Mon. Sep 5, 2022

oral room 2

Session Oral | T5. [Topic Session] Glocal stratigraphy and geochronology

[2oral201-12] T5. [Topic Session] Glocal stratigraphy and geochronology

Chiar:Reishi Takashima, Yuji Orihashi(Hirosaki Univ.), Hiroyuki HOSHI

8:45 AM - 12:15 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[T5-O-1] (Invited) Ratification of the Chibanian GSSP and its Chronostratigraphical significance

*Makoto Okada[1] (1. Ibaraki University)

8:45 AM - 9:15 AM

[T5-O-2] (Invited) Paleoseawater osmium isotopic record and its implication for the paleoenvironment

*Hironao Matsumoto[1] (1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

9:15 AM - 9:45 AM

[T5-O-3] Is Beppu Bay sediment annual varve: Investigation of the lamination process based on multi-year observations of surface sediment and diatom assemblage.

*Yoshiaki Suzuki[1], Michinobu Kuwae[2], Toshiki Matsuura[2], Kazuyoshi Moriya[3] (1. GSJ, AIST, 2. Ehime Univ., 3. Waseda Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[T5-O-4] Reexamination of time-stratigraphic situation for the Neogene felsic volcanics, distributed in western Shimokita Peninsula, Aomori Prefecture : A proposal of " Hotokegaura Caldera"

*Shu Moriai[1], Yuji Orihashi[1], Minoru Sasaki[1], Shogo Numata[2], Sota Niki[3], Hisashi Asanuma[4], Takafumi Hirata[3] (1. Hirosaki Univ., 2. Graduate School of Arts and Science, Univ. Tokyo, 3. Geochemical Research Center, Univ. Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. Tokyo)

10:00 AM - 10:15 AM

[T5-O-5] Zircon U– Pb age from volcanic rocks of the Miocene Moriya Formation in central Nagano Prefecture, central Japan, and its stratigraphic implications

*Hiroyuki Hoshi[1], Hideki Iwano[2,3], Tohru Danhara[2] (1. Aichi University of Education, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 3. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

10:15 AM - 10:30 AM

[T5-O-6] Application of apatite trace element compositions of tuffs for the studies of stratigraphy and culture geology

*Reishi Takashima[1] (1. Tohoku University)

10:30 AM - 10:45 AM

[T5-O-7] Apatite U– Pb dating of Dinosaur teeth in the Gobi Desert, Mongolia: the first attempt

Myu TANABE[1], Kentaro CHIBA[2], *Kazumas AOKI[1] (1. Okayama University of Science, Center for Fundamental Education, 2. Okayama University of Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science)

10:45 AM - 11:00 AM

[T5-O-8] Carbon isotope stratigraphy and radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous (Shishiori and Oshima groups) in Kesennuma-Oshima, Miyagi, Japan

*Takumi Otsubo[1], Reishi Takashima[2], Azumi Kuroyanagi[2], Toshiro Yamanaka[3] (1. Tohoku University, 2. The Tohoku University Museum, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology)

11:00 AM - 11:15 AM

[T5-O-9] Carbon-isotope stratigraphy and U-Pb radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Soma Nakamura Group, Fukushima, Japan

*Taiga TOMARU[1], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Azumi KUROYANAGI[2], Toshiro YAMANAKA[4], Yuji ORIHASHI[5], Yoshihiro ASAHARA[6] (1. Institute of Geology and Paleontology ,Graduate School of Science, Tohoku University, 2. The Center for Academic Resources and Archives Tohoku University Museum , 3. Institute of Dinosaur Research , Fukui Prefectural University, 4. School of Marine Resource and Environment, Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Global Environment and Disaster Prevention Sciences, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 6. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

11:15 AM - 11:30 AM

[T5-O-10] Planktonic foraminiferal biostratigraphy and assemblages of middle Cretaceous exposed in the Vocontian Basin, southeastern France

*Issei Murakami[1], Azumi Kuroyanagi[1], Reishi Takashima[1], Hiroshi Nishi[2] (1. Tohoku university, 2.

©The Geological Society of Japan

Fukui prefectural University)
11:30 AM - 11:45 AM

[T5-O-11] Lower Cretaceous (Aptian) planktic foraminiferal stratigraphy and assemblage of the Vocontian Basin sequence, southeastern France

*Hiromu TAKASAWA[1], Azumi KUROYANAGI[2], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Bradley B Sageman[4] (1. JOGMEC, 2. Tohoku University Museum, 3. Institute of Dinosaur Research Fukui Prefectural University, 4. Northwestern University)
11:45 AM - 12:00 PM

[T5-O-12] Shallow marine fossil diatom assemblages over the last million years in the Nishimikawa Plain, Aichi Prefecture, central Japan

*Tomonori Naya[1], Tomoya Abe[1], Kiyohide Mizuno[1] (1. AIST, GSJ)
12:00 PM - 12:15 PM

oral room 3

Session Oral | T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

[2oral301-13] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Shunsuke Endo, Ken-ichi Hirauchi
8:45 AM - 12:00 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[T1-O-5] Nature of the plate boundary domain at the depth of deep slow earthquakes: evidence from the Sanbagawa belt

*Yukinojo KOYAMA[1], Simon R. WALLIS[1], Takayoshi NAGAYA[1] (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo)
8:45 AM - 9:00 AM

[T1-O-6] Influence of pore fluid pressure on fracture pattern of mantle wedge serpentinites

*Ken-ichi Hirauchi[1], Yurina Nagata[1], Keishi Okazaki[2,3] (1. Shizuoka University, 2. Hiroshima University, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, X-star, JAMSTEC)
9:00 AM - 9:15 AM

[T1-O-7] Naturally injected short-lived fluid flow in a single fracture related to seismic events in the middle crust.

*Diana Mindaleva[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1] (1. Tohoku University)
9:15 AM - 9:30 AM

[T1-O-8] Transient fluid migration recorded in antigorite veins formed by subduction-related fluids

*Kazuki Yoshida[1], Ryosuke Oyanagi[2], Masao Kimura[3], Oliver Plümper[4], Mayuko Fukuyama[5], Atsushi Okamoto[1] (1. Tohoku Univ., 2. Kokushikan Univ., 3. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 4. Utrecht Univ., 5. Akita Univ.)
9:30 AM - 9:45 AM

[T1-O-9] Various metasomatism of a mantle wedge by slab-derived materials: Examination of serpentinites in the Kamuikotan metamorphic belt, Hokkaido, Japan

*Shun Takamizawa[1], Yuji Ichiyama[1], Shusaku Yamazaki[2], Akihiro Tamura[3], Tomoaki Morishita[3] (1. Chiba University, 2. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 3. School of Geoscience and Civil Engineering, College of Science and Technology, Kanazawa University)
9:45 AM - 10:00 AM

[T1-O-10] Metasomatism and mass transfer at the slab-mantle interface in the subduction zone: Insights from serpentinite in the Tomisato area of the Sanbagawa belt (Central Shikoku, Japan).

*Ryosuke Oyanagi[1,2], Masaoki Uno[3], Atsushi Okamoto[3] (1. Kokushikan University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Tohoku University)
10:00 AM - 10:15 AM

[T1-O-11] The significance of CASH-CO_2 metasomatism for tectonic slicing of subducting oceanic crust: an example from the Sanbagawa belt

*Shunsuke Endo[1], Nachi Kurihara[1], Tomoki Taguchi[2] (1. Shimane University, 2. Waseda University)
10:15 AM - 10:30 AM

[T1-O-12] Quantitative evaluation of silica and water transfer based on estimation of volume change of metamorphic rocks in Franciscan subduction zone

*Shogo Soejima[1], Simon Wallis[1] (1. The University of Tokyo)
10:30 AM - 10:45 AM

[T1-O-13] Intensity evaluation of of element transfer and its controlling parameters: Differences between Northwest and South Pacific oceanic plates.

*Satoshi Matsuno[1], Masaoki Uno[1], Atsushi Okamoto[1]

©The Geological Society of Japan

（1. Graduate School of Environmental Studies Tohoku University）

10:45 AM - 11:00 AM

[T1-O-14] The $\delta^{13}C$– $\delta^{18}O$ variations of eclogite-facies marble from the Eastern Iratsu body of the Sambagawa Belt: A Revisit

*Hironobu HARADA[1], Tatsuki TSUJIMORI[1,2], Hideko TAKAYANAGI[1], Yasufumi IRYU[1]（1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University）

11:00 AM - 11:15 AM

[T1-O-15] Re-estimation of the thermobaric structure of eclogite-facies bodies in the Sanbagawa metamorphic belt based on synchrotron micro-XANES spectroscopy

*Taisuke ITO[1], Simon R. WALLIS[1], Yoshio TAKAHASHI[1], Shunsuke ENDO[2], Toshihiro KOGURE[1], Yoshihiro ASAHARA[3]（1. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University）

11:15 AM - 11:30 AM

[T1-O-16] Peak metamorphic pressures of felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Mio Naito[1], Kensuke Yamane[1], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Martin Svojtka[3]（1. Okayama Univ. , 2. Kyoto Univ., 3. The Czech Academy of Sciences）

11:30 AM - 11:45 AM

[T1-O-17] Automation of peak-fitting procedure for estimating the experienced temperature from Raman spectra of carbonaceous material

*Shunya Kaneki[1], Yui Kouketsu[2]（1. Kyoto University, DPRI, 2. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies）

11:45 AM - 12:00 PM

oral room 4

Session Oral | T11.［Topic Session］Latest Studies in Sedimentary Geology

[2oral401-11] T11.［Topic Session］Latest Studies in Sedimentary Geology

Chiar:Dan MATSUMOTO(AIST), Yuka YOKOYAMA, Yuya Yamaguchi(JAPEX)

8:45 AM - 12:00 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T11-O-8] Comprehensive study of Suruga Bay -For understanding the Mechanisms of Sediment Transport.

*Yuka YOKOYAMA[1], Nozomi NAKAMURA[1], Izumi SAKAMOTO[1], Hisanori BABA[1], Asahiko TAIRA[2]（1. Tokai Univ., 2. IORD, Tokai Univ.）

8:45 AM - 9:00 AM

[T11-O-9] Sedimentary facies, paleosols, and chemical compositions of the upper Pleistocene and Holocene deposits in the Suwa Basin, central Japan

*Nozomi HATANO[1], Ritsuho KAWANO[2], Kohki YOSHIDA[2], Ryosuke FUKUCHI[3], Hiroyasu ASAHI[3], Ken SAWADA[3,4]（1. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University, 3. Graduate School of Science, Hokkaido University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University）

9:00 AM - 9:15 AM

[T11-O-10] Paleoclimatic reconstruction and evaluation for the sedimentary environment by biomarker analysis of the sediments from Lake Suwa, Japan

*Ryosuke FUKUCHI[1], Ken SAWADA[2], Hiroyasu ASAHI[1], Nozomi HATANO[3]（1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute）

9:15 AM - 9:30 AM

[T11-O-11] Formation of MIS 5c and 5a marine terraces in the eastern Kanto Plain

*Hiroko OKAZAKI[1], Hiroomi NAKAZATO[2], Toru TAMURA[3,4]（1. Fukada Geological Institute, 2. NARO, 3. AIST, 4. Univ. Tokyo）

9:30 AM - 9:45 AM

[2oral401-11-5add] Break

9:45 AM - 10:00 AM

[T11-O-12] Internal sedimentary structures of gravelly cyclic steps in the Miocene fan delta front deposits in the Yatsuo Area, Toyama

©The Geological Society of Japan

Prefecture
*Takeshi NAKAJIMA[1] （1. Geological Survey of Japan, AIST）
10:00 AM - 10:15 AM

[T11-O-13] Experimental study for construction of cyclic steps by surge-turbidity currents and grain-size distribution
*Miwa Yokokawa[1], Ren Nagano[1], Kazuma Matsunami[1], Atsuki Fukuoka[1] （1. Osaka Institute of Technology）
10:15 AM - 10:30 AM

[T11-O-14] The morphodynamics of downstream alluvial systems during non-deltaic transgression: Autostratigraphic theory and tank experimentation
*Tetsuji MUTO[1], Junhui WANG[2,3] （1. Department of Environmental Sciecnce, Nagasaki University, 2. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), 3. College of Geoscience, China University of Petroleum (Beijing)）
10:30 AM - 10:45 AM

[T11-O-15] Temporal transformation trend of submarine-fan morphology and its controlling factors
*Osamu TAKANO[1], Shuichi TOKUHASHI, Takeshi NAKAJIMA[2] （1. JAPEX, 2. Geological Survey of Japan, AIST）
10:45 AM - 11:00 AM

[2oral401-11-10add] Break
11:00 AM - 11:15 AM

[T11-O-16] ‘Chemosedimentary sequence’ of the turbidite: Examples of the Kawabata Formation in central Hokkaido
*KEN SAWADA[1], Hiroyasu ASAHI[1] （1. Faculty of Science, Hokkaido University）
11:15 AM - 11:30 AM

[T11-O-17] Relationship between sorting and porosity of sandstones in the Pleistocene Kitaura Formation at the Oibanazaki outcrop, Akita Prefecture, Japan
*Takanori Noguchi[1], Shun Chiyonobu[1], Hiroyuki Arato[1], Koudai Satou[2], Hirokazu Madokoro[2], Takeshi Nagayoshi[2] （1. Graduate School of International Resource Sciences Akita Univ. (Division of Earth Resource Science), 2. Akita Prefectural Univ.）
11:30 AM - 11:45 AM

[T11-O-18] Formation of dolomite concretion during the Pleistocene "Chinen Disturbance" event caused by dissociation of methane hydrate offshore Okinawa-Jima
*Ryo MATSUMOTO[1], Lika TAKEUCHI[2], Hiroshi NAKAGAWA[3], Tokiyuki SATO[4], Yasufumi IRYU[5], Hiroki MATSUDA[6], Junko KOMATSUBARA[7], Michio SATO[8], Satoshi YAMAMOTO[9] （1. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. GEOWINDOW Co. Ltd., 4. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 5. Dept of Earth Science, Faculty of Science, Tohoku University, 6. Faculty of Science, Earth Sciences Course, Kumamoto University, 7. AIST, 8. Meiji University, School of Agriculture , 9. Ryukyu University Faculty of Physics and Earth Sciences）
11:45 AM - 12:00 PM

oral room 5

Session Oral | T3. [Topic Session] Southern Ocean and Antarctic ice sheet: past, modern, future of the Antarctica and Earth’s climatic system revealed by geology

[2oral501-10] T3. [Topic Session] Southern Ocean and Antarctic ice sheet: past, modern, future of the Antarctica and Earth’s climatic system revealed by geology
Chiar:Takeshige Ishiwa, Satoko Owari, Yusuke Suganuma, Kota KATSUKI
8:45 AM - 12:00 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T3-O-1] （Invited） Antarctic ice sheet and Southern Ocean in the past warm periods
*Osamu Seki[1], Mutsumi Iizuka[1], Tomohisa Irino[1], Yusuke Suganuma[2], Minoru Ikehara[4], Takuya Itaki[3], Masanobu Yamamoto[1], Keiji Horikawa[5] （1. Hokkaido University, 2. NIPR, 3. AIST, 4. Kochi University, 5. Toyama University）
8:45 AM - 9:15 AM

[T3-O-2] Warm Pliocene West Antarctic Ice Sheet History: Diatom evidence from the Gauss-Gilbert boundary (~3.6Ma) at Site U1532, Amundsen Sea, and its implications
*Masao IWAI[1], Keiji HORIKAWA[2], Shipboard Scientists IODP Exp.379 （1. KCC/CMCR, Kochi University, 2. Toyama University）

©The Geological Society of Japan

9:15 AM - 9:30 AM

[T3-O-3] Present and Ancient Active Continental Margins in the Southern Ocean: from R/V Hakuho-maru KH-19-6 Leg 4 cruise

*Asuka Yamaguchi[1], Kenichiro Tani[2], Minoru Ikehara[3] （1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University）

9:30 AM - 9:45 AM

[T3-O-4] （Invited） Observations of ice-ocean interaction in East Antarctica

*Daisuke HIRANO[1] （1. National Institute of Polar Research）

9:45 AM - 10:15 AM

[T3-O-5] Antarctic Peninsula Ice Sheet fluctuations during the Holocene

*Minoru IKEHARA[1], Kodai Kato[1], Yuji Kato[2], Osamu Seki[3] （1. Kochi University, 2. University of Tsukuba, 3. Hokkaido University）

10:15 AM - 10:30 AM

[T3-O-6] Ice-shelf retreat off the Totten Glacier of East Antarctica during Holocene

*Takuya Itaki[1], Yusuke Suganuma[2], Osamu Seki[3], Masanobu Yamamoto[3], Takayuki Omori[4], Atsuko Amano[1], Takeshige Ishiwa[2], Koji Seike[1], Satoko Owari[5], Yuki Haneda[1], Minoru Ikehara[6], Shigeru Aoki[3] （1. Geological Survey of Japan / AIST, 2. National Institute of Polar Research, 3. Hokkaido University, 4. the University of Tokyo, 5. Tokyo University of Marine Science and Technology, 6. Kochi University）

10:30 AM - 10:45 AM

[T3-O-7] Geochemistry of marine sediment interstitial water collected by the Japanese Antarctic Research Expedition 61 (JARE61)

*Satoko Owari[1], Takuya Itaki[2], Yusuke Suganuma[3], Takeshige Ishiwa[3] （1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. ational Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute of Polar Research）

10:45 AM - 11:00 AM

[T3-O-8] Reconstruction of Antarctic coast environment change along ground uplift and ice-sheet retreat recorded in the sediment of Lake Oyako of Skarvsnes, East Antarctica

*Kota KATSUKI[1], Kazuya Iwanari[1], Yusuke SUGANUMA[2], Moto KAWAMATA[3], Daisuke SHIBATA[4] （1. Shimane Univ., 2. Polar Research Institute, 3. Civil Enginearing Research Institute for Cold Region, 4. Tsukuba Univ.）

11:00 AM - 11:15 AM

[T3-O-9] CDW induced deglaciation process of the East Antarctic Ice Sheet since the LGM revealed by surface exposure dating and ocean modeling in Soya Coast, East Antarctica

*Yusuke Suganuma[1,2], Moto Kawamata[3], Kazuya Kusahara[5], Takeshige Ishiwa[1,2], Kota Katsuki[4], Masakazu Fujii[1,2], Motohiro Hirabayashi[1], Jyun'ichi Okuno[1,2] （1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 4. Shimane University, 5. JAMSTEC）

11:15 AM - 11:30 AM

[T3-O-10] Constraints on the Holocene Antarctic ice sheet variability and mantle viscosity by GIA observables and modelling

*Jun'ichi Okuno[1,2,3], Akihisa Hattori[3], Koichiro Doi[2,3], Takeshige Ishiwa[2,3], Yusuke Suganuma[2,3] （1. ROIS, 2. NIPR, 3. SOKENDAI）

11:30 AM - 11:45 AM

oral room 1

Session Oral | T14. [Topicr Session] Geopark to enjoy and learn about the earth and human activities

[2oral101-10] T14. [Topicr Session] Geopark to enjoy and learn about the earth and human activities

Chiar:Kazuo Amano, Noritaka Matsubara
9:30 AM - 12:00 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[T14-O-1] A Practical Report of Hakone Geopark -Reinforcement of the Main Theme and Utilization for Guide Training-

*Tomohiro KASAMA[1] （1. Hakone Geopark Promotion Council）

9:30 AM - 9:45 AM

[T14-O-2] Disseminating Lessons and Utilization about Geospatial Information Authority of Japan "Natural Disaster Monument" by Hakone Geopark

*Naoto KOZASA[1], Akari ICHIKAWA[1] （1. Hakone Geopark Promotion Council）

9:45 AM - 10:00 AM

©The Geological Society of Japan

[T14-O-3] Relationship between topographical features, geological features and location of fishing ports in the Kyotango area, San’ in Kaigan UNESCO Global Geopark.

*Noritaka Matsubara[1,2], Mieko Ishii, Kuniyasu Mokudai[3] （1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. San'in Kaigan Geopark Promotion Council, 3. Tohoku Gakuin University）

10:00 AM - 10:15 AM

[T14-O-4] Utilization of GigaPan ultra high-resolution images of outcrops: Some cases of San-in Kaigan Geopark, Japan

*Norihito Kawamura[1], Takashi Sawaguchi[2], Kyohei Sano[1], Noritaka Matsubara[1] （1. Univ. of Hyogo, 2. Toyo Univ.）

10:15 AM - 10:30 AM

[T14-O-5] GEO Activity Project
-Geoparks Connecting Local Communities-

*Yuki Fujihara[1], San'in Kaigan Geopark Promotion Council （1. San'in Kaigan Geopark Promotion Council）

10:30 AM - 10:45 AM

[T14-O-6] Resetting and evaluation of geosites in Mt. Tsukuba Area Geopark

*Hideo TAKAGI[1] （1. Waseda University）

10:45 AM - 11:00 AM

[T14-O-7] Practice of Geopark Learning in Itoigawa UNESCO Global Geopark in Cooperation with Prefectural High Schools

*Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Yousuke Ibaraki[1], Suzuka Kooriyama[1], Ko Takenouchi[1], Takeo Kobayashi[2] （1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa Geopark Promotion Office）

11:00 AM - 11:15 AM

[T14-O-8] Earth science education using SDGs

*Suzuka KOORIYAMA[1], Yousuke Ibaraki[1], Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Takeo Kobayashi[2], Ko Takenouchi[1] （1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa City Hall Geopark Promorion Office）

11:15 AM - 11:30 AM

[T14-O-9] Japan Sea opening event and geopark

*Kazuo AMANO[1,2] （1. Center for Spatial Information Science, The Univerrsity of Tokyo, 2. Japan Geopark Academic Support Union(JGASU)）

11:30 AM - 11:45 AM

[T14-O-10] Mineral Resources for the Erection of the Great Buddha of Nara and Geoparks in Japan

*Eikichi TSUKUDA[1] （1. Geological Survey of Japan, AIST）

11:45 AM - 12:00 PM

Session Oral | T10.［Topic Session］ Frontiers of Mineral Resources Research

[2oral111-23] T10.［Topic Session］ Frontiers of Mineral Resources Research

Chiar:Shiki MACHIDA, Keishiro AZAMI
1:30 PM - 5:15 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[T10-O-1] （Invited） The latest genetic model and initial formation process of seafloor hydrothermal deposit revealed by drilling cruises

*Tatsuo Nozaki[1,2,3,4] （1. JAMSTEC, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kobe Univ., 4. ChibaTech）

1:30 PM - 2:00 PM

[T10-O-2] Mineralogical and geochemical studies of gold mineralisation in the Sado deposit, Niigata Prefecture, Japan

*Tomohiko SAWAZAKI[1], Mizuki ISHIDA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Yasuhiro KATO[1,2] （1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology）

2:00 PM - 2:15 PM

[T10-O-3] High-throughput spectral data analysis in laser-induced breakdown spectroscopy using the spectrum adapted ECM algorithm

*Tarojiro Matsumura[1], Tomoko Takahashi[2,4], Kenji Nagata[3], Yasunobu Ando[1], Akira Yada[1], Tatsu Kuwatani[2] （1. Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute for Materials Science, 4. The University of Tokyo）

2:15 PM - 2:30 PM

[T10-O-4] Age determination of REY-rich mud around Minamitorishima Island using ichthyolith biostratigraphy via a deep-learning-based image detection system

*Takahiro KITAZAWA[1], Kazuhide MIMURA[2,1], Kazutaka YASUKAWA[1], Junichiro Ohta[1,2], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2] （1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology）

2:30 PM - 2:45 PM

©The Geological Society of Japan

[T10-O-5] Process of hydrothermal activity estimated from independent component analysis

*Keishiro AZAMI[1], Shiki MACHIDA[2], Naoto HIRANO[3], Kentaro NAKAMURA[4], Kazutaka YASUKAWA[4], Tetsu KOGISO[5], Yasuhiro KATO[4,2] (1. Waseda University, 2. Chiba Institute of Tecnology, 3. Tohoku University, 4. The University of Tokyo, 5. Kyoto University)

2:45 PM - 3:00 PM

[2oral111-23-7add] Break

3:15 PM - 3:30 PM

[T10-O-7] Statistical analyses on global geochemical data structure of deep-sea sediments

*Masahiro Hirako[1], Kazutaka Yasukawa[1], Kentaro Nakamura[1,2], Yasuhiro Kato[1,2] (1. Univ. of Tokyo, 2. CIT)

3:30 PM - 3:45 PM

[T10-O-8] Chemostratigraphy of Minamitorishima REY-rich mud: A new approach using machine learning

*Kentaro NAKAMURA[1] (1. The University of Tokyo)

3:45 PM - 4:00 PM

[T10-O-9] Downhole variations of mineral composition and grain size in a deep-sea sediment core with three REY peaks collected from the Minamitorishima EEZ

*Yuta ODA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2] (1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology)

4:00 PM - 4:15 PM

[T10-O-10] Analysis of growth history of ferromanganese nodules using the X-ray CT and the multichemical feature map

*Shiki MACHIDA[1,2], Kentaro NAKAMURA[2,1] (1. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo)

4:15 PM - 4:30 PM

[T10-O-11] Elemental mapping of nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ using µXRF

*Makoto YAZAKI[1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Shiki Machida[2], Kazutaka Yasukawa[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Yasuhiro Kato[1,2] (1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute Technology)

4:30 PM - 4:45 PM

[T10-O-12] Elucidating the timing and characteristics of a growth hiatus of the Minamitorishima ferromanganese nodules based on age dating through Os isotope stratigraphy and elemental mapping using μ XRF

*Sota Aoyagi[1], Junichiro Ohta[1,2], Moei Yano[2], Kazuhide Mimura[2], Keishiro Azami[3], Tatsuo Nozaki[4,1,5,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka Yasukawa[1], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[1,2] (1. The University of Tokyo, 2. Chiba institute of Technology, 3. Waseda University, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Kobe University)

4:45 PM - 5:00 PM

[T10-O-13] Os isotopic record during the Early Cretaceous seawater reconstructed from the Yokonami umber

*Koichiro Fujinaga[1,2], Moei Yano[1,2], Kazutaka Yasukawa[2], Kentaro Nakamura[2,1], Junichiro Ohta[2,1], Yusuke Kuwahara[2], Ken Nakayama[3], Yasuhiro Kato[2,1] (1. CIT, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kochi Univ.)

