物組成の変化が見られる。

断層露頭の黒色泥岩はオパールCないしオパールCTと石英のピークが顕著であり、有意量の粘土鉱物と少量の斜長石及び斜プチロル沸石を伴う。ガウジ部分では粘土鉱物が支配的となるが、それ以外の鉱物組成に大きな違いは見られない。

## 考察とまとめ

横手市の古海底地すべり露頭では凝灰岩(整然層)中のオパールCがすべり面破砕部で消失したが、出羽丘陵の構造的な断層(整然層・ガウジ)でそのような傾向は確認されなかった。この原因は検討中であるが、①高温流体の流入等による温度上昇でオパールC又はオパールCTの石英への相変化が促進された、②すべり面が水



# Formation process of crack filling Mn-hydro-oxide by strong weathering

\*Eiji Nakata Nakata<sup>1</sup>, Takehiro Ohta<sup>2</sup>, Motoyuki Suzuki<sup>2</sup>

1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Yamaguchi University

## 1、はじめに

節理等の割れ目には黒色で幅1 mm から10 mmのマンガン水酸化物が生成していることが多い。山本ほか(2001)は割れ目を充填するマンガン水酸化物を黒色脈と呼び、法面崩落のすべり面になると報告している。中田・太田(2019)は、実際にマンガン水酸化物の表面に滑りの痕跡を示す条線が認められる例を紹介した。このようなマンガン水酸化物はシャーペンの芯でも削ることができるほど柔らかく、弱面となる。今回、マンガン(Mn)の起源とマンガン水酸化物の成因について考察を行い、法面斜面崩壊や地すべりとの関係について紹介を行う。

## 2、地質概要

調査は山口県西部の下関市豊田町で行った。当該地点には前期白亜紀に堆積した関門層群が分布している。関門層群は韓国慶尚層群に対比され、国内最大の非海成堆積体の一つとされ(歌田・澤田、2005)、礫岩砂岩主体で下位(東部)の脇野垂層群から火山岩主体の下関垂層群(西部)に移り変わっている。赤色強風化岩(以下サプロライト)は下関垂層群の安山岩溶岩を主体とする火砕岩類で認められ、風化帯の厚さはおよそ40 mに及んでいる。2020年に開削した法面において表層から深部に向かってO層、A層、B層、C層の良好な風化断面が観察できる。A層(厚さ1~2 m)は開口割れ目が発達し、粘土質でマンガン水酸化物は認められない。表層からC層のサプロライトまでの厚さは、およそ3 mで、C層は新鮮な安山岩まで40 m前後連続している。他方、B層は厚さ0.5~1 mでやや灰色を帯び、A層とC層の間に分布している。A層には僅かにギブサイトが認められ、強く赤色風化したC層ではカオリナイトとハロイサイトが認められる。この新しい法面ではマンガン水酸化物に条線は少ない。一方、1990年に開削された法面ではマンガン水酸化物に充填された割れ目に、斜面方向に条線が多く発達し、一部に重力性のすべりを思わせる円弧状の形状も形成されている(図1)。

## 3、マンガン水酸化物の産状とMn含有量

マンガン水酸化物はB層から深部に増加し始め、反対にC層上部から深部に向かって出現頻度が減少し、深部では節理に沿って斑点状にも産出する。C層上部では節理中央部を幅1 mm程度のマンガン水酸化物が埋め、その周辺1 mm前後が白色化し、赤色化したサプロライトに移り変わっている。マンガン水酸化物中のMnOとFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量はそれぞれ3.4%と10.4%であった。

## 4、マンガン水酸化物の成因

安山岩は磁鉄鉱を含む単斜輝石安山岩である。帯磁率は新鮮安山岩に比べて赤色化したサプロライトの方が小さく、風化作用によって強磁性体である磁鉄鉱が、常磁性体の酸化鉄に変化している。新鮮な安山岩に含まれる磁鉄鉱の組成はMn<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.6</sub>Fe<sub>2.3</sub>O<sub>4</sub>(チタノマグネタイト)であり、MnOを3~4%含んでいる。一方、サプロライト化した安山岩中では磁鉄鉱は赤色帯びた不透明鉱物として認められ、MnO含有量が0.1%に減少している。帯磁率の減少と磁鉄鉱の赤色化、Mnの溶出は整合しており、Mnの供給源は磁鉄鉱であると判断できる。溶出実験ではpHの低い溶液の方が新鮮な安山岩からのMnの溶出量と溶出速度が大きい。この傾向は風化帯を流下している地表水中のMn濃度が大きいこととも一致している。マンガン水酸化物の周辺の白色化した部分にはカオリナイトが生成している。カオリナイトは低pH溶液下で生成することが知られている。Mnイオンは大気と平衡するCO<sub>2</sub>に富む低pHの地下水が安山岩中の磁鉄鉱を溶解させたことにより供給された。その後、Mnに富む表層水は割れ目を浸透し最初にカオリナイトを晶出させ、続いてMn、Feが割れ目に浸透することで、Mn、Feが沈殿したと推察する。

## 5、まとめ

割れ目を充填する黒いマンガン水酸化物が多く認められる赤色強風化部でMnの供給源と成因に関して推察を行った。Mnは磁鉄鉱（チタノマグネタイト）に多く含まれており、風化作用を受け溶出している。溶液中のMn濃度、Mn溶出速度は低pH溶液中で大きくなることから、Mnは風化によって表層水中に溶出し、割れ目に侵入し沈殿したと推察できる。黒色で割れ目をフィルム状に充填するマンガン水酸化物は軟質である。一面せん断強度も低いとの報告がされている（山本ほか、2001）。このようなマンガン水酸化物が充填する割れ目が多いと、崩落や地すべりの発生する場合があると推察する。

参考文献 中田・太田（2019）応用地質学会講演集（令和元年度） 山本ほか（2001）地すべり 37, 49-57. 歌田・澤田（2005）地質学雑誌、111、206-216.

Keywords: Weathering, Manganese hydroxide, landslide

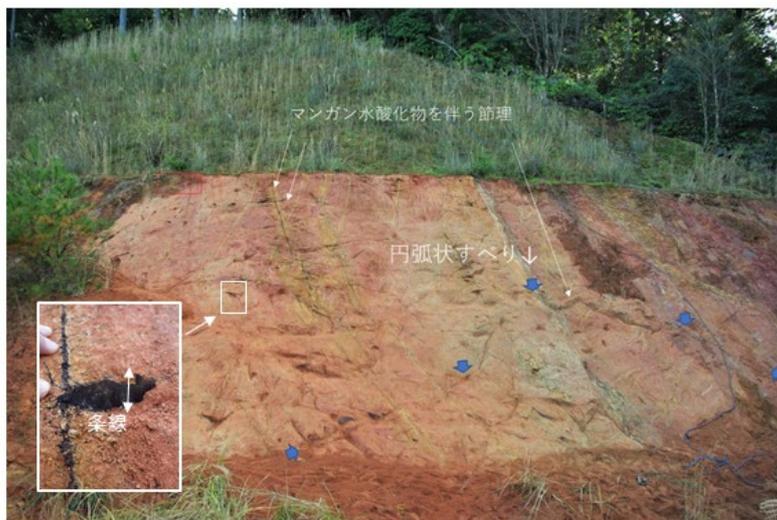


図1 下関垂層群（安山岩）の赤色強風化部とマンガン水酸化物

## (entry) Luminescence dating of feldspar in the fault zone of the active Futagawa fault

\*Youji MATSUOKA<sup>1</sup>, Kiyokazu OOHASHI<sup>1</sup>, Toru TAMURA<sup>2</sup>, Sumiko TSUKAMOTO<sup>3</sup>

1. Yamaguchi Univ., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Leibniz Institute for Applied Geophysics

はじめに

ルミネッセンス年代測定法は、鉱物中の自然放射線に由来する捕獲電子が熱や光の刺激を受け再結合することを利用した年代測定法である(奥村・下岡, 2011)。ルミネッセンス信号が熱によってリセットすることから、ルミネッセンス年代測定法を活断層の活動年代測定に利用できる可能性が唱えられており、実際にKim et al.(2019)やOohashi et al.(2020)などの高速摩擦試験の結果からルミネッセンス信号のリセットが確認されている。天然の断層帯で地震とルミネッセンス信号のリセットの関連性を明らかにするためには、(1) 最新活動時期とその時のすべりパラメータ（例えばすべり速度やすべり量）、(2) 最新活動面、(3) 熱水などの地震とは関係ないルミネッセンス信号のリセット要因がないこと、の以上3点がわかっている必要がある。

本研究では、これらの情報が既知である、2016年熊本地震を引き起こした布田川断層の露頭より採取した試料を用いて、ルミネッセンス年代測定を行った。

布田川断層の等価線量値

本研究では、大橋・田村(2016)で最新すべり面が報告された布田川断層の露頭に暗幕をかけ、遮光状態で断層ガウジ試料、断層角礫試料、母岩である阿蘇-4火砕流堆積物(断層から3 m及び30 m離れた地点)を採取した。断層角礫試料はブロック状で採取し、暗室ですべり面からの距離に応じて1 cmごとにサブサンプリングを行った。

最初に手でほぐした試料を流水下でふるいにかけて、73~125  $\mu\text{m}$ の粒子を得た。次に、比重2.58~2.63  $\text{g}/\text{cm}^3$ の長石を得るために、2.63  $\text{g}/\text{cm}^3$ の重液を用いて重鉱物を除去し、次いで2.58  $\text{g}/\text{cm}^3$ の重液を用いて火山ガラスなどの軽鉱物を除去した。最後に、マグネティックセパレーターで磁性鉱物を分離し、長石を抽出した。本研究で用いた断層試料および母岩(阿蘇-4火砕流堆積物)に含まれる長石はXRD測定よりAnorthiteが大部分であり、少量のOrthoclaseが存在していた。

ルミネッセンス測定は産業技術総合研究所のRisø TL/OSL readerを用いpIRIR法で測定した。また、pIRIR法の測定プロトコルのうち低温で励起光を当てる際にIR測定も実施した。今回の測定は長石試料であるため、人工太陽を用いたフェーディングテストも実施した。

フェーディングテストの結果より、フェーディング率を表すg値はIRで平均 $11.9 \pm 3.4 \%$ /decadeと大きな値であるのに対し、pIRIRは平均 $1.2 \pm 1.0 \%$ /decadeであった。フェーディング補正後の等価線量値は、pIRIRで約170~185 Gy、IRで約90~120 Gyの範囲で求められた。等価線量値はすべり面からの距離とは関係なく全体として一様であったことから、年代値はほとんど同じ値を示すと考えられる。これは、2016年熊本地震および古地震学的に求められている過去数回の活動で、ルミネッセンス信号が完全リセットされなかったことを意味する。

参考文献

Kim et al. (2019). *Tectonophysics* 769 (2019) 228191.

Oohashi et al. (2020). *Journal of Geophysical Research* Volume125, Issue10 October 2020, <https://doi.org/10.1029/2020JB019900>

大橋聖和・田村友識.(2016). 2016年熊本地震で動いた布田川断層の活断層露頭. *地質学雑誌*, 122.