5:00 PM - 5:15 PM

oral room 3

Session Oral | T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

[2oral314-28] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Nobuhiko NAKANO, Tatsuro Adachi, Kazuki Yoshida
1:30 PM - 5:30 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[T1-O-18] The igneous and metamorphic evolution from Neoproterozoic to Triassic in Jangbong Island in the northwestern coastal Gyeonggi Massif on the Korean Peninsula

*Ji Wan Jeong[1], Chang Whan Oh[2], Deung-Lyong Cho[3] (1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. KIGAM, Rep. Korea)

1:30 PM - 1:45 PM

[T1-O-19] Microstructural observations of multiphase inclusions in migmatite from the Kulappara in the southern India

*Tomoki Taguchi[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Akira Miyake[3] (1. Waseda University, 2. Niigata University, 3. Kyoto University)

1:45 PM - 2:00 PM

©The Geological Society of Japan

[T1-O-20] *P-T-t* analyses on the metamorphic rocks in Brattnipene, Sø r Rondane Mountains, East Antarctica.

*Tatsuro ADACHI[1], Tetsuo KAWAKAMI[2], Fumiko HIGASHINO[2], Masaoki UNO[3] （1. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University,）

2:00 PM - 2:15 PM

[T1-O-21] Sulfide mineralogy and whole-rock sulfur isotope composition of high-grade metamorphic rocks from the Sø r Rondane Mountains, East Antarctica

*Tetsuo Kawakami[1], Satish-Kumar M.[2], Mitsubori Tokuya[2], Silpa Ammini Sasidharan[2,3] （1. Kyoto University, 2. Niigata University, 3. Shimane University）

2:15 PM - 2:30 PM

[T1-O-22] CO_2- and Cl-bearing fluid infiltration from southern Perlebandet, Sø r Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko HIGASHINO[1], Tetsuo KAWAKAMI[1], Tatsuro ADACHI[2], Masaoki UNO[3] （1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University）

2:30 PM - 2:45 PM

[T1-O-23] Metamorphic geology of Berrnabbane from the western Lü tzow-Holm Bay in East Antarctica

*Nobuhiko NAKANO[1], Sotaro BABA[2], Shin-ichi Kagashima[3] （1. Faculty of Social and Cultural Sciences, Kyushu University, 2. Univ. Ryukyus, 3. Yamagata Univ.）

2:45 PM - 3:00 PM

[T1-O-24] Metamorphic history of low-pressure garnet amphibolite in Oki-Dogo Island

*Mizuki Takahashi[1], Shunsuke ENDO[1] （1. ShimaneUniversity）

3:00 PM - 3:15 PM

[T1-O-25] Indialite-staurolite-bearing polymetamorphic hornfelses from Unazuki area, Toyama Prefecture; Evidence for rapid cooling after low-*P* and high-*T* thermal metamorphism

*Yoshikuni HIROI[1] （1. None）

3:15 PM - 3:30 PM

[T1-O-26] Emplacement processes of the Namera granite and formation of migmatite in Ryoke belt, Yanai district, Yamaguchi

*Masaaki Owada[1], Katsuma Aoki[2], Eri Akasaki[3], Atsushi Kamei[4] （1. Yamaguchi University, 2. Fujita Geology CO.LTD., 3. The Yamaguchi Prefectural Museum, 4. Shimane University）

3:30 PM - 3:45 PM

[T1-O-27] High-temperature metamorphic belt formed around huge felsic plutonic body: an example from the Mt. Raizan of the Sefuri Mountains to the Itoshima Peninsula

*Kazuhiro Miyazaki[1], Yayoi Muraoka[1] （1. Geological Survey of Japan）

3:45 PM - 4:00 PM

[2oral314-28-11add] Break

4:00 PM - 4:15 PM

[T1-O-28] Development of dynamic recrystallization of quartz and change in water contents

*Junichi FUKUDA[1], Takamoto OKUDAIRA[1], Yukiko OHTOMO[2] （1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Education, Art and Science, Yamagata University）

4:15 PM - 4:30 PM

[T1-O-29] Deformation-enhanced dehydration of antigorite in Nagasaki serpentinite: An experimental study using a solid-medium apparatus

Sakurako Okude[1], *Ichiko Shimizu[1], Mugen Ogata, Katsuyoshi Michibayashi[2] （1. Kyoto University, 2. Nagoya University）

4:30 PM - 4:45 PM

[T1-O-30] Paleostress recorded in the Paleo-Mesozoic limestones of NE Japan

*Saki NOGUCHI[1], Hirataro IMAI[2], Osamu NISIKAWA[3] （1. Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd., 2. OYO Corporation, 3. Akita Univ.）

4:45 PM - 5:00 PM

[T1-O-31] Short-wavelength Bouguer anomaly and folding with disclination in the northeastern Japan

*Mitsuhiro Hirano[1], Hiroyuki Nagahama[1] （1. Tohoku Univ.）

5:00 PM - 5:15 PM

[T1-O-32] A mechanism for cyclic back-arc spreading

*Kazuhiko Ishii[1], Simon R. Wallis[2] （1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo）

©The Geological Society of Japan

5:15 PM - 5:30 PM

oral room 4

Session Oral | T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

[2oral412-21] T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

Chiar:Natsuko ADACHI, Hirokazu Kato, Fumito SHIRAISHI
1:30 PM - 4:45 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T11-O-19] Paleoclimatic Analyses of the Past 200 years Using Cascade Tufa and Stalagmite in Tokunoshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan

*Akira Murata[1], Hirokazu Kato[1], Akihiro Kano[1] (1. The University of Tokyo)

1:30 PM - 1:45 PM

[T11-O-20] Interpretation of isotopic records of the Japanese stalagmite and quantification of the amount effect

*Akihiro Kano[1], Hirokazu Kato[1], Akira Murata[1], Kenji Kashiwagi[2] (1. The University of Tokyo, 2. The University of Toyama)

1:45 PM - 2:00 PM

[T11-O-21] Climatic records in Heinrich events revealed from Japanese stalagmites

*Hirokazu Kato[1], Taiki Mori[2], Akihiro Kano[1] (1. The University of Tokyo, 2. Chuo Kaihatsu Corporation)

2:00 PM - 2:15 PM

[T11-O-22] (Invited) Coralogy

*Tsuyoshi Watanabe[1] (1. Faculty of Science, Hokkaido University)

2:15 PM - 2:45 PM

[2oral412-21-5add] Break

2:45 PM - 3:00 PM

[T11-O-23] Decompositional processes of microbial carbonates in Lagoa Vermelha, Brazil

*Fumito SHIRAISHI[1], Yusaku HANZAWA[1], Jiro ASADA[2], Leonardo Fadel CURY[3], Anelize Manuela BAHNIUK[3] (1. Hiroshima University, 2. INPEX Solutions, 3. Federal University of Parana)

3:00 PM - 3:15 PM

[T11-O-24] Changes in sedimentary environments and mechanisms of the Upper Pleistocene Ryukyu Group related to relative sea level fall in the western part of Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan -Preliminary results-

*Hiroki Matsuda[1], Masahide Hayashida[2], Yuuka Kumagae[2], Kazuki Tokushige[2], Yoshihiro Tsuji[3], Keiichi Sasaki[4] (1. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 2. Faculty of Science, Kumamoto University, 3. KIKAI Institute for Coral Reef Sciences, 4. Faculty of Economic Informatics, Kanazawa Gakuin University)

3:15 PM - 3:30 PM

[T11-O-25] Roles in reef construction of microencrusters in the Panthalassan Torinosu Limestone (Upper Jurassic) from Yura area, Wakayama Prefecture

*Taiki FUNABA[1], Yoichi EZAKI[2], Natsuko ADACHI[2] (1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University)

3:30 PM - 3:45 PM

[2oral412-21-9add] Break

3:45 PM - 4:00 PM

[T11-O-26] Bryozoans of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone: Roles in reef building

*Shota SUGAMA[1], Yoichi EZAKI[2], Mitsuru MASUI[1], Koki SHIMIZU[1], Koichi NAGAI[4], Tetsuo SUGIYAMA[3], Natsuko ADACHI[2] (1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University, 3. Fukuoka University, 4. formerly University of the Ryukyus)

4:00 PM - 4:15 PM

[T11-O-27] Sponge-related, microbialite-like rocks in the upper Cambrian of North China

*Yoichi EZAKI[1], Natsuko ADACHI[1], Jianbo LIU[2] (1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ.)

4:15 PM - 4:30 PM

[T11-O-28] Growth forms and distribution patterns of the microstromatolites from the Bayan Gol Formation (lower Cambrian), western Mongolia

*Natsuko ADACHI[1], Yoichi EZAKI[1], Jianbo LIU[2], Mahito WATABE[3], Gundsambuu ALTANSHAGAI[4], Batkhuyag ENKHBAATAR[4], Dorj DORJNAMJAA[4] (1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ., 3. Waseda Univ., 4. Inst. of Paleontol., Mongolian Acad. of Sci.)

4:30 PM - 4:45 PM

oral room 5

©The Geological Society of Japan

Session Oral | G1-3. sub-Session 03

[2oral511-19] G1-3. sub-Session 03

Chiar:Takeshi Yoshida, Hidekazu Yoshida, Shinji Takeuchi
1:30 PM - 3:45 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G3-O-5] Groundwater basin management and water cycle as a site condition for Industrial Waste Landfill

*Yoshiyuki TAMURA[1] (1. Chiba Prefectural Enviromnet Foundation)

1:30 PM - 1:45 PM

[G3-O-6] Flood mitigation dam (FMD) is not fewer impacts because of its devoiding the course of a flood, depositing the fine sediments and increasing the turbidness of downstream river environment

*Takayuki Kawabe[1], Osamu Abe[2], Makoto Seino[2], Jun'ichi Takakuwa[2], The Group to save the clear Mogami-Oguni River[3] (1. ex Yamagata University, 2. The Group to save the clear Mogami-Oguni River, 3. c/o Masaaki Kutsuzawa, Josai-cho 5-37, Shinjo City, 96-0076 Japan)

1:45 PM - 2:00 PM

[G3-O-7] The Dammed-up topography formation processes and sedimentation mechanisms

*Hiroshi TAKASHIMA[1] (1. Daiichi Insutitute of Technology)

2:00 PM - 2:15 PM

[G3-O-8] Geological conditions in land subsidence part during 10 years on the Liquefaction-Fluidization area: from a geological survey for land damage by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on northern part of Tokyo bay reclaimed land

*Osamu Kazaoka[1], Takahiro Kojima[1], Itaru Ogitsu[2], Atsushi Kagawa[1], Hisashi Yabusaki[1], Naoto Ito[1], Takeshi Yoshida[1] (1. Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2. Water Quality Division of Environmental and Community Affairs Department)

2:15 PM - 2:30 PM

[G3-O-9] Characteristics of mass transport within the Toki granite, central Japan: Result of through diffusion experiment

*Eiji Sasao[1], Hiroaki Murakami[1], Yusuke Ozaki[3], Takashi Yuguchi[2] (1. Tono Geoscience Center, JAEA, 2. Faculty of Science, Yamagata University, 3. Horonobe Underground Research Center, JAEA)

2:30 PM - 2:45 PM

[G3-O-10] Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution (Continuation)

*Makoto KAWAMURA[1], Hua JIA[2], Yukiko KOIZUMI[2], Masakazu NIWA[1], Koji UMEDA[3] (1. JAEA, 2. Mitsubishi Materials Techno, 3. Hirosaki Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM

[G3-O-11] A study on middle and/or long-term forecasting volcanic events

Minori MATSUI[1], *Koji UMEDA[2] (1. Hirosaki University, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University)

3:00 PM - 3:15 PM

[G3-O-12] Hydro-mechanical characterization of calcium carbonate concretions

*Shinji Takeuchi[1], Satoshi Goto[1], Sachiko Nakamura[2], Hidekazu Yoshida[2] (1. Nihon University, 2. Nagoya University)

3:15 PM - 3:30 PM

[G3-O-13] In-situ sealing feasibility experiment of flow-paths factures learnt from spherical carbonate concretion formation

*Hidekazu Yoshida[1], Koshi Yamamoto[1], Koichi Karukaya[2], Hiroya Matsui[3] (1. Nagoya University Museum, 2. Sekisui Chemical Co.Ltd., 3. Japan Atomic Energy Agency)

3:30 PM - 3:45 PM

oral room 6

Session Oral | G1-5. sub-Session 05

[2oral601-09] G1-5. sub-Session 05

Chiar:Daisuke Sato, Hideaki NAGAMORI
1:30 PM - 3:45 PM oral room 6 (Build. 14, 403)

[G5-O-1] Mesozoic limestone conglomerate in the Mino Belt, Nanjo Mountains

*Tomio Nakagawa[1] (1. Faculty of Education, University of Fukui)

1:30 PM - 1:45 PM

[G5-O-2] Stratigraphy and sedimentary environment of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kurosegawa Belt (Hinagu Belt), in the south part of Kumamoto prefecture

*Kohei KAWAKAMI[1], Tetsuji ONOUE[1] (1. Kyushu Univ.)

1:45 PM - 2:00 PM

©The Geological Society of Japan

[G5-O-3] Geochemistry and zircon U-Pb age and Lu-Hf isotope composition of the Jurassic granitoids in the Japanese Islands and eastern margin of Korea

*Kenta Kawaguchi[1,2], Chang Whan Oh[2], Ji Wan Jeong[1], Masaya Furusho[3], Satoshi Shibata[3], Yasutaka Hayasaka[4] （1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. OYO Corporation, 4. Hiroshima Univ.）

2:00 PM - 2:15 PM

[G5-O-4] On the Cretaceous Granitoids distributed in the Back-born mountains Northen NE Japan

*Yukio FUJIMOTO[1] （1. Akita Associ. of Educational Earth Science ）

2:15 PM - 2:30 PM

[G5-O-5] Graben like structure in the uplift zone in the northwestern part of Northern Fossa Magna Region, Central Japan.

*Hideaki NAGAMORI[1], Ryuta FURUKAWA[1], Kan FUJIWARA[2], Seiko Yamasaki[1], Toshiyuki YOSHIKAWA[1] （1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Presently Hokkaido Research Organization）

2:30 PM - 2:45 PM

[G5-O-6] Necessity of review of the basal Paleogene in western Kyushu, Japan

*Kazunori Miyata[1] （1. Fukui Prefectural Dinosaur Museum ）

2:45 PM - 3:00 PM

[G5-O-7] Submarine slump deposits in the Arikawa formation in Nakadorijima of the Goto. islands, and its tectonic significance, Nagasaki Prefecture

*Kazuhiro KAWAHARA[1] （1. Kwassui High School）

3:00 PM - 3:15 PM

[G5-O-8] Diagenesis of the Neogine sedimentary rocks in the Akita region, examined by carbonate nodules

*Osamu NISHIKAWA[1], Kaoru Nagai, Daizo ISHIYAMA[2] （1. Mineral Industry Museum, Akita University, 2. Akita University）

3:15 PM - 3:30 PM

[G5-O-9] A tidal to fluvial transition between the Miocene Obogon and Irrawaddy formations in the Tebingan area, central Myanmar

*Nao Kusuhashi[1], Zin Maung Maung Thein[2], Thaung Htike[3], Ye Ko Ko Latt[4], Man Thit Nyein[4], Kana Narita[1], Masanaru Takai[5] （1. Ehime University, 2. University of Mandalay, 3. University of Magway, 4. Ministry of Religious Affairs and Culture, 5. Kyoto University）

3:30 PM - 3:45 PM

oral room 5

Session Oral | T8. [Topic Session] Culture geology

[2oral520-25] T8. [Topic Session] Culture geology

Chiar:Masami INOMATA, Yoshihiro Morino

4:00 PM - 5:30 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T8-O-8] Consideration for origin of building stones in a stone-wall of the Kami-no-hashi Gateway of Fukuoka Castle, focused on petrography and mineral compositions of mafic igneous rocks in them.

*Tomoharu MIYAMOTO[1], Mio IFUKU[1], Kazuhiko SHIMADA[1] （1. Kyushu University）

4:00 PM - 4:15 PM

[T8-O-9] Ainu oral traditions concerning tsunami in Shiraoi, Hokkaido: An approach toward the interpretation of 17th century large tsunamis

*Wonji Shin[1], Tomoe Yahata[1] （1. National Ainu Museum）

4:15 PM - 4:30 PM

[T8-O-10] Cultural Geology and Geoscience Education

*Ken-ichiro Hisada[1] （1. Bunkyo University）

4:30 PM - 4:45 PM

[T8-O-11] Earth science education utilizing designated natural monuments

*Masaya SAKAMOTO[1] （1. Kyushu Lutheran college）

4:45 PM - 5:00 PM

[T8-O-12] Identification of rocks in a rock garden for the purpose of utilization : A case study of an elementary school in Edogawa-ku, Tokyo

*Hiroaki Ishibashi[1], Yukiko Ohtomo[2] （1. None, 2. Yamagata University）

5:00 PM - 5:15 PM

[T8-O-13] Making the Model of Occurrence of Interplate Earthquakes and its Significance

*Naoko KOIZUMI[1], Shigetomi MATSUNO[1] （1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History）

5:15 PM - 5:30 PM

©The Geological Society of Japan

Session Oral | T5. [Topic Session] Glocal stratigraphy and geochronology

[2oral201-12] T5. [Topic Session] Glocal stratigraphy and geochronology

Chiar:Reishi Takashima, Yuji Orihashi(Hirosaki Univ.), Hiroyuki HOSHI
Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:15 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[T5-O-1] (Invited) Ratification of the Chibanian GSSP and its Chronostratigraphical significance
*Makoto Okada[1] (1. Ibaraki University)
8:45 AM - 9:15 AM

[T5-O-2] (Invited) Paleoseawater osmium isotopic record and its implication for the paleoenvironment
*Hironao Matsumoto[1] (1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)
9:15 AM - 9:45 AM

[T5-O-3] Is Beppu Bay sediment annual varve: Investigation of the lamination process based on multi-year observations of surface sediment and diatom assemblage.
*Yoshiaki Suzuki[1], Michinobu Kuwae[2], Toshiki Matsuura[2], Kazuyoshi Moriya[3] (1. GSJ, AIST, 2. Ehime Univ., 3. Waseda Univ.)
9:45 AM - 10:00 AM

[T5-O-4] Reexamination of time-stratigraphic situation for the Neogene felsic volcanics, distributed in western Shimokita Peninsula, Aomori Prefecture : A proposal of " Hotokegaura Caldera"
*Shu Moriai[1], Yuji Orihashi[1], Minoru Sasaki[1], Shogo Numata[2], Sota Niki[3], Hisashi Asanuma[4], Takafumi Hirata[3] (1. Hirosaki Univ., 2. Graduate School of Arts and Science, Univ. Tokyo, 3. Geochemical Research Center, Univ. Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. Tokyo)
10:00 AM - 10:15 AM

[T5-O-5] Zircon U– Pb age from volcanic rocks of the Miocene Moriya Formation in central Nagano Prefecture, central Japan, and its stratigraphic implications
*Hiroyuki Hoshi[1], Hideki Iwano[2,3], Tohru Danhara[2] (1. Aichi University of Education, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 3. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)
10:15 AM - 10:30 AM

[T5-O-6] Application of apatite trace element compositions of tuffs for the studies of stratigraphy and culture geology
*Reishi Takashima[1] (1. Tohoku University)
10:30 AM - 10:45 AM

[T5-O-7] Apatite U– Pb dating of Dinosaur teeth in the Gobi Desert, Mongolia: the first attempt
Myu TANABE[1], Kentaro CHIBA[2], *Kazumas AOKI[1] (1. Okayama University of Science, Center for Fundamental Education, 2. Okayama University of Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science)
10:45 AM - 11:00 AM

©The Geological Society of Japan

[T5-O-8] Carbon isotope stratigraphy and radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous (Shishiori and Oshima groups) in Kesennuma-Oshima, Miyagi, Japan

*Takumi Otsubo[1], Reishi Takashima[2], Azumi Kuroyanagi[2], Toshiro Yamanaka[3] （1. Tohoku University, 2. The Tohoku University Museum, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology）

11:00 AM - 11:15 AM

[T5-O-9] Carbon-isotope stratigraphy and U-Pb radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Soma Nakamura Group, Fukushima, Japan

*Taiga TOMARU[1], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Azumi KUROYANAGI[2], Toshiro YAMANAKA[4], Yuji ORIHASHI[5], Yoshihiro ASAHARA[6] （1. Institute of Geology and Paleontology ,Graduate School of Science, Tohoku University, 2. The Center for Academic Resources and Archives Tohoku University Museum , 3. Institute of Dinosaur Research , Fukui Prefectural University, 4. School of Marine Resource and Environment, Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Global Environment and Disaster Prevention Sciences, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 6. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University）

11:15 AM - 11:30 AM

[T5-O-10] Planktonic foraminiferal biostratigraphy and assemblages of middle Cretaceous exposed in the Vocontian Basin, southeastern France

*Issei Murakami[1], Azumi Kuroyanagi[1], Reishi Takashima[1], Hiroshi Nishi[2] （1. Tohoku university, 2. Fukui prefectural University）

11:30 AM - 11:45 AM

[T5-O-11] Lower Cretaceous (Aptian) planktic foraminiferal stratigraphy and assemblage of the Vocontian Basin sequence, southeastern France

*Hiromu TAKASAWA[1], Azumi KUROYANAGI[2], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Bradley B Sageman[4] （1. JOGMEC, 2. Tohoku University Museum, 3. Institute of Dinosaur Research Fukui Prefectural University, 4. Northwestern University）