奥村輔・下岡順直.(2011). ルミネッセンス年代値を開始するための心得. *地質技術*, 1, 5-17.

Keywords: Luminescence dating, fault, earthquake, feldspar



---

Poster | R20 [Regular Session]Geoscience Education/History of Geoscience

## [1poster68-70] R20 [Regular Session]Geoscience Education/History of Geoscience

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

### [R20-P-1] Geology in Japan just after the WWII

\*Michiko dvan Yajima<sup>1</sup> (1. Tokyo Metropolitan University)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R20-P-2] Practice of Earth Science-based Inquiry Activities in High School

\*Kazuya Kawakatsu<sup>1</sup> (1. Hyogo Prefectural Himejihigashi Senior High School)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R20-P-3] Studying field geology in the Himalaya-Highlights of the 9th Student Himalayan Field Exercise Tour in March 2020 and invitation to the 10th exercise tour in 2022

\*Masaru Yoshida<sup>1,2</sup>, Student Himalayan Field Exercise Project (1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University(Emeritus Professor))

4:30 PM - 7:00 PM

## Geology in Japan just after the WWII

\*Michiko dvan Yajima<sup>1</sup>

### 1. Tokyo Metropolitan University

戦後すぐの日本の地質学はGHQがリードしていたことを明らかにした。1945年12月16日と1946年6月9日に東京帝国大学理学部にて在都日米地学者交歓会が行われ、GHQ内のスタンフォード大学のスケンク（H.G. Schenk, 1897-1960）が主導的立場に立った。1946年より日本地質学会は活動を開始し、1947年5月には京都大学理学部で日本地質学会が開催され、やはりスケンクが指導した。エネルギー資源としての石油探鉱、石炭探鉱は重要で、アメリカの占領政策と共同でPEAC（石油開発促進委員会）、CEAC（炭田探査審議会）という組織を通して1947年から開始された。朝鮮半島、中国北部（満州）に多く進出していた地質学者たちは、GHQの要請もあり、帰国して外地での地質研究をまとめた。米国地質調査所出張所の協力もあり、1952年4月には東亜地質産誌3巻1991頁の大著が出版され、1954～1960年には東亜地質図が東京地学協会から刊行された。

Keywords: WWII, H.G. Schenk, PEAC, CEAC

# Practice of Earth Science-based Inquiry Activities in High School

\*Kazuya Kawakatsu<sup>1</sup>

## 1. Hyogo Prefectural Himejihigashi Senior High School

### 1 高校生に求められる資質や能力とは何か

現代は、与えられた課題を正確に解くだけでなく、自ら課題を設定し、解決の道筋を考えて解決する能力や議論する力が求められており、「探究」が新学習指導要領に取り入れられている。また、優れた女子生徒の発掘・育成や、社会人として必要な科学倫理観の育成にも注力されている。

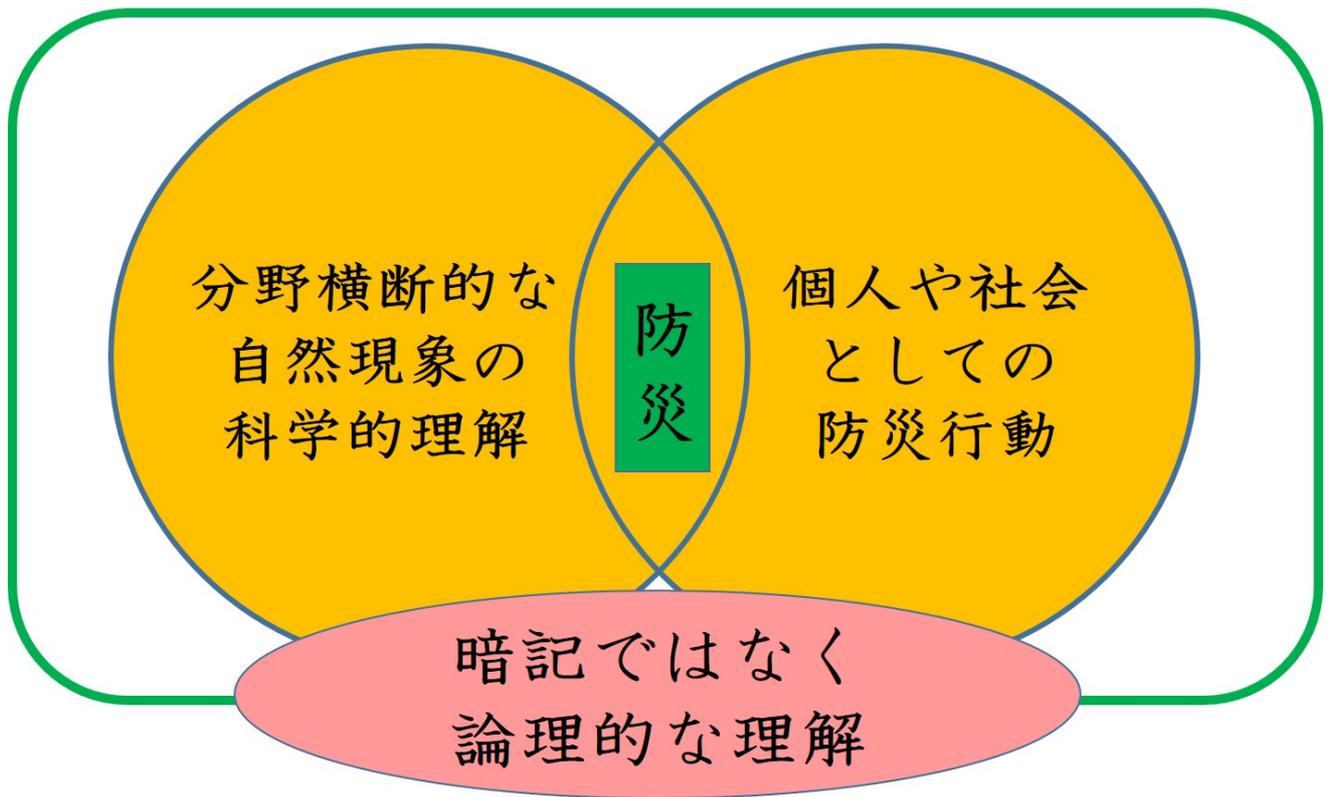
### 2 スーパーサイエンスハイスクール指定で目指すこと

本校は令和2年度から5年間、文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受け、これらの研究課題に取り組む事業を展開している。特筆すべき活動として、（1）1年次生全員（280名）に「自然科学探究基礎」で、地学分野を基礎にした分野横断的な自然科学教育をおこなう、（2）1年次生全員で「理数探究基礎」（課題研究／1単位）に取り組む（2年次生理系で2単位、3年次生理系で1単位）、（3）2年次生理系で「科学倫理」の課題研究に取り組む（2単位）、（4）全国の高校生を対象にした「Girl's Expo with Science Ethics」を開催して、理系女子の研究発表や科学倫理の研究発表をおこなう、（5）希望生徒を対象に、オーストラリア野外調査（地質調査／2週間）やジョージタウン大学研修（科学倫理／1週間）をおこなう、（6）野外調査で得られた成果はAGU等の国際学会で発表する、（6）科学部の国際的な活動を強力に支援する、等が挙げられる。

### 3 多くの探究活動を地球科学（地学）をベースにして実施する

兵庫県は1995年に阪神淡路大震災を経験した。その後も各地で地震や火山の噴火、津波、台風など、多くの自然災害に見舞われている。我々にはそこから学んだ自然の学びや防災の教訓を継いでいく義務がある。自然災害の理解は、生きた自然の学びでもある。教科書には、ハザードマップを確認しておこう、建物を耐震構造にしておこう、避難場所と避難経路を確認しておこう、防災グッズをそろえておこうなど、防災、減災、自助、共助に関するまとまった記述があり、授業ではその部分ばかりに注目が集まる。しかし、自然災害（自然）を理解するためには、防災と科学的な自然の理解が両輪である必要がある。地学の内容は、自然科学の全領域にわたる学びに力を発揮する分野であるが、一方で地学を深く学ぶカリキュラムを有している高等学校は全国でも数少ない。「自然科学探究基礎」で複眼的、広域的視点に基づく自然科学全般の基礎知識を習得し、さらに「理数探究基礎」（課題研究）で具体的に実践する。

Keywords: Inquiry, Basics of natural science quest, Theme Research, Super Science High School, Science Ethics



## Studying field geology in the Himalaya-Highlights of the 9th Student Himalayan Field Exercise Tour in March 2020 and invitation to the 10th exercise tour in 2022

\*Masaru Yoshida<sup>1,2</sup>, Student Himalayan Field Exercise Project

1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University(Emeritus Professor)

第9回学生のヒマラヤ野外実習ツアー（SHET-9）は今年の3月上旬に15日間、例年通りのプログラムで実施された。当初の参加登録者は定員オーバーの26人であったが、コロナウイルス問題のため出発直前に16人がキャンセルし、実際の参加者は学生7人と一般3人の合計10人であった。学生は北大、山形大、信州大、千葉大、横浜国大と名大で、一般は全員秋川流域ジオの会所属であった。3月6日から10日間の野外実習ツアーは、例年通りカトマンズ（2泊、予習セミナーと市内ツアー）～ポカラ（泊）～カロパニ（泊）～カグベニ（泊、ムクチナート往復）～カロパニ（泊）～タトパニ（泊）～ポカラ（2泊）～タンセン（泊）～ルンビニ（泊）～カトマンズ（2泊、総括セミナーと市内ツアー）の旅程であった。野外ツアー中は殆ど毎日天気がよく、ヒマラヤの眺望に恵まれた。露頭状態もよく、見事な化石やカイヤナイト片麻岩が採集できた。ポスターではこれらの写真を展示する。第10回実習ツアーは今回と同様の内容で2022年3月4日から3月18日（前後数日程度の変更の可能性がある）に実施する予定であり、参加者募集は今年5月に開始した（下記URL）。<https://www.data-box.jp/pdir/1ec5fe91685d4c28b2fb55baf4e3aae8> なお、感染症蔓延等の問題等で日ネ両政府による渡航規制や旅行規制等がある場合には、その内容によっては1年後に延期する。最後になりますが、本プロジェクトにご後援名義を頂いた日本地質学会ほかの6学会、ご寄付を頂いた国際 Gondwana 研究連合（IAGR）と Gondwana 地質環境研究所（GIGE）に謝意を表します。

写真：ダウラギリ峰をバックに、実習ツアーの一行

Keywords: Himalayan Geology, Field geology exercise tour



---

Poster | R23 [Regular Session] Nuclear energy and geological sciences

## [1 poster 71-73] R23 [Regular Session] Nuclear energy and geological sciences

Sat. Sep 4, 2021 4:30 PM - 7:00 PM poster (poster)

---

### [R23-P-1] Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution

\*Makoto KAWAMURA<sup>1</sup>, Hua JIA<sup>2</sup>, Yukiko KOIZUMI<sup>2</sup>, Masakazu NIWA<sup>1</sup>, Koji UMEDA<sup>3</sup> (1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Mitsubishi Materials Techno Corp., 3. Hirosaki Univ.)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R23-P-2] (entry) Assessment of the level of activity of advective transport through fractures in Neogene mudstone by comparison between stable isotope compositions of fracture and pore waters