11:45 AM - 12:00 PM

[T5-O-12] Shallow marine fossil diatom assemblages over the last million years in the Nishimikawa Plain, Aichi Prefecture, central Japan

*Tomonori Naya[1], Tomoya Abe[1], Kiyohide Mizuno[1] （1. AIST, GSJ）

12:00 PM - 12:15 PM

©The Geological Society of Japan

Ratification of the Chibanian GSSP and its Chronostratigraphical significance

*Makoto Okada[1]

1. Ibaraki University

地球史は地層が記録する化石の種類や気候変動の変化などをもとに116の階（先カンブリア時代ではより大きな区分である系）に区分され，国際地質科学連合(IUGS)ではそれらの全てに基準となる地層である国際境界模式層断面とポイント(GSSP: Global boundary Stratotype Section and Point)を設定する努力を続けている．GSSPは，最も細かい年代層序ユニット区分である階 (Stage)の下限を定める「境界模式層」であり，その下限の痕跡がもっともよく残された地層の断面（セクション：地層の観察ができる崖）および，その断面上で年代境界を定義できる視認可能な地層面の上の１点（ポイント）がGSSPとして世界で一つだけ選ばれ，境界の年代は，それぞれのGSSPで得られたデータによって定められる．
かつて地質年代の模式層は，その年代を最も良く表す地層岩体によって定義されていたが，1948年に開かれた第18回万国地質学会において鮮新世-更新世境界を定めるための基準地層の必要性が提唱された．これは地質年代の基準を境界模式とするGSSPの考え方が最初に提案された事例である(Head, 2019)．1972年にはデボン紀の開始境界を定める地層がデボン紀の基準として批准され，これが最初のGSSPとなった(McLaren, 1977)．2022年2月現在，批准されたGSSPは78を数える．
GSSPはグローバルな地層の対比を行うための基準であることから，通常は示準化石（多くは海洋プランクトン化石）を豊富に含む地層，すなわち陸化した海成層が用いられる．さらに，古地磁気極性や海洋酸素同位体比もしくはそれに類似するグローバルな変動記録を保持することが望まれる．チバニアンGSSP (Suganuma et al., 2021) の審査では，地層中に松山-ブルン地磁気逆転境界がはっきりと記録されていることが必須条件であった．しかし，この時代の隆起海成層は世界でも数少なく，2004年の段階から今回の審査に至るまで，本境界のGSSP候補は千葉複合セクションおよび南部イタリアの2ヶ所の3ヶ所のみであった．これら候補地の中で，千葉複合セクションが特に優れていた点は，地磁気逆転記録の信頼性である．堆積物中の地磁気記録は，含まれる磁性粒子によって担われている．堆積物が堆積直後に獲得する初生的な磁化記録は，造岩鉱物中に最も多く含まれる磁性鉱物である磁鉄鉱（酸化鉄）が担う場合がほとんどである．ところが，多くの堆積物では含まれる有機物を分解するために間隙水中の酸素が消費され，堆積後まもなく還元環境になる．そこでは硫酸還元バクテリアの活動により酸化鉄である磁鉄鉱は溶解し，結果的に硫化鉄が生成される．このため，有機物を豊富に含む堆積物ほど，磁鉄鉱が溶解しやすく初生的な磁化記録が失われることになる．イタリアの候補地は，いずれも当時の堆積水深が100 m前後であるのに対し，千葉複合セクションの堆積水深は500 mを超える．このため堆積当時の陸からの距離はイタリア候補地の方が近く，含まれていた有機物量も千葉複合セクションと比べて多かったと考えられる．さらに千葉複合セクションの場合には，堆積物粒子の供給源の一つとして，火山岩からなる伊豆島弧が存在している．火山岩は造岩鉱物の一部として磁鉄鉱を豊富に含み，それが砕屑粒子として供給されることで，還元環境でも完全な溶解を免れるだけの磁鉄鉱粒子が堆積物に含まれていたと考えられる．これらの事柄が幸いし，千葉複合セクションにおける地磁気逆転記録が，他を圧倒する質を持つことができたといえるだろう．
新生代のGSSPは，完新世を除きすべてが主に腐泥層序を基にした地中海周辺地域に設置されてきたため，今回もイタリアなどへの設置がなかば当然視されてきた．こうした中，チバニアンGSSPが批准されたことは，地層の持つポテンシャルの高さはもとより，日本の地質学の水準の高さが世界的に認められたことを意味する．房総半島には上総層群の他にも，安房層群・千倉層群といった後期鮮新世以降の陸化海成層が広く分布している．そこでは海洋微化石・花粉化石の保存は良好であり，磁気層序・海洋同位体層序の構築が容易である．このように年代層序学に適した地層群は世界的に見ても極めて稀であり，特に鮮新世～更新世におけるグローバルな年代層序学のさらなる発展の中心となり得る．チバニアンGSSPの批准は，このことが単なる可能性ではなく，事実として世界が認識するきっかけを作ったといえよう．

© 2022 Geological Society of Japan

参考文献：

Head 2019, Quat. Int. 500, 32-51
McLaren 1977, IUGS Series A, No.5, pp.1–34
Suganuma et al. 2021, Episodes 44, 317-347

© 2022 Geological Society of Japan

Paleoseawater osmium isotopic record and its implication for the paleoenvironment

*Hironao Matsumoto[1]

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

顕生代には大規模な生物絶滅、温暖化、海洋無酸素事変といった大規模な環境変動が多発しており、その原因究明のため多くのプロキシ研究がおこなわれてきた。近年特に注目を集めている手法が古海洋のOs同位体比($^{187}Os/^{188}Os$)記録である。海洋のオスミウム同位体比は大陸からの高い同位体比(~1–1.5)を持つOsとマントル・宇宙由来の低い同位体比(~0.1)を持つOsのバランスで決定されている(Levasseur et al., 1999)。海洋でのOsの滞留時間は数万年ほどで海洋循環のタイムスケールよりも長い。そのため、海水のOs同位体比は海域によらずほぼ一定で、現在の海洋では～１と比較的高い値をとっている。これまでの研究では新生代を中心に、古海洋Os同位体比のコンパイルが進んでおり、大陸風化、熱水活動、そして宇宙起源物質流入に伴うダイナミックな変動が存在することが明らかになってきた(Peucker-Ehrenbrink and Ravizza, 2020)。また堆積岩に記録されたOs同位体比は強力な層序対比ツールとしても知られており、これまで化学層序がほとんど入れられなかった遠洋性深海チャートなどでも盛んに研究がおこなわれている(例えばNozaki et al., 2019)。
しかしながら、Os同位体比測定には時間がかかり、分析を行える施設が限られていることから、これまで白亜紀以前のOs同位体比のデータは大規模な海洋無酸素事変の周辺などに限られていた。そんな中、近年白亜紀中期における古海洋のOs同位体比データの蓄積が進み、連続的で高解像度なOs同位体比変動が明らかになってきている(例えば Matsumoto et al., 2022)。その結果、白亜紀中期の海洋のOs同位体比にはグラジュアルで小さい変動に加えて、海洋火成活動に由来すると考えられる短期的で大規模な変動が存在することが判明した。本発表では、現在の海洋でのOs同位体システムを説明した後に、堆積岩を用いたOs同位体比分析手法についてご紹介する。その後、これまで明らかになっている、新生代～白亜紀のOs同位体比変動をコンパイルし、それぞれのOs同位体比変動の特徴とその変動を引き起こした原因について議論したいと思う。また最後にこれまで報告されている、大規模火山活動発生時におけるOs同位体比変動パターンを比較し、火山活動の発生場所と海洋Os同位体比変動の関連についてついて議論を行う。

文献: Levasseur, S., Birck, J. L., & Allegre, C. J., 1999, *Earth and Planetary Science Letters*, *174*(1-2), 7-23. Nozaki, T. et al., 2019, *Journal of Asian Earth Sciences: X*, *1*, 100004. Peucker-Ehrenbrink, B., & Ravizza, G. E., 2020, Osmium isotope stratigraphy. In *Geologic Time Scale 2020* (pp. 239-257). Elsevier. Matsumoto, H. et al., 2022, *Nature communications*, *13*, 239.

Keywords: Osmium isotope ratio, Mid-Cretaceous, Cenozoic, Large Igneous Provinces

© 2022 Geological Society of Japan

Is Beppu Bay sediment annual varve: Investigation of the lamination process based on multi-year observations of surface sediment and diatom assemblage.

*Yoshiaki Suzuki[1], Michinobu Kuwae[2], Toshiki Matsuura[2], Kazuyoshi Moriya[3]

1. GSJ, AIST, 2. Ehime Univ., 3. Waseda Univ.

大分県別府湾最奥部の堆積物は人新世GSSP候補地の一つになっており、最上部で年間5～10mmという非常に速い堆積速度で知られる。この点を活かし、魚鱗、環境DNA等の生物源物質やマイクロプラスチック、PCBなどの人為起源物質の分析による近過去の高解像度な環境変動復元が精力的に行われてきた。 別府湾堆積物の上部には明瞭な葉理が存在しており、年に１セット形成される「年縞」である可能性がKuwae et al.(2013)などにより指摘されていた。もし別府湾堆積物が年縞堆積物であるなら、これらの環境変動復元記録により精密な年代目盛りを挿入し、時間変動の議論や他地域の変動記録との精密対比を行うことが可能になる。本研究では別府湾堆積物が年縞かどうか、堆積物最表層の経年観測や葉理ごとの珪藻群集組成解析に基づいて検討を行った。

分析対象とした表層堆積物は、2017年と2019年に別府湾最奥部（水深約70m）でアシュラ式採泥器を用いて採取した。2017年コアの分析から、アシュラ式採泥器の通常の使用方法では^{210}Pb濃度が検出限界下となる層準（堆積速度推定のため、同層準までの連続試料が必要）まで到達できないことがわかった。そこで2019年の調査ではアシュラ式採泥器に長さ1.2mのアクリルパイプを装着して採泥を実施した。採取したコア試料は高知コアセンターおよび産業技術総合研究所において、医療用CTによる三次元構造取得、半割面肉眼観察、写真撮影、2cm幅スラブ試料による連続的な軟X線像撮影、μXRFスキャナー（ITRAX）による元素組成半定量分析を実施した。 また、別府湾において2008年から2009年に計11回採取された採水試料中の珪藻群集に対してクラスター解析を実施し、別府湾内で生産される珪藻種の季節性を検討した。2019年コアから葉理単位で分取した試料に対しても珪藻群集解析およびクラスター解析を行い、葉理のパターンと珪藻種の関係性を検討した。

別府湾堆積物の葉理はシルト質の明暗互層で構成され、明色層は高密度で陸源砕屑物に富み、暗色層は低密度で有機物に富む。この葉理は肉眼および軟X線像やCT像でのX線透過度、ITRAXデータ上の主要元素カウント値の変動により認定できる。採水試料から得られた珪藻群集解析結果と葉理単位での珪藻群集解析結果の比較から、明色層には冬季多産種が、暗色層には温暖期多産種がそれぞれ多く含まれていることがわかった。

2017年試料と2019年試料の最上部を葉理単位で相互対比すると、2017年コアの最上部は2019コアの深度約2cmに対比される。すなわち、2017年から2019年までの間に約2cmの新規堆積が認められる。また、μXRFスキャナーによる元素組成分析値からは、新規堆積区間に明暗互層２周期分（葉理が年縞であるとするならば２年分に相当）の変動が認められた。^{210}Pbによる堆積速度推定、^{137}Csによる核実験年代の推定結果は、葉理を年縞と仮定してコア最上部からの葉理計数結果積算によって構築した年代モデルと相互の誤差範囲内で一致した。 以上の結果はいずれも「別府湾堆積物最表層の葉理は年縞である」という推測を支持する。別府湾堆積物中の葉理はとくに1950年代以降に明瞭に観察され、経済成長に伴う湾内の富栄養化によって海底の貧酸素環境が強化されて良好な保存状態が維持されたと考えられる。年縞計数とPbによる堆積速度推定やCs同位体による核実験年代推定を組み合わせることで、別府湾堆積物に高解像度かつ高精度な年代モデル（約70年の期間に年代制約点50点程度、年代誤差おおむね±3年以内）を適用することが可能になった。

＜引用文献＞

Kuwae, M., Yamamoto, M., Ikehara, K., Irino, T., Takemura, K., Sagawa, T., Sakamoto, T., Ikehara, M., & Takeoka, H. (2013). Stratigraphy and wiggle-matching-based age-depth model of late Holocene marine sediments in Beppu Bay, southwest Japan. Journal of Asian Earth Sciences, 69, 133–148. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.07.002

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Beppu Bay, Varved sediment, Anthropocene

© 2022 Geological Society of Japan

Reexamination of time-stratigraphic situation for the Neogene felsic volcanics, distributed in western Shimokita Peninsula, Aomori Prefecture : A proposal of “Hotokegaura Caldera”

*Shu Moriai[1], Yuji Orihashi[1], Minoru Sasaki[1], Shogo Numata[2], Sota Niki[3], Hisashi Asanuma[4], Takafumi Hirata[3]

1. Hirosaki Univ., 2. Graduate School of Arts and Science, Univ. Tokyo, 3. Geochemical Research Center, Univ. Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. Tokyo

下北半島には新第三紀火山岩類が広範囲に分布している (例えば, 周藤ほか, 1988) . これら放射年代の研究については90年代までにK-Ar年代法を中心に若干行われ, 同層序は踏査を基軸とした岩相・地層分布により構築されていた (例えば, 上村・斎藤, 1957 ; 上村, 1975) . また, 2019年度大間原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合で示された研究結果 (以下, 2019年度審査会合研究結果) では下北半島においてジルコンFT・U-Pb年代が新たに報告され, 大畑層を構成する火山岩・火砕岩類が鮮新世 - 後期更新世 (約5 –2 Ma) であることが示された. その結果, 同半島西部においても上村 (1975) が中期中新世とした檜川層の大部分は大畑層として一括された. また, 最近, 下北ジオパークの名勝地の１つである仏ヶ浦の緑色軽石凝灰岩から約4 Maのジルコン U-Pb年代が報告された (植田ほか, 印刷中) . しかし, 上村 (1975) は檜川層のデイサイト～流紋岩質火山砕屑岩は檜川および男川流域, 牛滝地域に見られる盆状構造に対応して岩相が異なることを指摘しており, 放射年代学的研究を含めた岩相・地層分布のさらなる検討が必要である. そこで本研究では檜川層の模式地である檜川流域およびその周辺域と西岸域 (仏ヶ浦を含む福浦～牛滝地域) に分布する珪長質火山岩および火砕岩について地質調査を行うとともに, ジルコンU-Pb年代測定を新たに5試料実施し, 新第三紀珪長質火山岩類年代層序の再検討を行った. 同年代測定は東京大学地殻化学実験施設設置のレーザーアブレーションICP質量分析装置を用いて行った.

檜川層の模式地である檜川流域に分布する岩相は無斑晶質流紋岩および黒曜岩 (ジルコンU-Pb年代 : 13.3 ±0.2 Ma, 2σ) からなる溶岩および角礫岩が主体であり, これに石英斑岩が貫入している. 一方, 西岸域の岩相は流紋岩質結晶質凝灰岩（牛滝南岸 : 7.55 ±0.06 Ma）や斑晶質デイサイト (丸山デイサイト) , 石英斑岩 (縫道石山 : 4.70 ±0.08 Ma) , 緑色軽石凝灰岩 (牛滝北岸 : 4.35 ±0.04 Ma) , 斑晶質デイサイト (福浦デイサイト) (福浦南岸 : 4.36 ±0.06 Ma) からなる. 丸山デイサイトは風化が著しく, 下位の流紋岩質結晶質凝灰岩に整合的に覆っているため同結晶質凝灰岩と同様に後期中新統と考えられる. 石英斑岩は流紋岩質結晶質凝灰岩または基盤岩（長浜層）に貫入している. 仏ヶ浦～牛滝地域に分布する緑色軽石凝灰岩は上位の福浦デイサイトに整合的に覆われており, 牛滝地域においてWNW-ESE方向の断層を境に流紋岩質結晶凝灰岩となる. 福浦地域において, 福浦デイサイトは基盤岩と高角度不整合で境されることが地形と産状から確認できる. また, 踏査による緑色軽石凝灰岩の分布から下位の流紋岩質結晶質凝灰岩とは高角度不整合で境される. 以上のことから, 緑色軽石凝灰岩およびその上位の福浦デイサイトはカルデラ形成時もしくはその直後の噴出物であると考えられ, 今回新たに「仏ヶ浦カルデラ」を提唱する. これは同分布域において明瞭な負の重力異常を示す (広島ほか, 1989) ことからも示唆される. 「仏ヶ浦カルデラ」およびその周辺域の火成活動史をまとめると以下のようになる ; 4.7 Maに珪長質マグマの活動が起こる (先カルデラ活動期) . 4.4 Maにカルデラ形成を伴う大規模噴火が起こり, カルデラ内に緑色軽石凝灰岩が充填する (カルデラ活動期) . その後, カルデラ内にデイサイト溶岩が噴出し, 溶岩ドームを形成した (後カルデラ活動期) .

カルデラ活動期に噴出した緑色軽石凝灰岩の岩相の大部分は塊状であるが, 同層上部では急冷縁を持つ軽石が卓越する. また, 同層中部ではマッドパッチや砂質凝灰岩からなる偽礫を含み, 下部ではやや北落ちの明瞭な層理を呈する. このことから, 「仏ヶ浦カルデラ」は浅海域で噴出した海底カルデラであると考えられる.

本研究においても「仏ヶ浦カルデラ」噴出物は2019年度審査会合研究結果で指摘されたように鮮新世の大畑層に対比されることが確認された. 一方で, 大畑層に対比された珪長質火砕岩類中には後期中新統のものが含まれていることが新たに見出された. この分布域や, 同層準と考えられる脇野沢安山岩類との層序関係については

© 2022 Geological Society of Japan

今後の課題である.

文献 周藤ほか (1988) 地質雑94, 155, 広島ほか (1989) 青森地域重力図(ブーゲー異常) 1:200,000, 植田ほか (印刷中, 2022) 地質雑, 上村・斎藤 (1957) 5万分の1地質図幅「大畑」, 上村 (1975) 5万分の1地質図幅「陸奥川内」.

Keywords: Neogene, Shimokita Peninsula, Hotokegaura Caldera, U-Pb age, Hinokigawa Formation, Ohata Formation

© 2022 Geological Society of Japan

Zircon U–Pb age from volcanic rocks of the Miocene Moriya Formation in central Nagano Prefecture, central Japan, and its stratigraphic implications

*Hiroyuki Hoshi[1], Hideki Iwano[2,3], Tohru Danhara[2]

1. Aichi University of Education, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd, 3. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

長野県中部の諏訪湖南方に分布する守屋層は、北部フォッサマグナ南縁部の中新世古環境や伊豆弧衝突に関連した地殻運動を記録していると推定される。しかし、その上部を構成する変質火山岩類の年代はこれまでよくわかっていなかった。今回、守屋層最上部の唐沢川酸性火山岩部層から最若ジルコン粒子集団の加重平均U–Pb年代として15.5 ±0.2 Maを得た。この結果より、本部層の火山岩類の形成は15.5 Ma頃だったと考えられる。守屋山地域の火山活動はN8帯の下限年代である17.0 Ma以降に始まり15.5 Ma頃まで継続したと考えられ、15.5 Ma以降も火山活動が継続していた可能性はある。守屋層は下部の砕屑岩部分が北部フォッサマグナの内村層に対比されているが、上部の火山岩類も含む守屋層全体が内村層に対比可能と考えられる。この火山岩類の活動は設楽火山岩類の主要活動（約15––13 Ma）に先立って起こったが、設楽火山岩類の一部で安山岩～玄武岩を主体とする津具火山岩類の活動とは同時期だった可能性がある。

Keywords: Miocene, Moriya Formation, Nagano Prefecture, Northern Fossa Magna, Shitara (Shidara) volcanic rocks, Uchimura Formation, U–Pb age, Zircon

© 2022 Geological Society of Japan

Application of apatite trace element compositions of tuffs for the studies of stratigraphy and culture geology

*Reishi Takashima[1]

1. Tohoku University

アパタイトは多くの珪長質火成岩類や凝灰岩類に含まれる重鉱物で，埋没続成に強い性質がある（Morton and Hallsworth, 2007）．この鉱物の微量元素含有量（Mg, Cl, Mn, Fe, Ce, Y）はマグマの化学組成や酸素・ハロゲン分圧によって大きく変化することから，とりわけ火山ガラスの変質した鮮新世より古い時代のテフラや溶結凝灰岩の識別・対比に用いられるようになりつつある（Sell et al., 2011; Takashima et al., 2017, 2021）．一方，凝灰岩や溶結凝灰岩は，建築石材としてよく用いられるが，これらの識別・同定は火山ガラスがほとんどの場合変質し，風化を強く受けているために困難な場合が多い．このような石材でもアパタイトは残存している場合が多く，その微量元素組成を基に，遺跡や文化財などに使われている石材の産地同定も可能になった（内山・髙嶋，2019；髙嶋・斎藤，2020）．本講演ではアパタイト微量元素組成を用いた層序学，文化地質学的研究についてレビューし，今後の課題について考察する．

白亜紀凝灰岩の対比：蝦夷層群の惣芦別川層～羽幌川層（120～80Ma）に挟まる約60層の凝灰岩のアパタイト微量元素組成を測定した結果，いずれの凝灰岩もCl, Mg, Mn, Fe, Y, Ceの6つの元素含有量を基に識別可能なことが明らかになった．さらに広域に追跡可能な凝灰岩を3層準で見出すことができた．

紀伊半島における中新世中期の火砕流ー火山灰の対比：紀伊半島には中新世中期に複数のカルデラ（熊野，熊野北，大台，大峰カルデラ）が形成されたことが知られている．これらのカルデラの大部分は深く浸食されることにより，地下深部が露出しているが，カルデラの表層に堆積した火砕流の多くは消失している．紀伊半島の中新世中期のカルデラ地下に存在していた火砕岩脈と火砕流堆積物，遠方に堆積した火山灰層のアパタイトの微量元素組成を分析した結果，これらの火山砕屑岩類は相互に対比可能で，さらには各カルデラの噴火順序も層序的に復元することが可能となった．

東北日本における後期中新世の火砕流ー火山灰の対比：東北日本では，中新世後期に多数のカルデラが形成されたことが明らかにされている．しかしこれらのカルデラの形成年代の詳細については不明な点が多く，火山灰の分布範囲についてはほとんど明らかにされていない．本研究では東北日本の各カルデラの火砕流堆積物のアパタイト微量元素組成を測定した結果，それぞれの火砕流堆積物の識別が可能なことが示唆された． 西南日本の南海トラフで掘削された深海コア（DSDP Site 297, ODP Site 808c，IODP Site C0011, 0012）には中新世中期の年代を示す区間，東北地方三陸沖の深海コア（ODP Site 1150, 1151）には中新世後期の区間に多くの火山灰層が挟まる．現在，Site 297およびSite 808cからは熊野カルデラ由来の火山灰層がアパタイト微量元素組成により発見することができたが，今後，これら海洋コアの火山灰層のアパタイト微量元素分析を行うことにより，中新世の広域テフラの認定や．中新世カルデラ群の詳細な噴火順序を層序学的に明らかにできる可能性がある．

石材産地の特定：宮城県内には中新世に形成された凝灰岩が石材として多く利用されてきた．代表的なものとしては中期中新世の富沢石（槻木層中部），塩釜石（網尻層基底部），潜ヶ浦石（松島層中部），野蒜石（松島層最上部），秋保石（湯元層）などが挙げられる．貞山堀，岩沼教会，竹駒神社馬事博物館，東北大学金属材料研究所付近囲障などで使われてきた由来不明の凝灰岩石材に関して，アパタイトの微量元素組成を測定したところ，貞山堀は塩釜石，岩沼教会は富沢石，竹駒神社と東北大学片平キャンパスのものは秋保石と組成が一致し，各石材の産地特定が可能となった． 以上のように今後アパタイト微量元素組成を用いた凝灰岩分析は様々な分野で応用できる可能性がある．