Akihito Mochizuki<sup>1</sup>, \*Eiichi Ishii<sup>1</sup> (1. Japan Atomic Energy Agency)

4:30 PM - 7:00 PM

### [R23-P-3] Age Constraint on the Quaternary Sediments by Terrestrial Cosmogenic <sup>10</sup>Be Analyses in the Omaezaki Area

\*Hisanori Ominami<sup>1</sup>, Koumei Nishimura<sup>1</sup>, Eiji Nakata<sup>2</sup>, Yuki Matsushi<sup>3</sup> (1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

4:30 PM - 7:00 PM

# Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution

\*Makoto KAWAMURA<sup>1</sup>, Hua JIA<sup>2</sup>, Yukiko KOIZUMI<sup>2</sup>, Masakazu NIWA<sup>1</sup>, Koji UMEDA<sup>3</sup>

1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Mitsubishi Materials Techno Corp., 3. Hirosaki Univ.

【背景・目的】高レベル放射性廃棄物の地層処分事業や安全規制において、火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食といった自然現象の影響を把握するための調査・評価技術の整備は非常に重要である。火山・火成活動に関する調査・評価技術における課題の一つとして、マグマの影響範囲を把握するための技術の高度化が挙げられる。この課題に対しては、特に岩脈の発達が第四紀火山の中心から半径15 km（科学的特性マップにおける好ましくない範囲の基準）以上に及ぶ場合のデータの蓄積が求められるが、現存の火山体下に伏在している火道やそこから派生している岩脈の分布を把握することは現実的に困難である。そのため日浦ほか（2021）では、火山体が中心火道とそこから放射状に伸びる岩脈の分布を反映しているといった仮定のもと、地理情報システム（GIS）を用いた数値標高データの解析に火山体の三次元的な形状を定量的に把握するとともに、岩種、噴火タイプ、基盤標高などの関連性について検討を行ってきた。しかしながら、本検討では解析の範囲を火山体に限定しているため、火山体を超えた岩脈についてはモデル化や評価ができないという問題がある。

野外で地質踏査をすると、第四紀火山から離れた場所でも小規模ながら岩脈が貫入している露頭が見つかることがある。このような岩脈が近傍の第四紀火山に関連するかどうかは、岩脈の広がりや評価するうえで重要となる。そこで、我々は丹念な地表踏査の結果が記載したものと、国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター発行の地質図幅から「岩脈」を抽出し、周辺の第四紀火山との関連性について評価を試みた。

【実施内容】予察的な検討として大山を事例対象とし、20万分の1の「松江及び大社」、「高梁」、「浜田」及び「岡山及丸亀（中国地方の海岸線以北を対象）」の地質図幅を使用した。抽出対象とした「岩脈」は図幅の凡例にある「寄生火山」、「貫入岩」、「岩頸」、「岩脈」及び「岩床」を対象とした。また、データ抽出作業としては、岩脈の分布についてはデジタルでトレースを行い、GISデータを作成して白地図上に整理したうえで、「位置（緯度・経度）」、「サイズ（長径・短径など）」、「時代」、「岩型」、「岩脈が貫入している地層名、時代」及び「最寄り火山の火山名、火口からの距離」のデータを抽出した。

【結果】抽出された火山岩岩脈等の数は、「松江及び大社」が67、「高梁」が53、「浜田」が22、そして「岡山及丸亀」が9の合計151であった（添付図参照）。第四紀火山に関連する岩脈類は新期大山火山噴出物（寄生火山）に限られ、それらの分布も大山の火山体内に限られる。また、岩脈の分布は Nakamura（1977）が指摘したように水平最大主応力軸（ $\sigma_{H-max}$ ）に伸びる放射状火山岩脈を示すことや、日浦ほか（2021）で検討した地形解析結果とも整合的である。なお、添付図では大根島の近くにドレライト岩脈が抽出されているが、それらは新第三紀中新世とされており、大根島との関連性は低いと考えられる。一方、火山より離れた地点に位置する岩脈類は全て新第三紀もしくは先新第三紀に形成されたものと判定されており、溶岩もあるがドレライトや閃緑岩など深部で形成されたことが示唆される岩石の岩脈もある。また、先新第三紀の岩脈類は、「浜田」と「岡山及丸亀」図幅の一部に認められ、レンズ状の分布形態を示すものが比較的多く認められる。産状は酸性岩の岩脈を主体としている。このことは第四紀よりも以前に深部で形成された岩脈が剥削により地表に見られるようになったことを示唆していると考えられる。今後は、さらに検討範囲を広げて例外的な事例がないか確認していく。

【参考文献】日浦祐樹ほか：第四紀火山を対象としたGISを用いた地形解析による放射状岩脈のモデル化の検討，日本地球惑星科学連合2021年大会H-CG23，2021。

Nakamura, K.: Volcanoes as Possible Indicators of Stress Orientation –Principle and Proposal, Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol.2, pp.1-16, 1977.

地質調査総合センター：20万分の1地質図幅「松江及び大社」，1982。

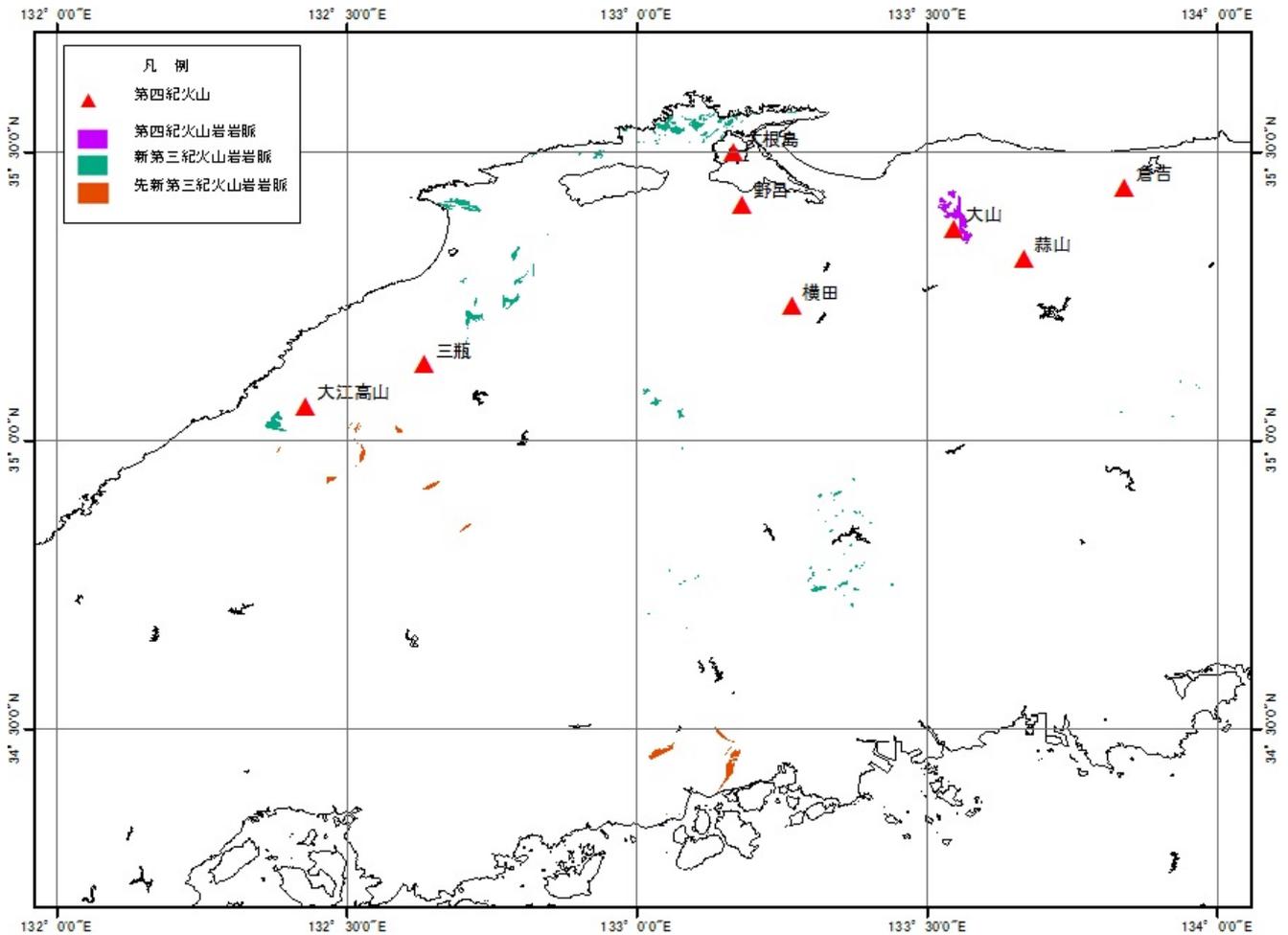
地質調査総合センター：20万分の1地質図幅「高梁」，1996。

地質調査総合センター：20万分の1地質図幅「浜田」，1988。

地質調査総合センター：20万分の1地質図幅「岡山及丸亀」，2002.

謝辞：本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和2年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。

Keywords: Quaternary Volcanos, Dike Distribution, Geological Map, Geographic Information System (GIS), Daisen Volcano



# (entry) Assessment of the level of activity of advective transport through fractures in Neogene mudstone by comparison between stable isotope compositions of fracture and pore waters

Akihito Mochizuki<sup>1</sup>, \*Eiichi Ishii<sup>1</sup>

## 1. Japan Atomic Energy Agency

ある端成分をもつ水が岩石中の亀裂に沿って流れている場合、亀裂内の水（亀裂水）の安定同位体比（ $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ）は、亀裂周辺の岩石マトリクス内に含まれる間隙水に比べてより当該端成分に近い値を示すと推定される（図(a)）。一方、亀裂水が停滞している場合には、亀裂と岩石マトリクスの間における拡散によって、亀裂水と間隙水の安定同位体比は類似した値を示すと推定される（図(b)）。以上の推定の妥当性を検証するために、北海道幌延地域の新第三紀泥岩を対象として、鉛直ボーリング孔（HDB-5, -6, -9, PB-V01）の長期揚水により得られた亀裂水と揚水区間周辺の岩石コア中の間隙水とで安定同位体比を比較した。

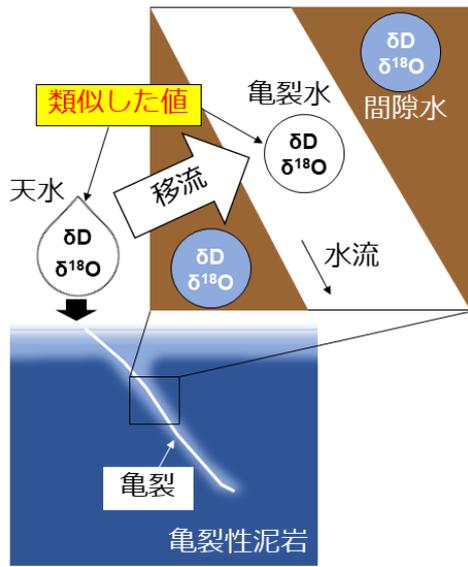
HDB-5孔の深度28～250 mおよびHDB-9孔の深度27～83 mでは、亀裂水および間隙水の安定同位体比が天水（最終氷期の天水／最終氷期以降の天水）の端成分にもっとも近い値を示し、かつ亀裂水の安定同位体比は間隙水に比べて天水の端成分により近い値を示した。このことは、天水がもっとも浸透しているHDB-5および-9孔の浅部領域において、亀裂に沿った天水の移流が生じていることを示唆する。一方、HDB-6孔およびPB-V01孔において天水がもっとも浸透していると考えられる深度（それぞれ、280～313 mおよび183～277 m）や、各孔のそれ以外の深度領域では、亀裂水の安定同位体比は周辺深度の間隙水の値と同程度であった。これらの領域では、亀裂に沿った天水の移流が現在は生じていないことが示唆される。