文献

Morton, A., Hallsworth, C., 2007. Developments in Sedimentology 58, 215–245. Sell, B. K. et al., Geology 39, 303–306. 内山隆弘・髙嶋礼詩，2020．Bull. Tohoku University Museum, 19, 39-50 Takashima et al., 2017. Quaternary Geochronology, 41, 151-162. Takashima et al., 2021. Island Arc DOI: 10.111/Iar.12404．髙嶋礼詩・斎藤広通，2021．Bull. Tohoku University Museum, 20, 9-20

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: apatite, tuff, stratigraphy, culture geology

© 2022 Geological Society of Japan

Apatite U–Pb dating of Dinosaur teeth in the Gobi Desert, Mongolia: the first attempt

Myu TANABE[1], Kentaro CHIBA[2], *Kazumas AOKI[1]

1. Okayama University of Science, Center for Fundamental Education, 2. Okayama University of Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science

モンゴル国ゴビ砂漠では、中生代から新生代にかけて堆積した地層から脊椎動物化石が数多く発見されており、特に後期白亜紀の地層は、恐竜に代表される豊富な脊椎動物化石産地として世界的に知られている。脊椎動物化石を含む地層の堆積年代は、動物相の進化-多様性を議論する上で非常に重要な情報であるため、これまでに凝灰岩中のジルコンを使ったU-Pb年代測定や玄武岩中の角閃石を使ったK-Ar年代測定、さらにはカリーチ中のカルサイトを使ったU-Pb年代測定（Kurumada et al., 2020）などから、その堆積年代の制約が行われてきた。しかし、ゴビ砂漠では、そういった鍵層が確認されないことが多く、また確認されたとしても意味のある年代値が得られるとは限らず、このことがアジア大陸間のみならず北米大陸や南米大陸といった他の大陸間との脊椎動物の比較・進化に関する議論の障壁となっていた。この問題を解く鍵の１つとして、脊椎動物の骨や歯化石のアパタイトU-Pb年代測定が挙げられる。骨や歯は化石化過程においてハイドロキシアパタイトからフルオロアパタイトに再結晶化し、その際にウランを取り込むため、U-Pb年代測定が適応できる（Sano et al., 2006; Greene et al., 2018; Barreto et al., 2022）。本研究ではモンゴル白亜紀系最上部層のネメグト層に注目した。ネメグト層の堆積年代は、産出化石の比較と層序から白亜紀後期マーストリヒチアン(約7200-6600万年前)とされているが，年代測定法による具体的な年代値の報告はこれまでにない。そこで、この堆積年代を絶対年代値から検証するため、ゴビ砂漠西部ブギンツァフ地域ネメグト層中部ユニットから採取したタルボサウルス(ティラノサウルス科）の歯化石に対し、LA-ICP-MS を使ったアパタイトU-Pb年代測定を試みた。得られたREEパターン(PAASで規格化)はどの試料も基本的には同じ形状を示し、LREEが減少し、HREEにかけて上昇またはフラットな形状であった。Y濃度に関しても試料ごとに多少の濃度の違いはあるが、その多くは1000 ppm以上であった。Greene et al. (2018）により提案されているY濃度を指標とした変質試料のスクリーニング法を適用したところ、全ての試料が化石化後に変質作用を受けていることが分かった。実際にほとんどの試料は50–25Maの年代値を示し、推定される年代値（後期白亜紀）に比べ若かった。一方、１つの試料から化石化後の変質の影響が少ない領域が確認され（Y濃度が500 ppm程度）、その領域から得られた年代値は66.2 ±2.5 Maであった。この年代値はマーストリヒチアンの年代範囲に収まる。したがって、変質を被っている試料とはいえ、その値はタルボサウルス歯の化石化年代の下限値として捉えることができる。さらに、化石含有層の形成はその化石化より前であることを考慮すると、本研究結果が示すネメグト層の堆積・形成時期は「66.2 ±2.5 Ma以前」である。本研究だけでは堆積年代に関するこれ以上の制約はできない。しかし、化石種比較研究や層序学的研究から推定されるネメグト層の堆積年代（マーストリヒチアン）をサポートする結果がタルボサウルス歯化石の直接年代測定から初めて得られたことは、恐竜を含む動物相の進化・多様性を議論する上で大きな進展と言えるだろう。また、Yスクリーン法が歯化石の変質指標として強力なツールであることを再確認できたことも重要な結果の１つといえるだろう。今後、歯化石試料をさらに増やすことで、モンゴル白亜系化石含有層の堆積年代をより正確に制約していく。 Kurumada et al., 2020. Terra Nova, doi.org/10.1111/ter.12456. Sano et al., 2006, Geochemical Journal, 40, 171–179. Greene et al, 2018, Chemical Geology, 493, 1–15. Barreto et al., 2022, Journal of South American Earth Science, 116, 103774.

Keywords: Dinosaur , Apatite, U-Pb, Mongolia

© 2022 Geological Society of Japan

Carbon isotope stratigraphy and radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous (Shishiori and Oshima groups) in Kesennuma-Oshima, Miyagi, Japan

*Takumi Otsubo[1], Reishi Takashima[2], Azumi Kuroyanagi[2], Toshiro Yamanaka[3]

1. Tohoku University, 2. The Tohoku University Museum, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology

ジュラ紀末期/ジュラ系最上部から前期白亜紀/下部白亜系にかけては多くのステージ境界においてGSSP（Global Boundary Stratotype Section and Point）が定まっていない．その理由として，この時代の地層はヨーロッパを中心に各地でアンモナイト化石に基づく詳細な生層序が確立されているものの，Primary markerとして広域対比に有効な化石種があまり見出せないことや，候補となる境界層付近の露出，層序の連続性に問題がある場合が多いことが挙げられる．また，GSSPの候補地のほとんどはヨーロッパにあるが，これらの地域の下部白亜系に凝灰岩がほとんど挟まらないために，生基準面の年代値が明らかでないことが多く，各ステージ境界の年代値についてもこれまで改訂が続けられてきた（高嶋ほか, 2018; Shimokawa, 2010）．このような背景から最上部ジュラ系から下部白亜系のステージ境界の年代値は不確実性が高く，更なる検討が必要であると考えられる．一方，下部白亜系バランギニアン階には炭素同位体比が大きく正にシフトするWeissert Eventと呼ばれるイベントが見出されている．このイベントはParaná Etendeka Large Igneous Provinceの形成，世界的な寒冷化，浅海域における炭酸塩プラットフォームの溺死などに関連し，生態系に大きな影響を及ぼしたと考えられている（Weissert et al., 1998; Erba and Tremolada, 2004; Möller et al., 2020）．Weissert Eventにおける炭素同位体比の正のエクスカーションはヨーロッパ各地で広く見出されていることから，グローバルな対比基準面となる可能性が高い．しかしながら，このWeissert Eventの炭素同位体比の正のエクスカーションは，日本を含む北太平洋地域での検討例や報告はこれまでにない． 気仙沼大島に分布する鹿折層群小々汐層，大島層群長崎層および鼎浦層は，アンモナイト化石や放散虫化石によると最上部ジュラ系チトニアン階からバランギニアン階に対比され，Weissert Event層準を含む可能性が示唆される．また，これらの地層には凝灰岩や溶岩，凝灰角礫岩などを伴っており，放射年代の測定にも適している．そこで，本研究では小々汐層から鼎浦層にかけての区間から泥岩を採集し，その全岩の炭素同位体比を測定するとともに，長崎層に挟まる凝灰岩からはジルコンを抽出し，そのU-Pb年代を測定した．炭素同位体比の測定は東京海洋大学で実施し，年代測定はアリゾナ大学レーザークロンセンターに依頼した．炭素同位体比に関しては，-27.5 ‰～-25.0 ‰の間で変動し，長崎層の中部に2 ‰の顕著な正のエクスカーションを見出すことができた．一方．この正のエクスカーション層準の7~8 m下位に挟まる凝灰岩から，136.1±1.0 Maという年代値が得られた．この年代値は，Gale et al. (2020) に基づくとバランギニアンの前期～中期に相当し，奈良ほか（1994）や竹谷（2013）により示されている小々汐層，長崎層の放散虫化石やアンモナイト化石に基づく生層序の結果とも概ね調和的であった．先述した凝灰岩のU-Pb放射年代値や，既に報告されている上位の鼎浦層のK-Ar放射年代値（柴田，1985），鼎浦層の同層準に当たるとされている原地山層のU-Pb放射年代値（杉山・植田，2018）なども考慮すれば，この炭素同位体比の正のエクスカーションはWeissert Eventに相当する可能性が高いと考えられる．

引用文献

Erba and Tremolada, 2004, *Paleoceanogr.*, 19, PA1008. Gale et al., 2020, In Geologic time scale 2020, vol. 2 1023-1086. Laskar et al., 2004, *Astrophys.*, 428, 261-285. Möller et al., 2020, *Mar. Micropaleontol.*, 157, 101875. 奈良ほか，1994，福島県立博紀, 8, 29-63. Shimokawa, A., 2010, Ph.M. Thesis, *University of North Carolina at Chapel Hill.*, 46p. 杉山雄亮・植田勇人，2018，JPGU 2018 年大会講演要旨，SGL31-01. 高嶋ほか，2018，地質雑, 124, 381–398. 竹谷陽二郎，2013，福島県立博紀, 27, 1-24. 土谷ほか，1997，岩手大学教育学部研究年報, 57, 53-73. Weissert et al., 1998, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 137, 189-203.

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

Carbon-isotope stratigraphy and U-Pb radiometric ages of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Soma Nakamura Group, Fukushima, Japan

*Taiga TOMARU[1], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Azumi KUROYANAGI[2], Toshiro YAMANAKA[4], Yuji ORIHASHI[5], Yoshihiro ASAHARA[6]

1. Institute of Geology and Paleontology ,Graduate School of Science, Tohoku University, 2. The Center for Academic Resources and Archives Tohoku University Museum , 3. Institute of Dinosaur Research , Fukui Prefectural University, 4. School of Marine Resource and Environment, Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Global Environment and Disaster Prevention Sciences, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 6. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

白亜紀前期(Berriasian~Albian)は，地球温暖化が進行する時期であり，現在よりも大気CO_2濃度や海水準が高い時代であった．また，白亜紀には巨大火成岩岩石区（Large Ignous Provinces : LIPs）の形成に起因する海洋無酸素事変（Oceanic Anoxic Events : OAEs）も頻繁に発生したことも特徴としてあげられる．産業革命以降，大気CO_2濃度は上昇し続けており，様々な異常気象やそれに起因する生態系の大幅な変化が発生すると考えられている．したがって白亜紀の海洋ー気候ダイナミクスや環境イベントを深く理解することで，将来の温暖化が地球環境にどのような影響を及ぼすか推定することにつながる．そして，過去のタイムスケールを信頼できるものに校正していくことは白亜紀前期の環境変動を研究する基盤であり，必要不可欠であるといえる．
白亜系各ステージのGSSP及びその候補地が多く存在するヨーロッパ地域の白亜系の多くは，非活動的大陸縁辺域の堆積盆地で形成されたため，凝灰岩がほとんどみられない．そのため，正確な放射年代が得られず，各化石帯やステージ境界の年代値が幾度も変更されてきた．とりわけ，最上部ジュラ系～下部白亜系下部（バレミアン階まで）の区間については，アンモナイト化石帯と放射年代の両方を検討した例は，アルゼンチンに露出する古南大西洋で形成した地層に限られる（Aguirre-Urreta et al., 2017）．今回注目するValanginianにおいては，近年，天文年代校正により境界年代値の精度向上が進んでいるが，ヨーロッパ地域とそれ以外の地域との間で，アンモナイト化石による対比が難しく，同ステージのアンモナイト化石帯において放射年代の検討はまだ得られていない．
東北日本の太平洋沿岸地域には下部白亜系が断片的に露出しており，これらの地層にはアンモナイトや放散虫化石によっておおよその年代が推定されているが，ヨーロッパの模式階との詳細な対比には至っていない．しかし，これらの地層には凝灰岩や植物片を含んでおり，放射年代の測定や炭素同位体比層序による層序対比により，下部白亜系の詳細な年代モデルを構築する可能性を有している．
Weissert Eventとは，Valanginian後期からHautervianにかけて当時の汎世界的な炭素循環に大きな影響を与えた環境イベントであり，パラナーエテンデカ洪水玄武岩の噴出時期と一致し，$\delta^{13}C$の顕著な正のエクスカーションによって特徴づけられる．このイベントに関する層序学的研究や古環境変動ついては主にテチス海～大西洋地域で盛んに検討されているが，日本を含めた太平洋北西部ではまだ報告例がなく，また，国際的にもWeissert Eventの炭素同位体比層序と放射年代の両者を同じ地層で検討した例はない．そこで，本研究では北西太平洋地域でWeissertイベントを発見し，その発生年代を明らかにする目的で，福島県南相馬市相馬中村地域に分布する上部ジュラ系下部白亜系・相馬中村層群において炭素同位体比層序と凝灰岩の放射年代を検討した．その結果，Valanginianに対比される小山田層において，炭素同位体比が上位に向かって緩やかに減少したのち，小山田層最上部において約2‰正にシフトする変動がみられた．また，小山田層下部に挟まる凝灰岩のジルコンのU-Pb放射年代は135.59±0.77 Maを示し，最新のGeologic Timescale 2020 におけるValanginian前期の年代と一致する．このことから，本研究で確認した小山田層最上部の炭素同位体比の正の変動はWeissert Eventに対比される可能性が高い． 小山田層最上部の炭素同位体比の正のピーク層準にもジルコンを多く含む凝灰岩が数層挟まることから，今後これらの凝灰岩の年代測定により，Weissertイベントのより詳細な年代を得られる可能性が高い．
引用文献

© 2022 Geological Society of Japan

Aguirre-Urreta et al., 2017, *Cretaceous Research*, **75**, 193-204.
Gradstein et al., *The Geologic Time Scale 2020*, Elsevier, 1028-1030.
Weissert et al., 1998, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*, **137**, 189-203.

Keywords: Early Cretaceous, Somanakamura Group, Carbon-isotope stratigraphy, Weissert Event

© 2022 Geological Society of Japan

Planktonic foraminiferal biostratigraphy and assemblages of middle Cretaceous exposed in the Vocontian Basin, southeastern France

*Issei Murakami[1], Azumi Kuroyanagi[1], Reishi Takashima[1], Hiroshi Nishi[2]

1. Tohoku university, 2. Fukui prefectural University

フランス南東部のボコンチアン堆積盆地の白亜系は，テチス地域の保存の良好な大型化石・微化石が多産することから，化石層序学的研究が盛んにおこなわれてきた．近年では，特にステージ境界付近において炭素・オスミウム同位体比層序やサイクロ層序などの検討も盛んに実施されている．このような背景から，ボコンチアン堆積盆地の白亜系には，オーテリビアン階，アルビアン階，セノマニアン階のGSSPが定められるなど，白亜紀の国際標準年代尺度において重要である．テチス地域の白亜系の浮遊性有孔虫化石層序に関しては，主にイタリアの深海性石灰岩や大西洋の深海コアなどで詳細に検討されているが，これらの地層ではアンモナイトなどの大型化石が産出しないために，大型化石層序との統合ができない．一方，ボコンチアン堆積盆地の白亜系は大型・微化石が共産し，これまで大型化石層序，石灰質ナンノ化石層序，炭素同位体比層序がアプチアン～チューロニアンの区間において実施されてきた（例えばHerrle et al., 2004; Gyawali et al., 2017）．そのため, 浮遊性有孔虫化石層序と, 大型化石層序などの他の層序との統合が可能である. しかしながら，ボコンチアン堆積盆地の白亜系浮遊性有孔虫化石層序に関しては，アプチアン/アルビアン，アルビアン/セノマニアン，セノマニアン/チューロニアン境界や海洋無酸素事変OAE1a, 1b, 1d層準など，一部の重要な境界付近でしか行われていない（Gale et al., 2011; Takashima et al., 2009など）．

本研究では白亜系中部が連続的に露出しているフランス南東部・ボコンチアン堆積盆地南西地域において，浮遊性有孔虫化石層序を作成し，石灰質ナンノ化石や大型化石，炭素同位体比層序との統合を行った．検討した区間の地層は，全層厚約1030 mあり，アルビアン上部は主に泥灰岩を主体とする地層で，Breistroffer Levelと呼ばれる黒色頁岩層（OAE1d相当層）が挟まる．セノマニアン階は主に石灰岩と泥灰岩の互層からなるのに対して，チューロニアン階は層状石灰岩を主体とし，泥灰岩をほとんど挟まない．セノマニアン階とチューロニアン階の境界付近は泥灰岩と黒色頁岩の互層からなり，これはThomel Levelと呼ばれるOAE2の堆積物である．これらの地層から合計95試料を採取・処理し，浮遊性有孔虫化石の抽出および群集解析を行った．その結果，白亜系中部を下位より*Ticinella primula*帯～*Marginotruncana schneegansi*帯に区分することができた．これらの結果を，石灰質ナンノ化石・大型化石層序，炭素同位体比層序と比較した結果，*Th. reicheli*の化石帯が，炭素同位体比の顕著な正のピークによって特徴づけられるMid Cenomanian Event I相当の層準と一致した．一方，Geologic Timescale 2020によると，*Th. reichel*帯はMid Cenomianian Event Iよりもはるかに下位の層準に位置する．これらのことから，同化石帯の層序学的位置について疑問を投げかけるものとなった．

浮遊性有孔虫群集に関しては，本地域ではアルビアン後期からチューロニアン期の期間が大きく6の海洋環境に区別された．そのなかでも, OAE1dからアルビアン/セノマニアン境界までは貧・中栄養環境であったとみられた．また，アルビアン/セノマニアン境界からLower Cenomanian Event IIまでの期間は富栄養環境であったが，Lower Cenomanian Event IIIからOAE2開始直前までの期間は貧栄養環境へと変化したことが判明した．さらに, OAE2期間は，浮遊性有孔虫群集の顕著な変化がみられたことから，著しい富栄養化が起こったことが示唆され，OAE2以降は中・富栄養環境が継続していたことが明らかになった．

文献

Gale, A. S. et al., 2011. *Cretaceous Research*, **32**(2), 59–130.
Gyawali, R. B. et al., 2017. Newsletters on Stratigraphy, **50**, 111-139.
Herrle, O. J. et al., 2004. *Earth and Planetary Sciences Letters*, **218**(1-2), 149-161.
Takashima, R. et al., 2009. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **273**, 61-74.

Keywords: Cretaceous, Planktonic foraminifera, Assemblage, Biostratigraphy

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

Lower Cretaceous (Aptian) planktic foraminiferal stratigraphy and assemblage of the Vocontian Basin sequence, southeastern France

*Hiromu TAKASAWA[1], Azumi KUROYANAGI[2], Reishi TAKASHIMA[2], Hiroshi NISHI[3], Bradley B Sageman[4]

1. JOGMEC, 2. Tohoku University Museum, 3. Institute of Dinosaur Research Fukui Prefectural University, 4. Northwestern University

前期白亜紀のアプチアン期は地球史において最も温暖化が進行した時期のひとつである．この時代は海洋地殻の生産量が急増し，大気中の二酸化炭素濃度が上昇したことによって温暖化が進行し，白亜紀最大規模の海洋無酸素事変の１つであるOAE1aのほか，Fallot, OAE1b Jacobイベントなどの地域的な海洋無酸素事変も頻繁に発生した．しかしながら，アプチアン期の環境変化・微化石群集の変化については，ほとんどがOAE1a層準前後に限られており，それ以外の期間の古環境変動については不明な点が多い．アプチアン期は浮遊性有孔虫化石が大きく多様化をする時期であり，その群集変化は当時の海洋表層環境の変化を反映している可能性が高い．しかしながら，アプチアン期の浮遊性有孔虫化石群集については詳細な研究が極めて少ない．

フランス南東部，ボコンチアン堆積盆地に露出するアプチアン階は保存良好な浮遊性有孔虫が多産し，炭素同位体比やサイクル層序学的検討により詳細な年代決定がなされている．この地域はオーテリビアン，アルビアン，セノマニアン階のGSSPがあり，白亜系の代表的な地層でもある．本研究ではボコンチアン堆積盆地のアプチアン階について，浮遊性有孔虫化石の生層序および群集解析を行い，アプチアン期の古環境変動について検討を行った．

ボコンチアン堆積盆地のアプチアン階は主に泥灰岩を主体とした地層で，ブルーマール層と命名されている．ブルーマール層のアプチアン階は下部にGoguel Level，中部にFallot Level，最上部にJacob Levelと呼ばれる黒色頁岩が挟まる．また，深海性の層状石灰岩を頻繁に挟む層準があり，それぞれ，Blanc Level（アプチアン階下部），Nolan Level（アプチアン階上部），Fromaget Level（アプチアン階最上部）と命名されている．本研究ではGoguel LevelからＮolan Levelにかけておよそ２m間隔で，合計61試料を処理し，浮遊性有孔虫化石を抽出し，検討した．その結果，7属45種の浮遊性有孔虫化石を見出すことができ，下位より *Leupoldina cabri*, *Leupoldina cabri* (consistent), *Globigerinelloides ferreolensis*, *G. algerianus*, *Hedbergella infracretacea*, *Paraticinella rohri*の各化石帯に区分することができた．これらの結果を炭素同位体比・石灰質ナンノ化石層序と統合し，アプチアンの年代モデルを作成した．

浮遊性有孔虫群集の因子分析を基に，本研究の対象期間を４つの期間に分け，OAE1aの影響が続く無酸素・貧栄養（第1期）から，環境が回復し温暖湿潤化が進み（第2期），さらに高い海洋表層水温・富栄養（第3期）の環境ののちに，海洋表層水温がやや下がる（第4期）という環境変遷を明らかにした．また，Hedbergella属のうち高い螺旋状の室房配列の形態を持つ種は高水温・富栄養環境を示唆するが，より低い螺旋の種は中程度の水温かつ栄養状態がやや悪化した環境に適応していた可能性が高い．さらにLeupoldina属に代表される細長い室房を持つ種は，OAE1a直後の低溶存酸素・高生物生産値環境下で繁栄していた．Globigerinelloides属やFavusella属のような平面螺旋型の室房配置の形態を持つ種の産出は，海水準変動と密接に関連している可能性が示唆された．

Keywords: Early Cretaceous, Planktic Foraminifera, Tethys Sea

© 2022 Geological Society of Japan

Shallow marine fossil diatom assemblages over the last million years in the Nishimikawa Plain, Aichi Prefecture, central Japan

*Tomonori Naya[1], Tomoya Abe[1], Kiyohide Mizuno[1]

1. AIST, GSJ

関東平野，濃尾平野，大阪平野に代表される日本の沿岸堆積平野は，第四紀の氷河性海水準変動と継続する沈降運動の相互作用によって形成された．そのため，大規模な堆積平野の地下には，海退期～海進期初期に堆積した陸成層と，海進期～高海水準期に堆積した浅海成層からなる複数の堆積サイクルが累重している．例えば，大阪平野では約120万年以降，濃尾平野では約60万年以降，関東平野では約250万年以降の，浅海成層と陸成層からなる堆積サイクルが確認されている．

第四紀に発達した沿岸堆積平野の地下層序や地質構造を明らかにするためには，このようにして形成された浅海成層を識別し正確に対比することが極めて重要である．珪藻化石は，海成層と淡水成層を識別するために大変有力だが，最近，浅海成層に化石珪藻の出現絶滅イベントが存在することが明らかになり，浅海成層においても珪藻化石が層序指標として利用できる可能性が示された．

*Lancineis rectilatus*は，関東平野の浅海成更新統から発見され記載された化石珪藻である．*Lancineis*属は，これまで鮮新世に絶滅していたと考えられていた化石属である．関東平野では本種の初産出が1.45 Ma付近，終産出がMIS17の浅海成層であり，本種の産出が層序指標となることが分かってきた（Naya, 2019）．

関東平野以外では濃尾平野の地下から*L. rectilatus*の産出（ただし*Rhaphoneis lancettula*として）が知られていた（Mori, 1986）．しかし，既知の産出層準はMIS11に相当する海部層の海成層であることから，産出層準には地域差が存在することが指摘されており，本種の層序指標としての適用範囲（年代・地域）についてはさらなる検討が必要である．

西三河平野は愛知県の三河湾に面した堆積平野である．最近，この地域の地下地質層序を明らかにするために，掘進長30～80 mのボーリング調査や（例えば，阿部ほか，2019），既存のコアの再解析などが行われている（阿部・中島，2018）．特に，愛知県碧南市で掘削された掘削長80 mのGS-HKN-1コアでは，古地磁気極性の検討から松山逆磁極帯に相当する逆磁極帯が認められ，深度約40 m以深が下部更新統であることが明らかにされた（羽田ほか，2022）．

西三河平野においても，地下に分布する地層は浅海成層と陸成層の繰り返しからなるため海成層の識別に珪藻化石が有用であり，珪藻化石の産出に基づき複数の海成層が識別された．従来，西三河平野からは濃尾平野と同様に*Rhaphoneis lancettula*の産出が報告されていた（森，1984）が，本研究ではそれが*L. rectilatus*であることが確かめられた．そして*L. rectilatus*は前期更新世の海成層に多産することが明らかになった．

西三河平野における*L. rectilatus*の産出層準は，濃尾平野における本種の産出層準との比較から中部更新統の海部層に相当すると見なされることもあった（森，1984）．しかし今回の結果は，西三河平野における*L. rectilatus*の産出層準が濃尾平野よりも古く，むしろ関東平野と共通する可能性を示している．

発表では，西三河平野における珪藻化石の産出状況と，*L. rectilatus*の産出範囲，特にその消滅層準の層位について，最新のコアの層序対比結果に基づき報告する予定である．

文献 ：阿部・中島（2018）地質調査総合センター速報 No.76，29–43. 阿部ほか（2019）地質調査総合センター速報 No.79，71–86. 羽田ほか（2022）地質調査研究報告，73, 1–17． 森（1984）瑞浪博物館報告，11，93–99． Mori, S. (1986)The Journal of Earth Sciences, Nagoya University, 34, 109–138. Naya, T. (2019) Quaternary International, 519, 131–143.

Keywords: Quaternary, Diatoms, Biostratigraphy, Shallow marine deposits

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

[2oral301-13] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Shunsuke Endo, Ken-ichi Hirauchi

Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:00 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[T1-O-5] Nature of the plate boundary domain at the depth of deep slow earthquakes: evidence from the Sanbagawa belt

*Yukinojo KOYAMA[1], Simon R. WALLIS[1], Takayoshi NAGAYA[1] (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo)

8:45 AM - 9:00 AM

[T1-O-6] Influence of pore fluid pressure on fracture pattern of mantle wedge serpentinites

*Ken-ichi Hirauchi[1], Yurina Nagata[1], Keishi Okazaki[2,3] (1. Shizuoka University, 2. Hiroshima University, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, X-star, JAMSTEC)

9:00 AM - 9:15 AM

[T1-O-7] Naturally injected short-lived fluid flow in a single fracture related to seismic events in the middle crust.

*Diana Mindaleva[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1] (1. Tohoku University)

9:15 AM - 9:30 AM

[T1-O-8] Transient fluid migration recorded in antigorite veins formed by subduction-related fluids

*Kazuki Yoshida[1], Ryosuke Oyanagi[2], Masao Kimura[3], Oliver Plümper[4], Mayuko Fukuyama[5], Atsushi Okamoto[1] (1. Tohoku Univ., 2. Kokushikan Univ., 3. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 4. Utrecht Univ., 5. Akita Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM

[T1-O-9] Various metasomatism of a mantle wedge by slab-derived materials: Examination of serpentinites in the Kamuikotan metamorphic belt, Hokkaido, Japan

*Shun Takamizawa[1], Yuji Ichiyama[1], Shusaku Yamazaki[2], Akihiro Tamura[3], Tomoaki Morishita[3] (1. Chiba University, 2. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 3. School of Geoscience and Civil Engineering, College of Science and Technology, Kanazawa University)

9:45 AM - 10:00 AM

[T1-O-10] Metasomatism and mass transfer at the slab-mantle interface in the subduction zone: Insights from serpentinite in the Tomisato area of the Sanbagawa belt (Central Shikoku, Japan).

*Ryosuke Oyanagi[1,2], Masaoki Uno[3], Atsushi Okamoto[3] (1. Kokushikan University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Tohoku University)

10:00 AM - 10:15 AM

[T1-O-11] The significance of CASH-CO_2 metasomatism for tectonic slicing of subducting oceanic crust: an example from the Sanbagawa belt

*Shunsuke Endo[1], Nachi Kurihara[1], Tomoki Taguchi[2] (1. Shimane University, 2. Waseda University)

10:15 AM - 10:30 AM

©The Geological Society of Japan

[T1-O-12] Quantitative evaluation of silica and water transfer based on estimation of volume change of metamorphic rocks in Franciscan subduction zone

*Shogo Soejima[1], Simon Wallis[1] （1. The University of Tokyo）

10:30 AM - 10:45 AM

[T1-O-13] Intensity evaluation of of element transfer and its controlling parameters: Differences between Northwest and South Pacific oceanic plates.

*Satoshi Matsuno[1], Masaoki Uno[1], Atsushi Okamoto[1] （1. Graduate School of Environmental Studies Tohoku University）

10:45 AM - 11:00 AM

[T1-O-14] The $\delta^{13}C$– $\delta^{18}O$ variations of eclogite-facies marble from the Eastern Iratsu body of the Sambagawa Belt: A Revisit

*Hironobu HARADA[1], Tatsuki TSUJIMORI[1,2], Hideko TAKAYANAGI[1], Yasufumi IRYU[1] （1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University）

11:00 AM - 11:15 AM

[T1-O-15] Re-estimation of the thermobaric structure of eclogite-facies bodies in the Sanbagawa metamorphic belt based on synchrotron micro-XANES spectroscopy

*Taisuke ITO[1], Simon R. WALLIS[1], Yoshio TAKAHASHI[1], Shunsuke ENDO[2], Toshihiro KOGURE[1], Yoshihiro ASAHARA[3] （1. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University）

11:15 AM - 11:30 AM

[T1-O-16] Peak metamorphic pressures of felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Mio Naito[1], Kensuke Yamane[1], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Martin Svojtka[3] （1. Okayama Univ. , 2. Kyoto Univ., 3. The Czech Academy of Sciences）

11:30 AM - 11:45 AM

[T1-O-17] Automation of peak-fitting procedure for estimating the experienced temperature from Raman spectra of carbonaceous material

*Shunya Kaneki[1], Yui Kouketsu[2] （1. Kyoto University, DPRI, 2. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies）

11:45 AM - 12:00 PM

©The Geological Society of Japan

Nature of the plate boundary domain at the depth of deep slow earthquakes: evidence from the Sanbagawa belt

*Yukinojo KOYAMA[1], Simon R. WALLIS[1], Takayoshi NAGAYA[1]

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

近年、スロー地震という通常の地震に比べ断層破壊がゆっくりと進む現象が発見され、発生の物理法則と条件の解明に向けて観測及び発生環境の解読が進められている。特に発生場での直接観測や試料採収が困難な深部スロー地震の研究では、過去に沈み込みプレート境界を構成していた岩石を用いる地質学的手法が大きな役割を果たす。

西南日本三波川帯では沈み込んだ海洋地殻由来の片岩類とマントルウェッジ由来の蛇紋岩が隣接し、沈み込みプレート境界が保存されたまま露出している。また深部スロー地震が活発な西南日本沈み込み帯の熱モデリングによる推定温度構造は、岩石学的に決定した三波川帯形成時の沈み込み帯温度構造と酷似し、深部スロー地震現象に伴う変形の記録が期待される。よって三波川帯は、地質構造と深部スロー地震を関連付けるにあたり最適なフィールドの一つである。本研究では、三波川帯でも特に露出が良好であり、先行研究が豊富である四国中央部白滝ユニットの岩石を用いて、沈み込み帯プレート境界の変形に関する情報の取得を試みた。

白滝ユニットの石英片岩中に見られる動的再結晶石英粒子について、EBSDを用いて結晶方位分布を取得した。先行研究のデータも加えてCPOのopening angleを用いた変形温度推定を行い、炭質物ラマン温度計によるピーク変成温度の推定値と比較したところ、確認範囲全域(ラマン温度計で凡そ300-500℃)における殆どの試料で整合的な結果を得た。これは上記組織が沈み込みプレート境界で形成されたことを示す。

そこでピーク変成温度と整合的な試料について、結晶方位分布から粒界、粒径を決定し、応力、歪速度を求めた。得られた歪速度と三波川帯形成時に沈み込んでいたイザナギプレートの運動速度を用いて、プレート境界において、プレート運動に伴う歪を石英の転位クリープで解消するために必要な延性せん断帯の幅を計算した。結果、高温高圧領域(440-520℃, 0.7-0.9 GPa, 推定深さ20-30 ㎞)では幅数㎞の延性せん断帯の存在が示された。用いた岩体は石英を多量に含まない他岩体と同様に褶曲しており、全体の変形を代表していると考えられる。

一方で低温低圧領域(300-360℃, 0.5-0.6 GPa, 推定深さ15-20 km)の観察では、石英転位クリープに加え、石英圧力溶解クリープや雲母鉱物のすべりによる変形が認められた。そこで沈み込み時に形成された石英脈や石英歪フリンジを用いてこれらの変形機構による歪速度を評価した結果、本領域では石英圧力溶解クリープと雲母鉱物のすべりが石英転位クリープに比べ卓越し、これらの変形が最大数㎞にわたり生じることで、プレート運動に伴う歪を解消し得ることが示された。フィールドでは石英圧力溶解クリープにより沈み込み時に形成された面構造が数㎞に渡って観察されており、本主張と整合的である。

これらはプレート境界が面ではなく、数km幅を持った連続変形領域であることを示す重要な結果である。深部スロー地震は深さ20-50kmのプレート境界で発生することが観測されており、本研究で示唆される幅広い同質な変形領域内で深部スロー地震が発生する際は、変形領域内の任意の場所で同様な発生機構により生じることが予想される。

近年、微細褶曲構造の形成が深部スロー地震現象の一種であるEpisodic Tremor and Slip (ETS)を発生させる可能性が指摘された。このモデルによれば、微細褶曲構造はその形成過程に crack seal (脆性変形による開口とその後の流体による石英充填)を含むため、石英 crack seal shear veins と同様に ETS を説明するのに適した構造である。また微細褶曲による変位は様々なスケールの褶曲を延性的に発生させ、その規模や均質性、変形メカニズム(脆性、延性)の違いが ETS を構成するlow-frequency earthquakeやtremor burst、短期的スロースリップなどの諸現象を良く説明する。

本地域の調査では石英 crack seal shear veins を確認することが出来なかった。一方で低温低圧領域の面構造にはマイクロリソン部に褶曲した古い面構造が見られ、微細褶曲構造の特徴を示す。また様々なスケールの褶曲も普遍的に確認できた。仮に微細褶曲と様々なスケールの褶曲の形成が ETS を発生させていた場合、本岩体を形成した沈み込みプレート境界の低温低圧領域(推定深さ15-20km)では、面構造分布域に相当する数㎞幅

© 2022 Geological Society of Japan

のせん断帯全域にわたりETSが分布して発生していたこと、高温高圧領域(推定深さ20-30km)では石英転位クリープによる定常的な延性変形帯が存在していたことが示唆される。

Keywords: Quartz dislocation creep, Dynamic recrystallization, Stress estimation, Crenulation cleavage, ETS

© 2022 Geological Society of Japan

Influence of pore fluid pressure on fracture pattern of mantle wedge serpentinites

*Ken-ichi Hirauchi[1], Yurina Nagata[1], Keishi Okazaki[2,3]

1. Shizuoka University, 2. Hiroshima University, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, X-star, JAMSTEC

西南日本やカスカディアなどの温かい沈み込み帯では、微動・低周波地震とスロースリップイベントが同期して発生する現象(Episodic Tremor and Slip; ETS)が前弧マントルウェッジの先端付近で観測されている。ETSの発生後には、数 MPa程度の一時的な間隙流体圧の低下が起こることが知られており、これは岩石の破壊に起因した水のリークを示唆する（Gosselin et al., 2020, *Sci. Adv.*）. したがって、数ヶ月から数年周期で繰り返し発生するETSは、間隙流体圧の上昇と下降のサイクルを表している可能性がある(Warren-Smith et al., 2019, *Nat. Geosci.*)。そこで本研究では、前弧マントルウェッジの破壊様式に対する間隙流体圧の影響について明らかにするべく、Griggs型固体圧式変形装置を用いた蛇紋岩の変形実験を行った。 実験は、温度500 ˚C、封圧（P_c）1 GPa、歪速度10^{-6} s^{-1}の条件下で、アンチゴライト蛇紋岩のインタクトコアまたは粉末からなる円柱状試料に約0〜12 vol.%の純水を添加して行った。試料と純水は銀ジャケット内に封入しており、実験前後における重量変化から実験中における純水の流出量を見積った。蛇紋岩試料の差応力は約100〜1200 MPaの範囲であり、実験後の含水量が多い試料ほど差応力が低くなった。この差応力と含水量の関係は、銀ジャケット内の含水量が多いほどαP_f（ここでP_fは間隙流体圧、αはP_fが岩石強度に与える効果を示す定数であり、0〜1の範囲をもつ）が大きくなり、かつ有効封圧（P_c-αP_f）が低くなることを反映している。α = 1と仮定し、モール円解析を行ったところ、実験後の含水量が最も大きい試料の間隙流体圧比（λ）は約0.9であった。実験後のインタクトコア試料の薄片観察では、実験中のλが高くなるにつれて、破壊面の数が増えるとともに、破壊様式が最大主応力（σ_1）方向に対して約30 ˚斜交する剪断（モードII型）破壊からσ_1方向と平行あるいは20〜30 ˚斜交する開口（モードI型）破壊および開口・剪断（モードI-II型）破壊に遷移することがわかった。モードI型・モードI-II型混合破壊では、破壊面がネットワーク状に発達することで、蛇紋岩はいわゆるblock-in-matrix構造を呈していた。 以上の結果は、スラブ起源流体の付加により前弧マントルウェッジ浅部において高間隙流体圧が発生した場合、蛇紋岩は多数の開口・剪断破壊の形成を伴う幅広い剪断帯を形成する可能性を示唆する。このような産状は、ETS発生域に対応する温度圧力条件下で形成されたマントルウェッジ起源の蛇紋岩体中に見出されている（Hirauchi et al., 2021, *Earth Planet. Sci. Lett.*）。この蛇紋岩体には、開口破壊面に沿ってアンチゴライトが析出することで間隙を充填している。したがって、本実験結果は、ETSの発生サイクルが破壊および破壊後の蛇紋石による空隙の充填にともなう間隙流体圧の上昇・下降サイクルを反映しているという考えを支持する。

Keywords: serpentinite, antigorite, slow earthquake, subduction zone

© 2022 Geological Society of Japan

Naturally injected short-lived fluid flow in a single fracture related to seismic events in the middle crust.

*Diana Mindaleva[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. Tohoku University

Short-lived fluid flow in the crust modifies hydrological properties and controls on the earthquake triggering. However, there are limited numerical constraints on the fluid volumes that can be rapidly transported. Comprehension of the timescales of fluid infiltration and the permeability evolution from geological samples is essential to estimating the fluid flux during crustal fracturing and its relation to seismic activities. This study focuses on fluid flow through a single fracture and scales its results to a series of low-magnitude fracturing events, such as tremors and low-frequency earthquakes, providing insights into fracturing and fluid-rock interactions in the lower–middle crust. Specifically, we analyse unique geological and geochemical evidence preserved in amphibolite-facies fluid-rock reaction zones to approximate the duration of fluid infiltration and time-integrated fluid fluxes and then determine the generated seismic moment and magnitude. This study is based on evidence of rapid fluid infiltration (~10 h) related to crustal fracturing and permeability evolution from low- to highly-permeable rocks (~10^{-9}–10^{-8} m^2). We estimate both through and perpendicular time-integrated fluid fluxes to a given fracture and the overall fluid-rock reaction zone. We present an advanced methodology for calculating the fluid volume via coupled reactive-transport modelling and thermodynamic analyses, focusing on Si alteration processes within reaction zones. In this study, we use two independent methods for constraining magnitude, which are based on fluid volumes and single fracture geometry. We compare the estimated values with the results provided by fluid injection experiments. Our finding reveals that the transportation of voluminous fluid volumes through a fracture (10^1 to 10^4 m^3) may be related to short seismic/aseismic events such as tremors and LFEs, as suggested from duration (~10 h) and cumulative magnitude, representing the maximum values as 2.0–3.8. In addition, we define the lower limit of the magnitude for a single fluid-driven seismic event as –0.6 to 0.2. However, a single fracture remains possible to transfer voluminous fluid flow and could be a key control on the generation of seismic activity above the tremor and slow slip events source regions in the lower–middle crust.

Keywords: Short-lived fluid flow, Crustal fracturing, Voluminous fluid flow, Fluid-rock reaction zone

© 2022 Geological Society of Japan

Transient fluid migration recorded in antigorite veins formed by subduction-related fluids

*Kazuki Yoshida[1], Ryosuke Oyanagi[2], Masao Kimura[3], Oliver Plümper[4], Mayuko Fukuyama[5], Atsushi Okamoto[1]

1. Tohoku Univ., 2. Kokushikan Univ., 3. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 4. Utrecht Univ., 5. Akita Univ.

沈み込み帯における流体の流れは、地震活動、マグマ生成、元素循環など様々な地質学的プロセスに関連している。しかし、沈み込み帯における流体の移動のタイムスケールや速度に関する理解は限られている。本研究では、ブルーサイトに富む反応帯を持つアンチゴライト鉱脈の組織観察、微量元素分析、熱力学的考察に基づいて、沈み込み超深部における流体移動のタイムスケールと流速の推定を行った。

本研究で観察した試料は、オマーンオフィオライトの陸上掘削（Oman Drilling Project, Site CM1）において得られた下部地殻から上部マントルセクションまでの試料である。地殻-マントル遷移帯の完全蛇紋岩化したダナイトには、リザダイト（Lz）とブルーサイト（Brc）からなる母岩を切るようにしてアンチゴライトとクリソタイルからなる脈（Atg-Ctl脈）が発達していた。Atg-Ctl脈の一部には、脈の両側にブルーサイトに富む反応帯が発達していた。アンチゴライト脈が形成されたステージを考えるために、LA-ICP-MSによる微量元素分析を行った。その結果、Atg-Ctl脈は母岩の蛇紋石よりもAs、Sb,、HFS元素(Zr、Hf、Ta)に富み、Atg-Ctl脈形成時に沈み込み帯の流体が寄与している可能性が示唆された。 マスバランス計算から、ブルーサイトに富む反応帯を形成するためには母岩から大量のシリカが除去される必要があることが分かった。また、熱力学的な考察から、ブルーサイトに富む反応帯は、アンチゴライトの形成と同時に形成されたことが示唆された。

熱力学的計算と反応帯の幅から、反応帯を形成した流体活動のタイムスケールと流速をシリカの拡散モデルから推定した。その結果、流体は短時間のうちに（1.1×10^{-1}～2.6×10^{0}yr）、現在の沈み込み帯の地震イベントの伝搬速度に近い高速（4.8×10^{-2}～1.2×10^{-1} m s^{-1}）で流れたことが示唆された。この結果は、上層プレートへの流体の流出が短期間で起こることを示唆している。

Keywords: Serpentinization, Oman Ophiolite, Subduction zone, Antigorite, Brucite

© 2022 Geological Society of Japan

Various metasomatism of a mantle wedge by slab-derived materials: Examination of serpentinites in the Kamuikotan metamorphic belt, Hokkaido, Japan

*Shun Takamizawa[1], Yuji Ichiyama[1], Shusaku Yamazaki[2], Akihiro Tamura[3], Tomoaki Morishita[3]

1. Chiba University, 2. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 3. School of Geoscience and Civil Engineering, College of Science and Technology, Kanazawa University

沈み込み帯は水を始めとする地球表層の物質をマントルへ供給する主要な経路である．スラブ中の間隙水や含水鉱物を起源とするスラブ脱水流体には流体移動元素が含まれ，マントルウェッジに様々な交代作用を引き起こす．造山帯に定置した高圧変成岩を伴うマントル岩は過去の沈み込み帯のスラブーマントルウェッジ境界に由来し，浅部マントルにおける交代作用の諸過程を検討する上で格好の研究対象であると考えられる．本研究は北海道神居古潭帯の高圧変成岩類を伴う蛇紋岩体（鷹泊・岩内岳・糠平）を対象に野外調査，岩石記載，鉱物主要/微量元素組成分析を行い，スラブ起源物質によるマントル交代作用の詳細に関して議論する．神居古潭帯は，前期白亜紀から古第三紀にかけて形成された低温高圧型の変成岩類と大量の超苦鉄質岩類から構成される．対象とする鷹泊岩体，岩内岳岩体，糠平岩体はボニナイトのような高Mg安山岩の生成に関わったとされており，中～高程度に枯渇する特徴を示す(田村ほか，1999，地質学論集)．隣接する変成岩類は鷹泊岩体付近で青色片岩，岩内岳岩体・糠平岩体付近であられ石を含む低度の変成岩である(Sakakibara and Ota，1994，J. Geophys. Res.)．アンチゴライト蛇紋岩の形成は隣接する変成岩類の変成度に関連し鷹泊岩体では形成量が多く，岩内岳岩体・糠平岩体ではほとんど見られない．初生/二次鉱物の主要・微量元素組成分析によって，神居古潭帯の超苦鉄質岩類は多様な交代作用を経験していることが示唆される． 最初の交代作用はSiに富むスラブ起源メルトによるもので，二次的にかんらん石を置換した直方輝石，単斜輝石，微小なスピネルの出現で特徴づけられる．溶け残り相に比べて，二次直方輝石は低CaO，低Cr#，低Mg#，二次単斜輝石は低Na_2O，高Mg#，スピネルは低いCr#（＝0.2-0.4）という特徴が見られる．Secchiari et al.（2019，Geosci. Front.)はニューカレドニアの高枯渇度かんらん岩体から同様の交代作用を報告し，全岩Sr-Nd-Pb同位体比等の証拠から堆積物由来のメルトを原因物質とした．神居古潭帯においても堆積物メルトが関与した可能性がある．スラブメルトによる交代作用の後，スラブ起源H_2O流体によって初生鉱物を置き換える含水/二次鉱物（Ca角閃石，金雲母，タルク，緑泥石，アンチゴライト，リザーダイト/クリソタイル）が形成される．Ca角閃石は輝石を交代する産状を示し，トレモライトからマグネシオホルンブレンドの組成を示す．これらはNa量によって異なる2つのタイプ（Na-richとNa-poor）に区分され，鷹泊・岩内岳の両岩体で共通して見られる．角閃石地質温度計（Putirka，2016，Am. Mineral.）及び圧力計（Mandler and Grove，2016，Contrib. Mineral. Petrol.）を適用し，加重平均をとった結果，Na-richタイプで鷹泊が836 ℃/1.16 GPa，岩内岳が820 ℃/1.08 GPa，Na-poorタイプで鷹泊が835 ℃/0.71 GPa，岩内岳が865 ℃/0.85 GPaを示した．これらの結果は，Ca角閃石の形成が主に2段階あることを示唆している．微量元素組成は，流体移動元素(Cs，Rb，Ba，Sr，Pb)に濃集が見られる．鷹泊岩体のアンチゴライトは高Al，低Mg#のAtg Ⅰと低Al，高Mg#のAtg Ⅱの2タイプに分類される．Atg Ⅰはリヒター閃石，Feに富む変成かんらん石，変成単斜輝石と共存する．リヒター閃石，Feに富む変成かんらん石，変成単斜輝石は初生直方輝石を置き換える産状を示す．これらは550 ℃以下で初生かんらん石，直方輝石と流体の相互作用によって形成されたと考えられる．また，リヒター閃石や変成単斜輝石は流体移動元素に富み，多量のNaやCa，流体移動元素がスラブ流体によって供給されていたことを示唆する．Atg ⅡはMgに富む変成かんらん石，磁鉄鉱，ブルーサイトと共存し，かんらん石の仮像を成す．Atg Ⅱは，450 ℃以下で初生かんらん石の加水分解によって形成され，その後の昇温によってMgに富む変成かんらん石が形成されたと考えられる．岩内岳岩体や糠平岩体では，スラブ起源メルトによる交代作用の証拠を示すものの，アンチゴライトはほとんど形成されておらず，その他の含水鉱物にも乏しい．また，随伴する高圧変成岩類の変成度も低いことから定置以前，この2つの岩体は鷹泊岩体よりも前弧側に位置していた可能性がある．本研究によってスラブ起源の物質流入による多様なマントル交代作用の証拠が明らか

© 2022 Geological Society of Japan

となった．それぞれの段階でどのような流体の関与が支配的であったのか，流体移動元素の特徴に着目しながら検討する必要がある．

Keywords: subduction zone, mantle wedge, slab-derived materials, metasomatism, Kamuikotan metamorphic belt

© 2022 Geological Society of Japan

Metasomatism and mass transfer at the slab-mantle interface in the subduction zone: Insights from serpentinite in the Tomisato area of the Sanbagawa belt (Central Shikoku, Japan).