水の安定同位体比を利用した成分分離（寺本ほか, 2006）および亀裂水中でのトリチウムの検出から、本研究の対象深度における地下水は化石海水と最終氷期に浸透した天水の混合により形成され、HDB-5および-9孔の浅部領域のみに最終氷期以降（現在）の天水が浸透していると推測される。このことは、同領域において亀裂に沿った天水の移流が生じているという本研究の推定結果と整合的であり、天水の移流の程度に関する評価手法の妥当性を支持するものである。HDB-5および-9孔の浅部領域では淡水水頭が静水圧よりもやや離れた値を示しており、相対的に高い動水勾配のために天水の移流が生じていると考えられる。本研究により得られた知見は、地層処分の安全評価において、亀裂や断層に沿った地下水の移流の程度を評価するのに役立てることができる。

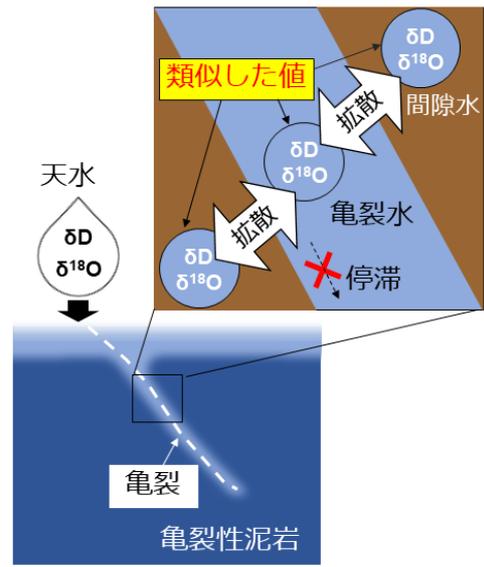
引用文献：寺本ほか (2006), 応用地質, vol.47, No.2, pp.68-76.

Keywords: Sedimentary rocks, Fractures, Advective transport, Stable water isotopes, Horonobe

(a) 天水の移流が生じている場合



(b) 天水の移流が生じていない場合



# Age Constraint on the Quaternary Sediments by Terrestrial Cosmogenic $^{10}\text{Be}$ Analyses in the Omaezaki Area

\*Hisanori Ominami<sup>1</sup>, Koumei Nishimura<sup>1</sup>, Eiji Nakata<sup>2</sup>, Yuki Matsushi<sup>3</sup>

1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

これまで侵食地形の削剥速度決定や、段丘等の堆積地形の形成年代決定において、石英中の宇宙線生成核種 ( $^{10}\text{Be}$ ) を用いた研究が盛んに行われてきた (松四ほか, 2007)。表面が侵食を受けている地形の形成年代や堆積物の定置年代を、 $^{10}\text{Be}$ を用いて推定しようとする時、一般的には表面から鉛直下向きに複数深度で採取した試料を分析し、核種濃度の深度分布を得る方法 (Depth profiling) が用いられる。この方法をとる事により、時間と速度の両情報を得られる可能性があるためである。本研究では、対象地点の基盤岩にこの方法を適用し、それを覆う上載層の定置年代に対する制約付与を試みた。

## 【地質概要】

調査地点は静岡県御前崎市佐倉である。この場所の基盤は新第三紀中新世後期から鮮新世前期の砂岩泥岩互層 (相良層) であり、標高約50 mに位置する本地点 (BF4地点) では、第四紀の堆積物が基盤岩を不整合に覆っている。本地点の北方約1 kmの標高55 m付近 (BF1地点) には、最終間氷期 (下末吉期) の海進期に対比される古谷泥層が分布する (杉山ほか, 1988)。また、調査地点である佐倉周辺の相良層には、南に開いた緩い弧状を呈する正断層群 (H断層系: 奥村2016) が分布し、これらの正断層群は、佐倉地域に分布するいずれの段丘堆積物も変位させていないことが確認されている。

## 【試料採取】

試料は、図-1に示すトレンチの断層の上盤側から採取した。基盤岩の相良層にはNW-SE走向の南落ちの正断層が確認され、円~扁平な基底礫を含む泥層が50cm程の層厚で相良層を不整合に覆っている。泥層の基底面に変位や変形は認められない。標高や泥層に含まれる基底礫の礫種等を踏まえると、泥層は最終間氷期の海進期の段丘堆積物に対比されると考えられる。正断層は、比較的連続性の良い2条の断層面を有し、断層面やその周囲には、引き延ばされたり、ちぎれたような形状を示す砂岩や泥岩が見られ、断層面には明瞭なせん断面は確認されない。また、断層周辺の母岩に断層角礫は認められないことから、堆積後の固結前の流動変形を伴う断層であることが示唆される。