*Ryosuke Oyanagi[1,2], Masaoki Uno[3], Atsushi Okamoto[3]

1. Kokushikan University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Tohoku University

＜はじめに＞

沈み込み帯では地殻やマントル由来の岩石が混在している。地殻岩石とマントル岩石の境界近傍では、交代作用による大規模な脱水反応や元素移動が起き、沈み込み帯における物質循環プロセス（特に水や炭素）やスロー地震の発生に影響を与えている[1–3]。近年の高温高圧条件下の流体の物性理論の進展により，変成流体の化学的特徴（イオンの濃度やpH）を定量的に予測できるようになり，沈み込み帯における元素循環の理解が進みつつある[4,5]。一方で、岩石の交代作用やそれに伴う元素移動プロセスは、全岩化学組成に基づく熱力学的アプローチから理解することは不可能である。三波川帯には多数の小規模の蛇紋岩体が存在している。蛇紋岩体の多くはざくろ石帯よりも高変成度に存在し、マントルウェッジ由来と考えられている[6] 。泥質片岩と蛇紋岩の境界では、交代作用の痕跡である反応帯がしばしば観察される。本研究では、三波川変成帯の富郷地区に産する蛇紋岩岩体を研究対象とし、岩石学的解析とマスバランス計算から交代作用に伴う反応帯の形成と元素移動メカニズムの制約を試みた。

富郷地区の蛇紋岩岩体は20メートルほどのサイズのBlock-in-matrix構造を示すアンチゴライトからなっている[7]。カンラン石は残っておらず、輝石やその仮晶は観察されない。また、蛇紋岩岩体は北側と南側で泥質片岩（ざくろ石帯）に接している。泥質片岩の鉱物組み合わせは
Qz+Pl+Ms+Ep+Chl+Grt+Amp+Rt+Ttn+Ap+Turであり、黒雲母は観察されなかった。泥質片岩に地質温度圧力計を適用した結果、変成条件は 530 - 560C・1.1 –1.4 GPaと推定された。

南側の蛇紋岩体と泥質片岩の境界周辺では、次のような系統的な反応帯が観察された。

泥質片岩／曹長石岩／白雲母岩／緑泥石岩／透閃石片岩／滑石片岩／滑石＋蛇紋石岩／蛇紋岩

チタン石は曹長石岩から緑泥石岩にかけて観察されるが、透閃石片岩から蛇紋岩にかけては観察されない。また、スピネルは透閃石片岩から蛇紋岩にかけて観察されるが、曹長石岩から緑泥石岩にかけては観察されない。泥質片岩中のざくろ石は典型的な Mnベル型累帯構造を示した一方で、白雲母岩中のざくろ石は グロッシュラー成分に富む特徴的なリムを持っていた。

＜議論＞

周囲の泥質片岩から推定された変成条件は典型的なざくろ石帯の変成条件[8]より高いが、富郷地域の塩基性岩から推定された変成条件[9]と整合的である。反応帯内におけるチタン石やスピネルの出現・消滅は、泥質片岩と蛇紋岩の本来の境界が現在の緑泥石岩と透閃石片岩の境界部であることを示している。岩石学的記載を総合すると，本蛇紋岩岩体はマントルウェッジのかんらん岩が比較的均質に蛇紋岩化したのち泥質片岩に取り込まれ、交代作用を受けたものであると考えられる。泥質片岩と白雲母岩中のざくろ石の組成累帯構造の比較から、蛇紋岩体と泥質片岩の交代作用がピーク変成条件付近で始まったことが示唆される。講演では、反応帯の全岩化学組成に基づいたマスバランス計算などを用いて、沈み込むスラブとマントルウェッジの境界で起きる岩石や流体の化学組成の変化について考察する。

参考文献

[1] Marschall, H. R. & Schumacher, J. C. *Nat. Geosci.* (2012).
[2] Tarling, M. S., Smith, S. A. F. & Scott, J. M. *Nat. Geosci.* (2019).

© 2022 Geological Society of Japan

[3] Okamoto, A. et al. *Commun. Earth Environ.* (2021).
[4] Sverjensky, D. A., Harrison, B. & Azzolini, D. *Geochim. Cosmochim. Acta* (2014).
[5] Galvez, M. E., Connolly, J. A. D. & Manning, C. E. *Nature* (2016).
[6] Aoya, M., Endo, S., Mizukami, T. & Wallis, S. R. *Geology* (2013).
[7] Hirauchi, K. et al. *Earth Planet. Sci. Lett.* (2021).
[8] Enami, M. *J. Metamorph. Geol.* (1998).
[9] Okamoto, A. & Toriumi, M. *J. Metamorph. Geol.* (2005).

Keywords: Serpentine, Metasomatism

© 2022 Geological Society of Japan

The significance of CASH-CO_2 metasomatism for tectonic slicing of subducting oceanic crust: an example from the Sanbagawa belt

*Shunsuke Endo[1], Nachi Kurihara[1], Tomoki Taguchi[2]

1. Shimane University, 2. Waseda University

白亜紀沈み込み境界で形成された四万十付加体と三波川変成岩とを比較すると，ともに海洋地殻（MORB）起源の苦鉄質岩が付加しているが，深部相である三波川帯の苦鉄質片岩は側方連続性の極めて良い層をなし，岩体規模が明らかに大きい．これら苦鉄質片岩の地質構造は，沈み込み期の延性変形（単純剪断）により高アスペクト比のシート状岩体となった後，上昇期に同斜状褶曲による折り畳みと東西伸長を伴う延性薄化を受けた結果とみなされる．しかし，それ以前に沈み込む海洋地殻から力学的に分離（構造スライス化）し，沈み込みチャネルへ取り込まれるプロセスに関しての地質学的証拠はこれまで知られていなかった．それは四万十付加体に観察されるduplexの形成よりも大規模な海洋地殻の破壊を伴うはずである．本発表は，愛媛県東温市滑川地域の三波川帯から見出した「石灰珪質片岩」の野外地質・岩石学的解析・炭質物ラマン分析の結果をもとにこのプロセスを議論する．この岩石名はCa-Al珪酸塩に富むことによるもので石灰岩起源という意味を含まない．石灰珪質片岩は緑泥石帯の厚い苦鉄質片岩層の下底（泥質片岩との岩相境界）に沿って薄く（厚さ数m以内）存在しており，側方に500 m以上追跡できる．苦鉄質片岩との境界は漸移的で，その産状と残留クロムスピネル組成から原岩はMORBに関係している．さらに石灰珪質片岩は，炭質物を含む灰色クラストと淡緑色基質からなる不均質組織をもつタイプAと，炭質物を含まず微量～主成分鉱物として方解石を含みCASH-CO_2系に近い全岩組成を持つタイプBに分類できる．タイプAのクラストは緑れん石やアルバイトに富み，基質は緑泥石やアクチノ閃石に富む．タイプBの一部は四国西部で「変成斑れい岩」として記載された原岩不明の岩石（仲田ほか2019）と同様の組織（白色クラストを含むL-Sテクトナイト）をもつ．タイプBの現在の主要Ca-Al珪酸塩は緑れん石およびゾイサイトであるが，微細組織観察と岩石学的解析から，もとはローソン石＋パンペリー石を主とする高含水量CASH-CO_2交代岩として形成されたと解釈できる．このようなCASH交代作用は，冷たい沈み込み帯の深部（50-80 km：Vitale Brovarone and Beyssac, 2014）や温かい沈み込み帯の浅部（~10 km：Endo and Wallis, 2017）で起こり，より深部への効率的な水輸送に重要な役割を果たしていることが近年指摘されている．温かい沈み込み帯浅部の苦鉄質・泥質岩相境界におけるCASH-CO_2交代岩の形成は流体を消費してプレート境界の固着を強めると考えられるが，プレート境界地震発生帯の末端付近（~300℃，0.5 GPa）まで沈み込むと，一転して大量のH_2O流体を発生し，緑れん石およびゾイサイトを主とする岩石へと変化する．この反応をタイプBの全岩組成でモデル計算すると，5.26%の固相体積減少，4.74%の流体を含む系の体積増加となる．従って，この脱水反応は流体圧上昇を伴い，大規模な海洋地殻の破壊に関与した可能性が高い．実際に石灰珪質片岩の不均質組織は，後の延性変形の重複により不明瞭になっているものの，沈み込む海洋地殻の構造スライス化に直接関連した断層岩（カタクレーサイト）であったことを示すと考えられる．炭質物ラマン温度計により，石灰珪質片岩の周囲のピーク変成温度は約400℃と見積られるが，タイプAに含まれる炭質物は変成温度から期待されるよりも著しく結晶化度が高い（見かけ温度は530-540℃）．この炭質物は断層運動の剪断熱により生じた高温流体から晶出した可能性がある．

引用文献：Endo and Wallis (2017) J. Metam. Geol. 35, 695–716. 仲田ほか（2019）地質雑125, 447-452. Vitale Brovarone and Beyssac (2014) Earth Planet. Sci. Lett. 393, 275–284.

© 2022 Geological Society of Japan

Quantitative evaluation of silica and water transfer based on estimation of volume change of metamorphic rocks in Franciscan subduction zone

*Shogo Soejima[1], Simon Wallis[1]

1. The University of Tokyo

スロー地震の発生プロセスにおいて、沈み込み帯における水流体の存在が重要な役割を果たしていることはよく知られている。また、沈み込み環境で水流体中に溶解し、沈み込む堆積岩に最も多く含まれるシリカは、深部スロー地震の時間スケールを支配する重要な因子となり得るとして、近年注目されている。例えば，Audet & Burgmann（2014）は，沈み込み帯の上部プレートにおけるVp/Vs比が深部スロー地震の再来周期と正相関しているという観測から，シリカ付加過程を深部スロー地震の再来周期を決定する要因として提唱した。具体的には、スロー地震の周期は、断層すべり時の不連続構造の形成と石英の析出によるヒーリングの繰り返しによって決定されるという考えである。彼らは、このプロセスが進行する前弧地殻の下部領域で5–15vol.%のシリカが析出することが必要であると推定している。このようなシリカの移動は、シリカの供給源領域での体積減少と析出の起こる領域での体積増加に反映されるはずである。シリカは沈み込む岩石中に広く存在し、比較的溶解度が高いので、これらの地域の体積変化は移動したシリカの量とほぼ同程度である。したがって、深部スロー地震発生深度以深に沈み込んだ変成岩の体積変化の推定は、これらの領域におけるシリカの移動を定量的に検証するために用いることができる。 構造地質学分野において、これまで適用されてきた岩石の体積変化の推定方法は、絶対伸縮量の推定や岩石全体の化学組成の変化に基づくものであった。これらの手法には、特に変成堆積岩の解析において、検証不可能な仮定を必要としたり、それぞれの手法を同じ地域に適用した場合でも結果に大きなずれが生じたりする不確実性の問題があった。本研究では変形脈群法(Passchier, 1990; Wallis, 1992)という、変形した鉱脈の方向と変形タイプを利用して体積変化を推定する、ほとんど未開拓の方法を開発した。本手法は検証不可能な仮定を必要とせず、誤差範囲の推定も可能であるため、不確実性を含めた体積変化の定量的議論を可能にする。 Franciscan 帯の Del Puerto Canyon に分布する、 前弧地殻下部由来だと推定されるmetagreywacke に変形脈群法を適用した。その結果、同地域で大きな体積減少を示す従来の提案（Ring, 2008）と対照的に、変成同時性の体積変化は 7%以上であると制約された。Ring (2008)では，シリカの溶解沈殿プロセスで石英粒子の周囲に付着するover growthに着目し、その形態解析をもとに体積変化を推定した。彼らの手法では、粒界すべりと溶解移動による個々の結晶粒子の剛体回転を考慮できず、これが見かけの体積変化を著しく小さくする原因になった可能性がある。我々は、Ring (2008)で使用された手法にRf/Φ法による歪解析を組み合わせることで、粒子回転の影響を加味した体積変化推定を可能にし、体積変化が最大21％であると制約した。以上から最終的には、7–21vol.%の正の体積変化が推定され、岩石へのシリカの付加が示唆された。この結果は，Audet & Burgmann (2014) の推定値とよく一致している． また、推定された体積変化から、それを引き起こしたシリカ溶存水流体の時間積分フラックスの定量的評価が可能である。シリカの溶解度は、温度と圧力に依存し、一般的に温度が下がるほど低下する。したがって、本研究で明らかになった前弧地殻下部に沈殿した石英の体積は、沈み込み帯深部の高温領域から浅部の低温領域へと移動する水のリターンフローの時間積分フラックスと関連付けられる。本地域で水流体が垂直方向に浸透したと仮定した場合、先行研究の温度圧力推定の結果と本研究で得られた体積変化推定の結果から、時間積分流体フラックスは、1.0×10^{6}–1.9×10^{7} (m^3/m^2)であると推定された。この結果は含水鉱物の安定性の議論に基づくモデリング研究(e.g. Peacock, 1990, van Keken et al., 2011) で推定されている流体フラックスの数十倍の値である。

【References】 Audet & Burgmann (2014), Nature, 510, 389–392. Passchier (1990), Tectonophysics, 180, 185–199. Wallis (1992), J. Struct. Geol., 14, 271–280. Ring (2008), GSA, Special Paper, 445 Peacock (1990), Science, **248** (4953), 329–337. van Keken et al. (2011), J. Geophys. Res., 116, B01401.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Volume change, Deformed vein, Slow earthquakes, Mass transfer, Subduction zone

© 2022 Geological Society of Japan

Intensity evaluation of of element transfer and its controlling parameters: Differences between Northwest and South Pacific oceanic plates.

*Satoshi Matsuno[1], Masaoki Uno[1], Atsushi Okamoto[1]

1. Graduate School of Environmental Studies Tohoku University

海洋プレート上で生じる海洋底変質は、地球表層から地球内部までの一連の元素循環における起点である。海水との反応に伴って化学組成が改変された海洋プレートは、沈み込み帯を通じて地球内部へと入り、島弧玄武岩や海洋島玄武岩の微量元素濃度・同位体組成に影響を与える（Pietruszka et al. 2013）。海洋底変質による元素濃度変化は、原岩である玄武岩と変質作用の生成物である変質玄武岩の化学組成を比較することで解析されてきた（Kelley et al. 2003）。しかし、個々の変質岩試料に対する原岩にアクセスできるのは非常に稀であり、解析は依然として定性的な評価にとどまっている。したがって、海洋底変質に伴う定量的な元素移動量を解析するには、個々の変質岩試料に対して、原岩の組成を推定する必要がある。本研究は、変質岩の組成から原岩の組成を復元する地化学機械学習モデルによって定量的な元素移動量の推定を行い、異なる地域の変質岩試料から得られた元素移動量と変質作用の支配パラメータの関係性を評価した。
変質玄武岩の組成データは、北西太平洋（i.e., N10–35˚, E140-160˚）・南太平洋（i.e., S10-50˚, W100-180˚）の7つの深海掘削サイトから得られた計237試料の16元素（Rb, Ba, U, K, La, Ce, Pb, Sr, Nd, Y, Yb, Lu, Zr, Th, Ti, Nb）を先行研究からコンパイルした。各変質岩試料に対する原岩の組成は、機械学習モデルをベースとした原岩組成復元モデル(Matsuno et al. 2022)によって決定し、元素移動量を定量的に推定した。変質岩に残された原岩の痕跡として使用する不動元素は、Zr・Th・Ti・Nb とし、それ以外の12 元素の移動量を推定した。解析する２つの地域は、年代および堆積物の堆積速度が対照的であり（太平洋西部：130-170Myr、15mm/yr；太平洋南部：13.5-103.7Myr、0.01-0.1mm/yr）、これらのパラメータが海洋底変質へ与える影響を評価するのに適している。
各地域で推定された元素移動量からは、Rb・Ba・U・K・Pbで最大100倍の元素付加が見られる一方で、La・Ce・Sr・Nd・Y・Yb・Luでは元素移動が見られなかった。元素の付加が見られる物のうち、Rb・Kは、両地域で強い相関を持ち(R=0.842)、Saponiteなどの変質鉱物量比と相関が見られる（R～0.5）。より年代が古い試料で付加傾向にあることから、海水との反応時間が変質鉱物の生成に伴うRb・Kの付加を促進すると考えられる。南太平洋地域では、Rb、Kが付加された試料において、Calcite veinと赤茶色の変色と共にBa・U・Pbの元素付加が見られた。その一方で、Pbの付加形態には、Calcite veinと赤茶色の変色を伴う場合と、変色などの特徴を持たない場合があり、後者の場合ではPbのみが付加していた。北西太平洋地域では、UとPbがそれぞれ独立した付加トレンドを示し、Uが付加されている試料では、変質鉱物に富む一方、Pbが付加されている試料では、南太平洋地域と同様に目立った特徴が見られなかった。北西太平洋地域の深さ521m-638mでは、Hydrothermal depositに伴うPbの付加が見られる一方で、その他では最大50%の溶脱が発生していた。両地域では、U・Pbの付加形態が異なるが、堆積速度に伴う堆積物の厚さの影響が考えられる。堆積速度の低い南太平洋では、堆積物の層が薄いため、継続的に酸化的な海水が供給される環境下での海水循環が起こる一方、堆積速度の高い北西太平洋では、堆積物の層が厚いため、プレート内での熱水循環が起きると考えられ、このような水の供給源・循環形態の違いが元素の付加・溶脱形態へ反映されている可能性がある。現在は、２地域７サイトから得られた試料の解析にとどまっているが、今後検証地域を広げ、各パラメータと海洋底変質のグローバルなトレンドを明らかにするとともに，沈み込み帯への各元素の供給量を定量的に評価する。

Pietruszka et al. 2013, Earth and Planetary Science Letters.
Kelley et al. 2003, Geochemistry, Geophysics, Geosystems.
Matsuno et al. 2022, Scientific Reports.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Seafloor alteration , Element transfer analysis, Protolith reconstruction model, Machine-learning

© 2022 Geological Society of Japan

The $\delta^{13}C$– $\delta^{18}O$ variations of eclogite-facies marble from the Eastern Iratsu body of the Sambagawa Belt: A Revisit

*Hironobu HARADA[1], Tatsuki TSUJIMORI[1,2], Hideko TAKAYANAGI[1], Yasufumi IRYU[1]

1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

大理石（変成炭酸塩岩）は地球史を通して造山帯に普遍的に産出し、地殻におけるCO_2（及び含CO_2流体）の挙動を理解する上で最適な岩石である。特に、大理石を構成する炭酸塩鉱物は主要元素として含む炭素と酸素について同位体組成をトレーサーとして用いることができる。その同位体地球化学的研究は岩石の起源を推定できることに加えて、原岩の同位体組成が仮定できれば流体の起源や流体–岩石相互作用、CO_2を放出するような変成反応である脱炭酸反応について定量的な議論を可能にする(Harada et al. 2021など)。本講演では四国三波川帯五良津東部岩体に産するエクロジャイト相変成作用を経験した大理石について、組織観察と微少量マイクロドリルサンプリングを併用した炭素 (C)–酸素(O)同位体組成分析結果を示し、三波川帯の大理石についての新知見を紹介する。

三波川帯に産する大理石のうち、五良津東部岩体のものについては古くから堆積性か火成起源かその成因の議論がなされてきた(例えば、坂野ほか, 1976; Wada et al., 1984; Terabayashi et al., 2005)。大理石を含む五良津東部岩体は地質学的あるいは地球化学的に海台あるいは海洋性島弧の断片という考えがあり(Terabayashi et al., 2005; Utsunomiya et al., 2011)、大理石は海洋性炭酸塩を起源にもつと考えられている。しかしながら、Wada et al. (1984)は著しく低い炭素同位体組成を見出し、一部の大理石が火成起源であることを指摘した。

五良津東部岩体の大理石は方解石を主とし、さまざまな量の石英、透輝石、Caざくろ石、チタン石を含む。我々は大理石中の方解石について組織観察しながら極微少量バルクの点分析を進めており、その予察的な炭素、酸素同位体組成($\delta^{13}C$[‰ VPDB], $\delta^{18}O$[‰ VSMOW])の分析結果はそれぞれ$\delta^{13}C$ = +3.0 to +3.6‰(VPDB)、$\delta^{18}O$ = +13.2 to +15.2‰(VSMOW)であった。高い$\delta^{13}C$値は海洋で堆積した炭酸塩のものとして整合的であり、海洋性炭酸塩説を指示する。一方、Wada et al. (1984)が報告した低い$\delta^{13}C$値を見出すことはできなかった。同産地の大理石中の変成チタン石は200–180 MaのU–Pb年代を示し(Yoshida et al., 2021)、その原岩はジュラ紀以前に海洋に堆積したものであると考えられる。また、Niki et al. (2022) は同大理石のCaざくろ石コアから得られたU–Pb年代97 ±10 Ma をエクロジャイト相変成作用のタイミングと解釈した。

五良津東部岩体の大理石の$\delta^{18}O$値(+13.2 to +15.2‰)は海洋性炭酸塩としては低いが、汗見川–銅山川ルートの泥質片岩中のフェンジャイトのやや高い$\delta^{18}O$値(+11.0 to +16.2‰: 辻森ほか, 2021)に近い。こうした酸素同位体組成の特徴は、地質学的な関係と従来の四国三波川帯の研究を考慮すると、三波川帯を構成する（地殻浅所まで上昇した）かつてのスラブ深部物質が酸素同位体に関して比較的均一になるような流体流入を経験したことを意味するかもしれない。今後、四国中央部の三波川帯構成岩の広域的な安定同位体比の検討により、スラブ物質上昇時における流体活動について定量的に解析できる可能性がある。

引用文献

坂野昇平ほか, 1976. 地質学雑誌 82, 199–210. doi: 10.5575/geosoc.82.199
Harada, H. et al., 2021. *Island Arc* 30, e12389. doi: 10.1111/iar.12389
Niki, S. et al., 2022. *J. Mineral. Petrol. Sci.* 117, 210814. doi: 10.2465/jmps.210814
Terabayashi, M. et al., 2005. *Int. Geol. Rev.* 47, 1058–1073. doi: 10.2747/0020-6814.47.10.1058
辻森樹ほか, 2021. 日本地質学会第128年学術大会, R4-P-7.
Utsunomiya, A. et al., 2011. *Chem. Geol.* 280, 97–114. doi: 10.1016/j.chemgeo.2010.11.001
Wada, H. et al., 1984. *Geochem. J.* 18, 61–73. doi: 10.2343/geochemj.18.61
Yoshida et al., 2021. *Lithos* 398-399, 106349. doi: 10.1016/j.lithos.2021.106349

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Sambagawa Belt, Eastern Iratsu body, marble, carbon isotope, oxygen isotope

© 2022 Geological Society of Japan

Re-estimation of the thermobaric structure of eclogite-facies bodies in the Sanbagawa metamorphic belt based on synchrotron micro-XANES spectroscopy

*Taisuke ITO[1], Simon R. WALLIS[1], Yoshio TAKAHASHI[1], Shunsuke ENDO[2], Toshihiro KOGURE[1], Yoshihiro ASAHARA[3]

1. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

沈み込み帯深部から地表へ上昇した高圧変成岩の岩石学的解析から導かれる温度圧力条件は、プレート収束域の地殻下部-上部マントル深度における岩石のレオロジーや化学反応の諸性質の本質的理解に欠かすことができない。また、岩石記録から推定される沈み込み帯の温度圧力構造は、地球物理学的観測に基づいた沈み込み帯の熱モデリングに対する重要な検証材料となり得るが、そのためには正確に岩石の温度圧力条件を推定することが重要である。

代表的な高圧変成岩であるエクロジャイトは、ざくろ石と単斜輝石(オンファス輝石)の鉱物共生を特徴的に持ち、それらの間のMg-Fe^{2+}交換反応が変成温度条件の推定に広く利用されている。温度計として実際に適用するには、両鉱物のFe^{2+}の含有量(Fe^{3+}/ΣFe比)を得る必要があるが、鉱物組成分析で広く使用されるEPMAではFe^{2+}とFe^{3+}を区別した定量は困難であるため、通常、化学両論的電荷均衡(チャージバランス)などの間接的推定法が採られる。しかし、Fe^{3+}/ΣFe比の間接的推定法の精度は定量分析の誤差に大きく左右され、加えてエクロジャイト中の単斜輝石はFe含有量自体が少ない上に、Ca-Eskola成分($Ca_{0.5}[vacancy]_{0.5}AlSi_2O_6$)の影響で化学両論を満たさない場合があるため[1]、得られたFe^{3+}/ΣFe比の推定値には大きな不確実性が存在する。この不確実性に起因したざくろ石-単斜輝石温度計の推定誤差は少なくとも100℃に及ぶとされ[2]、正確な温度推定の大きな支障となっている。

西南日本外帯の三波川変成帯は白亜紀の低温高圧型広域変成帯であり、沈み込み帯深部の情報を直接記録している地質帯である。四国中央部の別子地域には周囲の一般的な片岩類より有意に深い場所でエクロジャイト相変成作用を被った高変成度岩体が分布し、その温度圧力構造には圧力約2.0-2.5 GPaに顕著な高温側への湾曲構造が存在するとされる[3]。この湾曲構造は沈み込むスラブと上盤マントルの対流との熱的結合を示唆すると同時に、van Kekenらのタイプの沈み込み帯熱モデル[4]を実際に表している可能性があるが、上述の単斜輝石のFe^{3+}/ΣFe比の不確実性により、湾曲形状を支配する権現岩体の変成条件の推定誤差が特に大きく、改めて詳細かつ広域的な変成条件の再検討が必要である。本研究ではこの点に着目し、三波川変成帯に産するエクロジャイトを用いて後述の手法で沈み込み帯の正確な温度圧力構造の再評価を試みた。

本研究では、マイクロビームの放射光X線を使用した化学状態分析法であるX線吸収端微細構造分光法(micro-XANES分光法)によるエクロジャイト中の単斜輝石のFe^{3+}/ΣFe比の非破壊・微小領域分析を行った。標準試料はaegirine、augite、hedenbergite単結晶の粉末試料を用い、湿式分析によりFe含有量を、メスバウアー分光法により正確なFe^{3+}/ΣFe比を求めた。Micro-XANES分析は高エネルギー加速器研究機構Photon FactoryのBL-4Aで行った。本実験ステーションは、2.5 GeV、450 mAの電子蓄積リングから偏向電磁石により発せられる高輝度シンクロトロン放射光を出射位置固定型Si(111)二結晶分光器によりエネルギー可変の単色X線に加工し、Kirkpatrick-Baez型集光光学系により約5 μm角のマイクロビームを実現している。岩石薄片試料は入射X線に対して45度の角度で固定し、Si(Li)半導体検出器により試料から発生する蛍光X線を検出した。二結晶分光器のエネルギー分解能はΔE/E=~10^{-4}であり、magnetite標準試料によりエネルギー校正を行った。得られたFe K-edge XANESスペクトルからpre-edgeピーク重心エネルギーを計算し、標準試料の検量線から未知試料のFe^{3+}/ΣFe比を求めた。

本講演では、これまでに採取・分析した五良津岩体、権現岩体、瀬場岩体のエクロジャイト試料について、単斜輝石のFe^{3+}/ΣFe比と温度圧力条件を再評価した成果を報告する。また、最高変成度の権現岩体の石

© 2022 Geological Society of Japan

英エクロジャイト中の単斜輝石から三波川変成帯としては新たにCa-Eskola成分を定量的に見出したことを報告する。

文献

[1] Proyer *et al*. (2004), *Contrib. Min. Petrol.*, 147, 305-318.
[2] Carswell and Zhang (1999), *Int. Geol. Rev.*, 41, 781-798.
[3] Aoya *et al*. (2009), *Terra Nova*, 21, 67-73.
[4] van Keken *et al*. (2003), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 3(10), 1056.

Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, eclogite, garnet-clinopyroxene geothermometry, micro-XANES spectroscopy

© 2022 Geological Society of Japan

Peak metamorphic pressures of felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Mio Naito[1], Kensuke Yamane[1], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Martin Svojtka[3]

1. Okayama Univ. , 2. Kyoto Univ., 3. The Czech Academy of Sciences

ヨーロッパのヴァリスカン造山帯の東端に位置するボヘミア地塊には高圧から超高圧変成作用を受けた変成岩類が産出する。地塊の中核部を占めるモルダヌビア帯の構造的最上位には、主に珪長質グラニュライトからなるGföhlユニットがあり、その中にザクロ石橄欖岩やエクロジャイトの岩塊が含まれ、それらの岩塊には超高圧条件（> 3.0GPa）を示すものがある（例えば、Medaris et al., 2005）。しかし、その母岩となる珪長質グラニュライトが経験した最高圧力条件は2.0 GPa程度であるとされている（例えば、Carswell & O’Brien, 1993）。こうした広域的に産出する珪長質変成岩とそれに含まれる超苦鉄質-苦鉄質変成岩の間に見られる推定圧力ギャップの問題は大陸衝突型造山帯で古くから議論されている。比較的新しい研究では、珪長質変成岩からも超高圧条件を示すコース石やダイヤモンドの存在が確認されており（例えば、Perraki & Faryad, 2014）、上述の推定圧力ギャップが本当に存在するか疑問が残るところである。

本研究では、チェコ共和国南部に位置するGföhlユニットに属すBlanský les岩体の南東部のPlešovice採石場（以降PVと略す）と中央部のZrcadlová Hut’採石場（以降ZHと略す）に産する珪長質グラニュライトの最高変成圧力条件の考察を行った。

珪長質グラニュライトの主な構成鉱物はザクロ石、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、藍晶石、ジルコンである。PVの珪長質グラニュライト中のザクロ石は直径1mm未満の細粒なものが多い。一方、ZHの珪長質グラニュライトは直径5mm程の粗粒なザクロ石斑状変晶を多く含み、マトリクスには藍晶石の仮像と考えられるスピネル+斜長石のシンプレクタイト（Baldwin et al., 2015）も含む。

ザクロ石の化学組成はPV中の珪長質グラニュライトのものはコアからリムにかけてFeが増加し、Mgが減少する後退型累帯構造をもっているが、ZHのザクロ石で粗粒なザクロ石はコアからリムにかけてFeが減少し、Mgが増加する昇温型累帯構造を示した。また、ZHのザクロ石はグロシュラー含有量が高く（Xgrs > 0.16）、PVのものは低い（Xgrs < 0.16）傾向がある。

PVのマトリクス中の黒雲母のMg#は40-50付近であり、ザクロ石中の包有物は20-70と大きくばらつく。ZHのマトリクス中の黒雲母は60-70で、包有物の黒雲母は40-70にばらつく。どちらの黒雲母もフッ素と塩素を含む。PVでは、ザクロ石中の黒雲母のF量は0.2-1.2 apfu（総陽イオン価数=44において）であり、マトリクス中の黒雲母のF量は0.2-1.3 apfuである。Cl量はマトリクス中の粒子と包有物の両方とも0.03 apfu以下である。ZHでは、F量はマトリクス中の粒子と包有物の両方で0.1-0.8 apfuの範囲にわたり、Cl量はマトリクス中の黒雲母において0.02 apfu程度と少ないが、ザクロ石中の黒雲母では0.2-0.3 apfuと比較的多い。

地質温度圧力推定には、Grt-Bt温度計とGrt-Ky-Qz-Pl圧力計を使用した。PVではザクロ石のコアとマトリクスの黒雲母、包有物の斜長石を用いると、約2.2-2.5GPa、1000-1200℃といった推定値が得られた。ZHでは粗粒な昇温型累帯構造を持つザクロ石のリム、マトリクスの黒雲母、包有物の斜長石の組成を使用して求めると、約2.3GPa、1050℃の推定温度圧力が得られた。

PVでは昇温型累帯構造を持つザクロ石はなく、推定温度も1200℃近い高温が得られていることを考えると、PVの方がZHより高温にあった可能性がある。モデル系では黒雲母が不安定となる1000℃以上の温度が算出されているのは、FやClといった陰イオンが少なからず含まれていることで黒雲母が超高温でも安定となったためかもしれない。一方、算出された圧力は2.5GPa以下で超高圧条件には達しない値である。本研究地域の珪長質グラニュライトは超高圧条件まで達しないものの、それに近い高圧の変成作用を経験しているのだろう。

引用文献

Baldwin et al. (2015) J. Metamorphic Geol., 33, 311-330.
Carswell & O’Brien (1993) J. Petrol., 34, 427-459.

© 2022 Geological Society of Japan

Medaris et al. (2005) Lithos, 82, 1-23.
Perraki & Faryad (2014) Lithos, 202-203, 157-166.

Keywords: Bohemian Massif, granulite, garnet, biotite, pressure-temperature path

© 2022 Geological Society of Japan

Automation of peak-fitting procedure for estimating the experienced temperature from Raman spectra of carbonaceous material

*Shunya Kaneki[1], Yui Kouketsu[2]

1. Kyoto University, DPRI, 2. Nagoya University, Graduate School of Environmental Studies

地球内部における岩石の続成・変成過程を調べる上で、被熱温度は重要な情報である。炭質物は、堆積岩や変成岩中に普遍的に存在し、力学的な変形を受けていない場合は周囲の温度に対してその熟成度を不可逆的に変化させることから、有効な温度指標として広く用いられてきた。特に2000年代以降、ラマン分光法を用いた温度計の開発が盛んに行われており、その一つにKouketsu et al. (2014)が提案した地質温度計がある。彼らの温度計では、測定した炭質物ラマンスペクトルに対して疑フォークト関数およびローレンツ関数を用いた非線形最小二乗法によるピークフィッティングを行うことで、モデルパラメータの一つであるD1もしくはD2バンドの半値幅と被熱温度との線形関係から温度を推定することができる。しかし、ピークフィッティングを行う際のモデルパラメータの初期値を解析者が主観に基づいて設定する必要があるため、得られる結果が解析者に依存し、また解析に多大な時間と労力が必要であるという問題があった。 これらの問題を解決するため、本研究ではPythonを用いた炭質物ラマンスペクトルの自動ピークフィッティング手法を開発した。非線形最小二乗フィッティングの実行には、scipy.optimize.curve_fit関数を用いた。開発したコードを用いてKouketsu et al. (2014)が温度計を構築する際に用いたデータを再解析した結果、Kouketsu et al. (2014)と調和的な結果を得た。再解析で得られたピークの半値幅と被熱温度との関係が線形モデルで説明できると仮定し、それぞれの誤差を考慮した重み付きデミング回帰を行った結果、温度計が適用可能な温度範囲（150から400 ˚C）での95%予測区間は30から35 ˚C程度であることがわかった。

コードが他のデータセットに適用可能かを調べるため、Nakamura et al. (2019)およびKouketsu et al. (2021)で測定された炭質物ラマンスペクトルについてもコードを用いた再解析を行った。得られた結果は先行研究の報告値と95%予測区間の範囲内で調和的であったことから、本コードはKouketsu et al. (2014)のデータ以外にも適用可能であることが確認された。

Kouketsu et al. (2014)は、測定した炭質物ラマンスペクトルの特徴に応じて、Fitting AからGまでの七種類のフィッティング手法を使い分けることを提案している。このうち、温度計の適用範囲である150から400 ˚Cにおいては、Fitting CからGの計五種類の手法が用いられる。しかし、フィッティング手法の分類それ自体が解析者の主観を多分に含むため、本コードを用いて解析を行った場合でも、得られる解の一意性が数値誤差の範囲で担保されないという問題が残されていた。そこで、Kouketsu et al. (2014)のデータについて、Fitting CからGまでの五種類のフィッティング手法のいずれかを採用したコードによる自動解析を実施した。その結果、D2バンドの半値幅から計算された被熱温度は、採用する手法によってその値が95%予測区間を超えて変動することがわかった。D1バンドの半値幅から計算された被熱温度は、Fitting CもしくはDを用いた場合とFitting EからGのいずれかを用いた場合で、95%予測区間に収まらない差が存在することがわかった。ただし、後者の場合に推定された被熱温度は、先行研究での報告値と95%予測区間の範囲で調和的であった。これらの結果から、Fitting E・F・Gのいずれかの手法を採用したコードによる自動解析を行い、D1バンドの半値幅から被熱温度を計算すれば、フィッティング手法の分類による主観性が推定温度の誤差に及ぼす影響は支配的でなくなることが明らかとなった。

以上をまとめると、本研究では、Kouketsu et al. (2014)の炭質物ラマン温度計を用いるための自動解析コードを開発した。D1もしくはD2バンドの半値幅から計算した被熱温度の95%予測誤差は30から35 ˚Cであった。本コードはKouketsu et al. (2014)以外のデータにも適用可能であり、Fitting E・F・Gのいずれかの手法を採用したコードを用いてD1バンドの半値幅から温度を推定する場合、どの手法を用いても解析結果に重大な影響を及ぼさないことがわかった。

© 2022 Geological Society of Japan

参考文献
Kouketsu et al. (2014) Island Arc
Kouketsu et al. (2021) Journal of Metamorphic Geology
Nakamura et al. (2019) Island Arc

Keywords: Carbonaceous material, Raman spectrometry, Geothermometer, Peak fitting

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

[2oral401-11] T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

Chiar:Dan MATSUMOTO(AIST), Yuka YOKOYAMA, Yuya Yamaguchi(JAPEX)
Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:00 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T11-O-8] Comprehensive study of Suruga Bay -For understanding the Mechanisms of Sediment Transport.
*Yuka YOKOYAMA[1], Nozomi NAKAMURA[1], Izumi SAKAMOTO[1], Hisanori BABA[1], Asahiko TAIRA[2] (1. Tokai Univ., 2. IORD, Tokai Univ.)
8:45 AM - 9:00 AM

[T11-O-9] Sedimentary facies, paleosols, and chemical compositions of the upper Pleistocene and Holocene deposits in the Suwa Basin, central Japan
*Nozomi HATANO[1], Ritsuho KAWANO[2], Kohki YOSHIDA[2], Ryosuke FUKUCHI[3], Hiroyasu ASAHI[3], Ken SAWADA[3,4] (1. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University, 3. Graduate School of Science, Hokkaido University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University)
9:00 AM - 9:15 AM

[T11-O-10] Paleoclimatic reconstruction and evaluation for the sedimentary environment by biomarker analysis of the sediments from Lake Suwa, Japan
*Ryosuke FUKUCHI[1], Ken SAWADA[2], Hiroyasu ASAHI[1], Nozomi HATANO[3] (1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute)
9:15 AM - 9:30 AM

[T11-O-11] Formation of MIS 5c and 5a marine terraces in the eastern Kanto Plain
*Hiroko OKAZAKI[1], Hiroomi NAKAZATO[2], Toru TAMURA[3,4] (1. Fukada Geological Institute, 2. NARO, 3. AIST, 4. Univ. Tokyo)
9:30 AM - 9:45 AM

[2oral401-11-5add] Break
9:45 AM - 10:00 AM

[T11-O-12] Internal sedimentary structures of gravelly cyclic steps in the Miocene fan delta front deposits in the Yatsuo Area, Toyama Prefecture
*Takeshi NAKAJIMA[1] (1. Geological Survey of Japan, AIST)
10:00 AM - 10:15 AM

[T11-O-13] Experimental study for construction of cyclic steps by surge-turbidity currents and grain-size distribution
*Miwa Yokokawa[1], Ren Nagano[1], Kazuma Matsunami[1], Atsuki Fukuoka[1] (1.

©The Geological Society of Japan

Osaka Institute of Technology)
10:15 AM - 10:30 AM

[T11-O-14] The morphodynamics of downstream alluvial systems during non-deltaic transgression: Autostratigraphic theory and tank experimentation

*Tetsuji MUTO[1], Junhui WANG[2,3] (1. Department of Environmental Sciecnce, Nagasaki University, 2. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), 3. College of Geoscience, China University of Petroleum (Beijing))
10:30 AM - 10:45 AM

[T11-O-15] Temporal transformation trend of submarine-fan morphology and its controlling factors

*Osamu TAKANO[1], Shuichi TOKUHASHI, Takeshi NAKAJIMA[2] (1. JAPEX, 2. Geological Survey of Japan, AIST)
10:45 AM - 11:00 AM

[2oral401-11-10add] Break
11:00 AM - 11:15 AM

[T11-O-16] ‘Chemosedimentary sequence’ of the turbidite: Examples of the Kawabata Formation in central Hokkaido

*KEN SAWADA[1], Hiroyasu ASAHI[1] (1. Faculty of Science, Hokkaido University)
11:15 AM - 11:30 AM

[T11-O-17] Relationship between sorting and porosity of sandstones in the Pleistocene Kitaura Formation at the Oibanazaki outcrop, Akita Prefecture, Japan

*Takanori Noguchi[1], Shun Chiyonobu[1], Hiroyuki Arato[1], Koudai Satou[2], Hirokazu Madokoro[2], Takeshi Nagayoshi[2] (1. Graduate School of International Resource Sciences Akita Univ. (Division of Earth Resource Science), 2. Akita Prefectural Univ.)
11:30 AM - 11:45 AM

[T11-O-18] Formation of dolomite concretion during the Pleistocene "Chinen Disturbance" event caused by dissociation of methane hydrate offshore Okinawa-Jima

*Ryo MATSUMOTO[1], Lika TAKEUCHI[2], Hiroshi NAKAGAWA[3], Tokiyuki SATO[4], Yasufumi IRYU[5], Hiroki MATSUDA[6], Junko KOMATSUBARA[7], Michio SATO[8], Satoshi YAMAMOTO[9] (1. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. GEOWINDOW Co. Ltd., 4. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 5. Dept of Earth Science, Faculty of Science, Tohoku University, 6. Faculty of Science, Earth Sciences Course, Kumamoto University, 7. AIST, 8. Meiji University, School of Agriculture , 9. Ryukyu University Faculty of Physics and Earth Sciences)
11:45 AM - 12:00 PM

©The Geological Society of Japan

Comprehensive study of Suruga Bay -For understanding the Mechanisms of Sediment Transport.

*Yuka YOKOYAMA[1], Nozomi NAKAMURA[1], Izumi SAKAMOTO[1], Hisanori BABA[1], Asahiko TAIRA[2]

1. Tokai Univ., 2. IORD, Tokai Univ.

堆積物を浅海から深海底に運搬するメカニズムの一つとして，混濁流の存在が知られている．混濁流を発生させるトリガーとしては，地震性の海底斜面の崩壊，前進するデルタの斜面崩壊，および河口へ流出する洪水によるものなどが知られているが，発生予測が難しいことに加え，海底への安定した機器設置が難しいことから実海域観測によって確認した報告は少ない．
駿河湾は，湾奥・西部から4つの一級河川（狩野川，富士川，安部川，大井川）が流入し，大雨や台風時に，それぞれの河口から砕屑物を含む濁水が流入する様子が，衛星・航空写真から観察されている．実際に，駿河湾奥部富士川沖では，台風前後に採取されたコア試料を比較した結果，特徴の異なる堆積物が確認され，この変化は台風による洪水流の影響によると推定された（西田・池原，2016）．2018年台風24号通過時には，駿河湾奥部を東西に横断するように設置した海底地震計が複数台急浮上，および海底面上を約0.8 km移動したことが報告され，台風による富士川洪水起源の混濁流の影響を受けたものと推察された（馬場ほか，2021）．このように駿河湾では，大雨・台風に伴う洪水による混濁流の発生，それに伴う堆積物移動が多く起きている可能性が考えられ，洪水性混濁流の実観測・メカニズム解明に適した海域であるといえる．そこで，駿河湾において，洪水起源混濁流の実観測と発生・堆積物運搬機構の解明を目的とし，総合的な観測を開始した．本発表では，富士川沖を中心に駿河トラフに沿って行った，海洋地質学的調査（海底地形，底質分布，海底観察映像など）の結果と，今後の総合観測の展望を報告する．
　海底地形および後方散乱強度から，富士川沖は粗粒堆積物の分布を示す強反射面が南北方向に発達する様子が明瞭に確認され，水深約1400 mまで認められた．これらの反射面分布を基に，富士川河口を始点とし駿河トラフ沿いを南北方向に，表層堆積物（水深約110～2500 m，河口から約1～60 km）を採取した．海底観察映像および採取された試料から，ほぼすべての観測点で極表層は泥質堆積物からなる．その下位層は河口から約10 km(水深約1300 m)までは，主に中粒砂の砂質堆積物からなり，水深約1200 m以深ではサブコア（長さ平均約10 cm）の軟Ｘ線写真からラミナが認められる．その沖合（河口から約13 km，水深約1400 m)では，泥質堆積物からなるが砂質泥層を狭在し，軟Ｘ線写真からラミナの発達が確認される．岩相，粒度変化と合わせ，泥層・砂礫層の互層となっていることが認められ，これらはイベント性堆積物と通常時堆積物の違いを示しているものと推察された．また，河口から約7 km（水深約1000 m）までは，約数～数10 cmの円摩度の高い礫が確認される．これらの礫は，その礫種から主に富士川流域に分布する礫と推察される．さらに，2021年台風16号の通過後の調査では，河口から約7 km(水深約1075m)の海底で，河口域に分布するミズクサの一種が新鮮な状態で確認され，台風時の洪水によって運搬された可能性が考えられた．したがって，少なくとも富士川沖の約13 kmまでは，洪水などのイベントによって，堆積物を含む様々な物質が運搬されることが明らかになった．
　さらに沖合の湾口部（水深約2500 m，河口から60 km）では，表層堆積物および海底観察映像から，表層は含水率の高い泥質堆積物からなり，その下位に砂礫質堆積物が分布している．この含水率の高い表層の泥質堆積物から，運搬されてから時間が経過していない，または常に流動している場所であることが推察された．これらの堆積物は，海洋性プランクトンを多く含み，富士川沖堆積物（淡水プランクトン，砕屑物）とは明らかに組成が異なる．これらは，富士川河口を始点とした洪水性混濁流が，湾口方向へ流下するにしたがって，海域堆積物を取り込んで運搬した結果，または駿河湾内の別地点より運搬された可能性も推察されるが，現時点では不明である．
　今後，河口を出発した洪水起源混濁流がどのように堆積物を運搬し，堆積させるのか，そのメカニズムを明らかにすべく，台風前後の堆積物特徴・分布把握と共に，係留システム（流速計・セディメントトラップ・濁度計・カメラなど）を富士川沖から湾口へ向かう各水深に設置し，混濁流の実観測に取り組む．また，モーションセンサー内蔵の自己浮上式海底設置型混濁流観測装置の開発も進めている（中尾ほ

© 2022 Geological Society of Japan

か，2022）．今後、海洋地質学，物理学，化学，生物学などを総合的した混濁流観測と堆積物の分析に取り組む予定である．
[引用文献]西田・池原(2016)海陸シームレス地質情報集，S-5. 馬場ほか(2021)地震，73, 197-207. 中尾ほか(2022)JPGU2022,MIS16-P05.