本地点の第四紀堆積物は泥質であり、 $^{10}\text{Be}$ 分析のための試料精製に適した粒径の石英粒子がほとんど認められない。そのため下位に位置する第三系基盤岩 (相良層) を分析の対象とし、その結果に基づいて上位の第四系の堆積年代を検討した。試料は、相良層の上面から砂岩層を対象に深度方向に採取し、粒度150  $\mu\text{m}$ を中心とした石英を抽出した。得られた石英粒子は、米国Purdue大学の加速器質量分析施設 (PRIME Lab) で化学処理した後、 $^{10}\text{Be}$ 濃度を分析した。

## 【分析結果】

測定された $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 同位体比は、バックグラウンドよりも有意に高く、測定は良好な状態で実施された。分析によって得られた石英中の $^{10}\text{Be}$ 濃度について、各試料の採取標高に対してプロットした深度プロファイルを図-2に示す。 $^{10}\text{Be}$ の濃度は、深さ方向に連続的に減少している。

## 【考察】

御前崎地域では、後期更新世の海進期以降、基盤を覆う堆積物が海水準の低下や隆起に伴う海退と同時に地表に露出し、侵食を受けている。BF4地点は近傍のBF1地点に比べて基盤を覆う泥層の層厚が小さく、両地点に現存するそれらの層厚差は約15 mに達する。このことはBF4地点が大きく削剥されていることを示唆し、仮

にそれがMIS5eに相当する12~13万年前以降、現在までの間に生じたとすると、削剥速度は少なくとも約120 mm/kaと想定される。一方で、分析により得られた $^{10}\text{Be}$ 濃度の深度分布は、数十万年スケールで約120 mm/kaの速度で地表が削剥されてきたと考えた場合に推定される核種の蓄積モデルカーブと合致している。このことは、BF4地点において基盤を覆う第四系堆積物を最終間氷期の海進期の堆積物とみなして差し支えないことを意味している。

#### 【結論】

今回、 $^{10}\text{Be}$ を用いてBF4地点の泥層の堆積年代を検討した結果、第三系における核種の蓄積量は、上位の第四系が12~13万年前に堆積後、現在までの間に約15 m削剥されたとの想定で得られるモデルカーブと整合しており、これが最終間氷期の海進期の堆積物に対比できるとの結果を得た。なお、断層の下盤側においても深度方向に $^{10}\text{Be}$ を用いた分析を実施した。その結果、 $^{10}\text{Be}$ の深度方向の濃度には、断層の両側で有意な差異は認められなかった。

#### 【引用文献】

松四ほか(2007)宇宙線生成核種 $^{10}\text{Be}$ および $^{26}\text{Al}$ のプロセス地形学的応用：地形，28，87-107。  
 杉山ほか(1988)御前崎地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，153p。  
 奥村（2016）浜岡原子力発電所とその周辺の上盤プレート地殻内断層と地震：日本地球惑星科学連合2016年大会。

Keywords: Cosmogenic  $^{10}\text{Be}$ , Depth profiling, Furuya mud layer, Sagara layer, Normal fault group

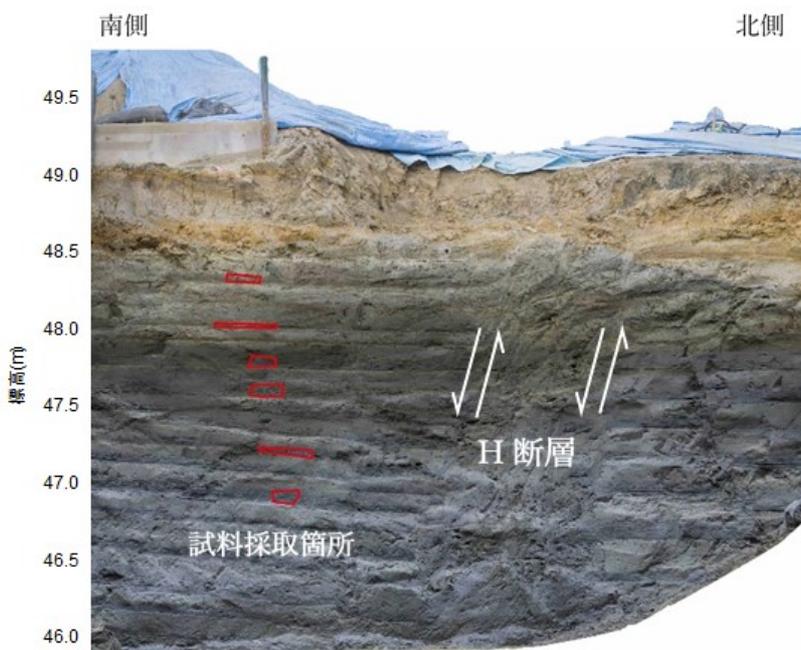


図-1

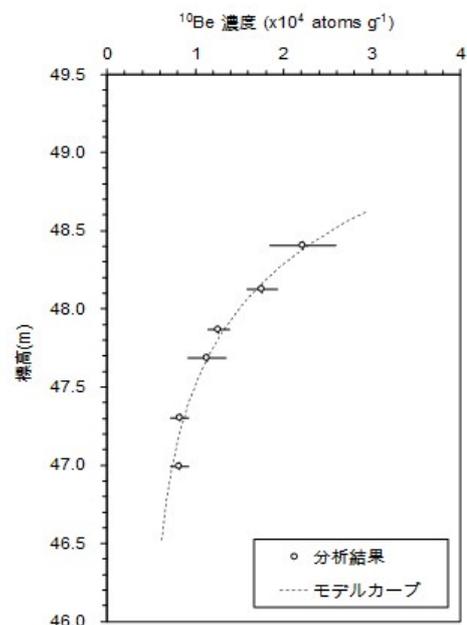


図-2