Keywords: Suruga Bay, Sediment Transport, Turbidity Current, River Flood

© 2022 Geological Society of Japan

Sedimentary facies, paleosols, and chemical compositions of the upper Pleistocene and Holocene deposits in the Suwa Basin, central Japan

*Nozomi HATANO[1], Ritsuho KAWANO[2], Kohki YOSHIDA[2], Ryosuke FUKUCHI[3], Hiroyasu ASAHI[3], Ken SAWADA[3,4]

1. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2. Faculty of Science, Shinshu University, 3. Graduate School of Science, Hokkaido University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

はじめに：諏訪盆地は，中部日本の山間に位置する構造性盆地である．この盆地を埋積する上部更新統は，約1.5〜3.0 m/千年と早い堆積速度を示すことから[1, 2]，短い時間スケールでの環境変動の記録媒体として期待できる．また，諏訪盆地は，冬に寒冷・乾燥化し，年間日照時間が長く，年較差と日較差の大きい内陸性気候に特徴づけられる．これより，諏訪盆地の堆積物は，気候変動，特に日射量の変動や乾燥・寒冷化に対して鋭敏に反応したことが期待できる．今回，諏訪盆地で得られた沖積堆積物コアを対象に，堆積学・古土壌学的記載を行うとともに，湖成泥質堆積物の主要元素組成を検討した．特に本発表では，最終氷期末〜完新世の珪藻質泥・古土壌シーケンスに記録された数百年〜数千年スケールでの湖水位の変動を報告する．
コアの概要：本研究では，諏訪湖の南岸で得られた堆積物コア２本（ST2020コア，最深部の較正年代：約26.7 cal kyr BP；SK2021コア，最深部の較正年代：約20.2 cal kyr BP）を対象とする．両コアともに，掘削長30.0 mであり，礫，砂，泥，珪藻質泥，火山灰，泥炭から構成される．コアの年代ー深度モデルは，植物片の放射性炭素年代（AMS^{14}C）を用いて構築した．
堆積システムと古土壌：粒度，堆積構造などの堆積学的特徴と根化石，集積粘土，粘土被膜などの古土壌学的特徴，TOC, TNをもとに，堆積ユニットを区分し，堆積システムを解釈した．掘削地点によって堆積システムの移行期に1〜2 kyrの時差があるものの，両コアともに下位より，蛇行河川システム，沼沢地・湖システム，デルタシステムへと堆積システムが変化したことを示す．特に，両コアともに，約12.5 cal kyr BPから完新世にかけて，湖システムが卓越したことを示す．蛇行河川システムでは，砂礫層と砂層が優勢であり，B層の発達を証拠づける褐色系土色・集積粘土を伴う古土壌を複数挟在する．沼沢地・湖システムでは，珪藻質泥，泥炭層，泥層が卓越し，細根化石と粘土被膜を伴う古土壌を複数挟む．本システムの堆積ユニット上部（約7.0〜5.7 cal kyr BP）は，珪藻質泥が卓越し，C/N 比が全層準の中で最も低く，古土壌を挟まないことから，最も深い湖の層相を表す．デルタシステムでは，礫層，砂層，泥炭層からなる上方粗粒化・厚層化・黒色化サクセッションに特徴づけられ，古土壌が発達する上部においては離水したことを示す．
全岩化学組成：沼沢地・湖システムとデルタシステムの泥層から，10〜15 cm間隔で泥質試料を採取し，全岩での主要元素組成分析を行った．SiO_2濃度は，約13.9〜2.2 cal kyr BPにおいて数百〜千年スケールで増減し，古土壌で低く珪藻質泥で高い．珪藻質泥におけるSiO_2濃度は，現世の諏訪湖流入河川の懸濁泥[3]と比べても高い値であり，珪藻由来であることを示す．
議論：湖システムの泥質堆積物に挟まれる古土壌は，陸上での風化曝露を示し，短期間での湖水位の低下イベントを意味すると考えられる．高SiO_2濃度を示す珪藻質泥と古土壌の互層は，約12.5 cal kyr BP以降において，湖水面が短い時間スケールで上下変動していたことを示す．特に，湖水面が低下したと考えられる約9.8 cal kyr BP，約8.5〜8.0 cal kyr BP，約7.8 cal kyr BPは，諏訪盆地北西縁をはしる岡谷断層の活動時期[4, 5]やボンド・イベント[6]と一致する．一方，深い湖の層相を示す約7.0〜5.7 cal kyr BPは，完新世中期の最温暖期[7, 8]に相当する．諏訪盆地埋積物における珪藻質泥・古土壌シーケンスが示す湖水面の変動は，北半球規模の広域的な気候変動や断層活動に伴う局地的な地形変動によって引き起こされた可能性がある．

引用文献：[1]山崎ほか, 1988, 科学技術庁研究開発局, pp. 129–137. [2]安間ほか, 1990, 地質学論集 36, 179–194. [3]葉田野, 印刷中, 長野県環境保全研究所報告 18. [4]東郷ほか, 1988, 活断層研究 5, 3–10. [5]山崎

© 2022 Geological Society of Japan

ほか, 1991, 科学技術庁研究開発局, pp. 69–79. [6]Bond et al., 1993, Nature 365, 143–147. [7]Xiao et al., 2004, Quaternary Science Reviews 23, 1669–1679. [8]Park et al., 2019, Scientific Reports 9, 10806.

Keywords: alluvial deposit, inland basin, paleosol, migration of shoreline, sediment core

© 2022 Geological Society of Japan

Paleoclimatic reconstruction and evaluation for the sedimentary environment by biomarker analysis of the sediments from Lake Suwa, Japan

*Ryosuke FUKUCHI[1], Ken SAWADA[2], Hiroyasu ASAHI[1], Nozomi HATANO[3]

1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute

[はじめに]近年、湖沼において古環境・古気候復元が広く行われているが、年縞堆積物などの層相が比較的均質の泥・シルト層がおもに研究されている。一方で湖沼は湖水面積の拡大縮小に応じて河川域や湿原などの環境に遷移しやすく、その堆積相・堆積環境が大きく変化する。そのような多様で非定常的な堆積物から古環境・古気候を復元することは難しいながらも、重要な情報源になり得る。さらに多様な堆積過程をとおした環境情報が記録されている可能性もある。本研究では長野県諏訪湖で採取された堆積物コアを用いて、多様な堆積相に対応したバイオマーカー分析を行い、古環境・古気候変動の復元および堆積環境の評価を試みた。
[試料と方法]本研究では2020年に諏訪湖湖岸域で採取された堆積物コアST2020を用いた。コアの年代は^{14}C年代測定により決定し、コア最下部が約2.7万年前である。コア試料は1～２cm層厚で採取し、凍結乾燥後に外側を取り除いて粉末にした。粉末試料から抽出した溶媒をカラムで分けた画分ごとにGC-MSを用いてバイオマーカー分析を行った。コアST2020では堆積学的な調査によって下層から氾濫原相、沼沢相、湖成相、デルタ相など堆積環境が大きく変化したことが推定されている(葉田野ほか, 2022)。
[結果と考察]堆積物試料からは、植物ワックス由来の長鎖*n*-アルカン、菌類起源と考えられるペリレン、植物テルペノイドであるα-アミリン、β-アミリン（被子植物起源）、デヒドロアビエチン酸（DAA; 針葉樹起源）が検出された。*n*-アルカン奇数鎖優位指標（CPI）は湖成相において低い値、氾濫原相、デルタ相において高い値をとった。特に葉田野ほか (2022)によって古土壌の形成が確認されている層では顕著に低い値となった。古土壌層では一時的に湖水位が下がり、地表が露出したことで土壌形成作用を受けた。そのため、CPIが顕著に低下したのだと考えられる。TOCあたりペリレン量は湖成相において低い値をとり、氾濫原相、デルタ相においてはより高い値をとった。後者の堆積環境では周辺環境からの堆積物の運搬が盛んであり、陸上起源の菌類の寄与率が高くなったのだと考えられる。植物テルペノイドの濃度は下層の沼沢相、氾濫原相、湖成相において低い値をとり、デルタの拡大期に顕著に高い値をとった。デルタの拡大期に砕屑物の流入が増大するとともに、後背地からの植物由来成分の運搬が促進されたのだと考えられる。DAAとβ-アミリンの比を針葉樹の寄与率の指標としたが、DAA/β-アミリン比は湖沼相において低い値をとり、1.8ka、1.3ka、4kaにおいて高い値をとった。これらの高い値を示した時期は諏訪湖や集水域である霧ヶ峰での花粉分析の結果(安間ほか 1990, Yoshida et al., 2016)でマツ属などの針葉樹花粉が多産する時期と一致した。DAA/β-アミリン比の変動は堆積環境の変化よりも古植生変動を反映していると考えられる。その他のバイオマーカーごとに堆積環境による変動には差異があったが、それらの差異は堆積過程や供給源変化の解明に有用であると考えられる。

[引用文献]
葉田野ほか (2022) JpGU2022
安間ほか (1990) 地質学論集, 36, 179-194
Yoshida, A. et al., (2016) Vegetation History and Archaeobotany, 25, 45-55

Keywords: biomarker, Lake Suwa, Last Glacial Period, mountain lake, Sedimentary environment

© 2022 Geological Society of Japan

Formation of MIS 5c and 5a marine terraces in the eastern Kanto Plain

*Hiroko OKAZAKI[1], Hiroomi NAKAZATO[2], Toru TAMURA[3,4]

1. Fukada Geological Institute, 2. NARO, 3. AIST, 4. Univ. Tokyo

関東平野には最終間氷期（海洋酸素同位体ステージ（MIS）5e）の海成段丘が広く分布し，その標高分布から最終間氷期以降の段丘を形成した全体的隆起と，地域的な隆起域や沈降域の存在が示唆されている（貝塚，1987）．これらの地形面の対比には火山灰層序が用いられた（町田，1971；杉原，1970など）．しかしながら関東平野東縁に位置する千葉県飯岡台地や茨城県鹿島台地や行方台地などでは指標テフラの認定が十分ではなく，その対比は地形面の連続性によるところが大きかった．近年，新たに火山灰層序とOSL年代値を組み合わせた層序の再検討から当該地域には，MIS5cと5aの海成層が分布することが明らかになった（中里ほか，2016；田村ほか, 2021）．飯岡台地では，段丘面は２つの海水準変動の高海水準期から低海水準期にかけて発達した海岸システムの前進からなり，これにより当地域のMIS5c以降の隆起速度が求められた（Okazaki et al., 2022）．鹿島台地や行方台地においても同様に外浜ー海浜，砂丘の堆積物が認められた（図）．本報告ではそれぞれの台地の堆積相の相違からこれらの海成段丘の形成過程について考察する．

引用文献

貝塚爽平, 1987, 地学雑誌, 96, 51-68．町田 洋, 1971, 第四紀研究，10, 1-20．中里裕臣・奈良正和・岡崎浩子・水野清秀・伊藤久敏, 2016, JpGU2016大会講演要旨, HQR15-P08．Okazaki H., M. Nara, H. Nakazato, A. Furusawa, K. Ito, T. Tamura, 2022, Quaternary Science Reviews, 285, 107507．杉原重夫, 1970, 地理学評論, 43, 703–718．田村亨・岡崎浩子・中里裕臣・納谷友規・中島 礼, 2021, 日本堆積学会2021年大会, オンライン.

Keywords: Late Pleistocene, eastern Kanto Plain, marine terraces, MIS 5c and 5a

© 2022 Geological Society of Japan

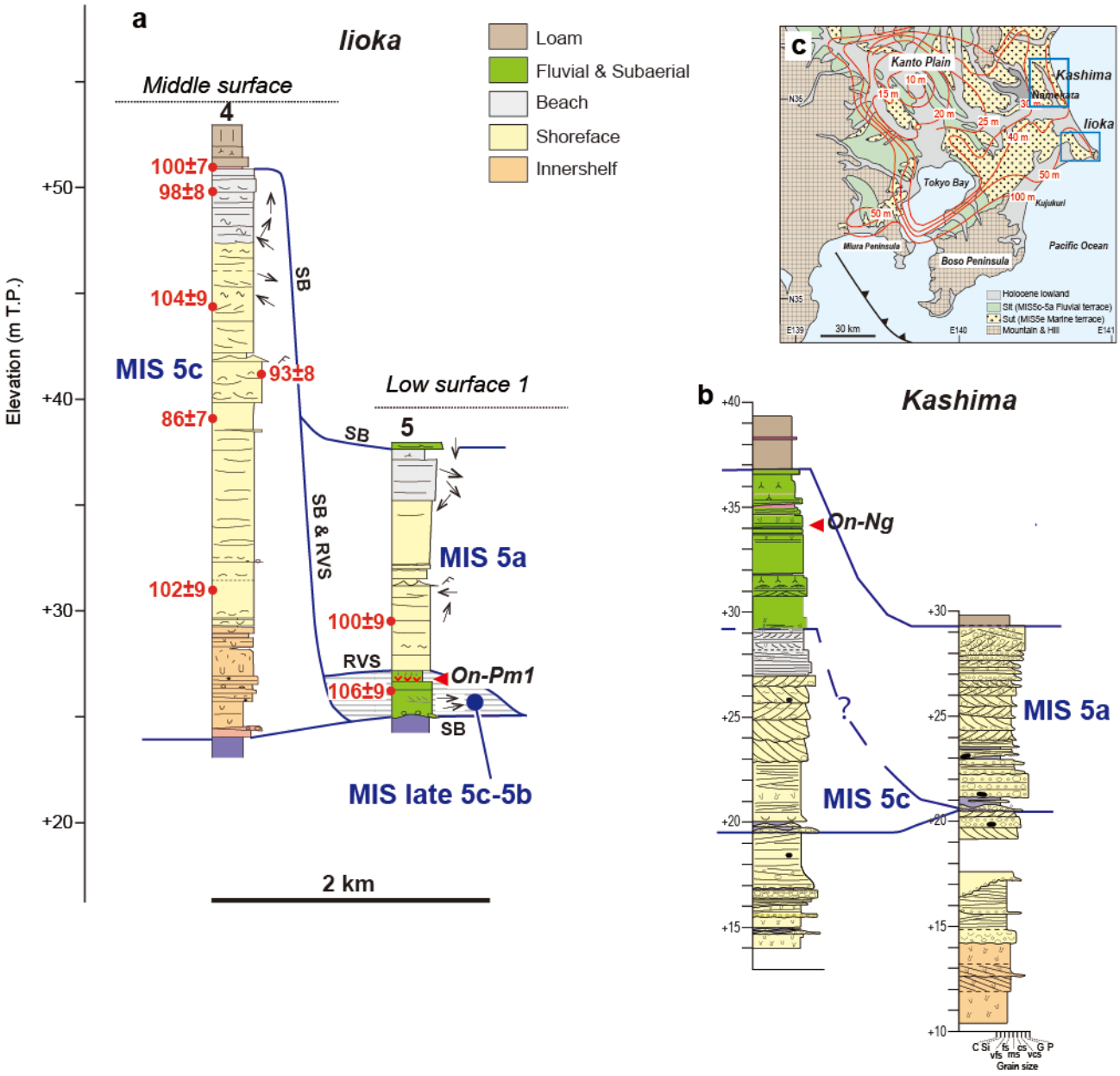


図　飯岡台地（a）と鹿島台地（b）の MIS 5c と 5a の堆積相．（a）：Okazaki et al., 2022，（b）：田村ほか，2021 および（c）：貝塚，1987 を改変．

© 2022 Geological Society of Japan

9:45 AM - 10:00 AM (Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:00 PM oral room 4)

[2oral401-11-5add] Break

©The Geological Society of Japan

Internal sedimentary structures of gravelly cyclic steps in the Miocene fan delta front deposits in the Yatsuo Area, Toyama Prefecture

*Takeshi NAKAJIMA[1]

1. Geological Survey of Japan, AIST

混濁流によるサイクリックステップのうち、海底チャネル自然堤防上の細粒サイクリックステップ（セディメントウェーブ）の内部堆積構造については、富山深海長谷自然堤防上のセディメントウェーブのコアを用いてタービダイト単層の層厚・堆積構造・粒度の詳細な側方変化が報告されている（Nakajima and Satoh, 2001; Sedimentology, 48, 435-463）。一方、ファンデルタ前面斜面や海底谷底の粗粒サイクリックステップでは、海底でのコアリングが難しいため、その内部構造の観察については地層の露頭観察によるしかないが、地層堆積当時の海底地形や堆積環境について確度を持って復元することは通常難しい。本発表では、富山深海長谷最初期の礫質ファンデルタ堆積物中に見いだされた礫質サイクリックステップの内部堆積構造の特徴について報告する。富山県八尾地域には、リフトの堆積物である八尾層群(17.5-15.2 Ma)を不整合で覆い、主として浅海成砂岩からなる天狗山層(ca, 15 Ma)が分布する。天狗山層下部は和田川橋礫岩部層と呼ばれる礫質ファンデルタのデルタフロントの堆積物からなる（中嶋ほか、2019; 地質学雑誌, 125, 483-516）。八尾地域の南端は、リフト期には富山トラフリフトの最南端の東西方向北落ちの境界断層付近に位置していたと考えられる（中嶋ほか、2021; 地質学雑誌, 127, 165-188）。和田川橋礫岩部層は15 Ma付近のリフティングの終了と隆起テクトニクスへの転換により、富山トラフが南端から埋め戻され始めた頃のリフト境界断層沿いの急斜面に形成されたファンデルタのデルタフロント堆積物で、現在の黒部川扇状地前面海底斜面と同様の地形・堆積環境が推定される。観察を行った和田川橋礫岩部層の露頭は、層厚0.2-2 mの礫支持中礫岩と層厚0.4 m以下の砂岩との互層である。この露頭には次の5種類の堆積相が認められた。G1：バックセット礫岩：層厚2 m以上の塊状礫支持中礫岩が上流側に傾斜するバックセット面で下位の砂岩を0.5 m程度削り込む。層厚20 cmの小規模なものもある。G2：平行層理（塊状）礫岩：層厚0.15-1 mの塊状礫支持中礫岩で、露頭規模では層厚変化が小さく、下位層の浸食も軽微である。北向きの古流向を示す礫のインブリケーションを示すことがある。S1：バックセット砂岩：層厚15-40 cmの砂岩層で、上流側に傾斜するバックセット葉理を持つ。上位に平行層理砂岩(S2)を伴うことが多い。S2：平行層理砂岩：層厚20-40 cmの細粒～粗粒砂岩で、平行層理が発達するTb砂岩。多くはバックセット砂岩S1上に重なる。側方に小規模なバックセット礫岩G1に移化し、下位層を浸食することがある。S3：フォアセット砂岩：礫岩を1 m程度削り込んだScourの上流側斜面に、下流側に傾斜する平板型斜交葉理の発達する砂岩で、3 cm程度の層厚の葉理の中で細礫岩から中粒砂岩へと級化する。サイクリックステップの水路実験結果（Ono et al. 2021; Sedimentology, 68, 1328-1357）や既存の堆積相モデル(Postma and Cartigny, 2014; Geology, 42, 987-990；Postma et al. 2014; Sedimentology, 61, 2268-2290)と比較すると、バックセット礫岩G1及びバックセット砂岩S1は、hydraulic jumpの上流進行によりサイクリックステップのstoss sideに堆積したバックセット構造と解釈され、フォアセット砂岩S3はhydraulic jumpによるScourの上流側斜面にできた下流傾斜の葉理と解釈することができる。平行層理砂岩S2は、バックセット砂岩S1に累重し、バックセット礫岩G1に側方相変化することから、サイクリックステップのクレストからlee sideでsuspensionまたはtraction carpetにより堆積したと推定される。平行層理（塊状）礫岩G1は、同様にサイクリックステップのクレストからlee sideで主にtractionにより堆積したものであろう。和田川橋礫岩部層で観察された粗粒（礫質）サイクリックステップは、黒部川扇状地のファンデルタフロントの水深10m以深の谷筋に観察された波長20-40 mのベッドフォーム（斎藤、2001; 月刊地球号外、32, 56-60）と同様の堆積環境（礫床、急傾斜～10°）で堆積したと推定され、礫質ファンデルタのデルタフロントに発達するサイクリックステップの内部堆積構造を代表していると考えられる。

Keywords: cyclic steps, conglomerate, Miocene, turbidity current, sedimentary structure

© 2022 Geological Society of Japan

Experimental study for construction of cyclic steps by surge-turbidity currents and grain-size distribution

*Miwa Yokokawa[1], Ren Nagano[1], Kazuma Matsunami[1], Atsuki Fukuoka[1]

1. Osaka Institute of Technology

混濁流によってデルタ斜面や海底谷近辺にセディメントウェーブが形成されることが知られている．富山深海長谷では，自然堤防上に混濁流の溢れ出しによって形成されたと考えられるセディメントウェーブがあり，これを構成するタービダイトの最粗部の粒度を比較すると，場所によって上流側斜面の粒度が下流側斜面に比べて粗い場合もあれば，逆の傾向になることもある(Nakajima & Satoh, 2001)．また，サージ的混濁流によってサイクリックステップを形成する実験（藤田ほか，2019)でも，条件により上流側と下流側の粒度の大小が変わった．混濁流によるサイクリックステップの形成過程やその粒度分布については，実験例が少なく，詳細はわかっていないことが多い．そこで本研究では実験水路でサージ的混濁流によってサイクリックステップを形成し，その粒度分布を詳細に調べた．

本実験では，長さ7.6m，幅0.3m，高さ1.2mの水槽の中に，長さ7m，幅8cm，高さ50cmの水路を勾配7°で設置した．また，サイクリップステップが形成されやすいようにアクリル板で上流端に傾斜7°の斜面（長さ180cm）を設置した．塩水(密度1.16g/cm^3)と2種類のプラスチック粒子を重量比20：1：1の割合で自動攪拌機を用いて混ぜ合わせてヘッドタンクから供給し，混濁流を発生させた．プラスチック粒子の粒度範囲は，粒径75-150μmと180-325μmである． 1回のサージは3秒間で，流量約17.7Lを141回流した．その結果，2つのステップが形成された．上流側のステップの波形勾配は0.06であった．

141回流した後の堆積物表面では中央粒径は下流側に向かうほど大きくなる傾向が見られた．また，上流側のステップ1では上流側斜面より下流側斜面の方が粗い傾向がある一方で，下流端近くに位置するステップ2では上流側斜面の方が粗い傾向がある．初期状態での混濁流中の浮遊砂の濃度と粒度を上流端から400cm，590cm地点で調べた結果，混濁流の底面付近の浮遊砂の中央粒径は，ヘッドでは400cm，590cm地点ともにおよそ230μm，ボディーでは400cm付近でおよそ220μm，590cm付近でおよそ160μmであった．堆積物表面の中央粒径と比較すると，上流端から400cm付近ではボディーの浮遊砂の中央粒径と近く，560cm付近ではヘッドの底面付近の浮遊砂の中央粒径と近かった．

いずれのステップでも上流側斜面で流れの厚さが増すが，下流側に位置するステップ2の方が，流れの厚さの増加度合いが大きく，増加と共に周囲水の巻き込みがみられるなどヘッドの減速が示唆される．堆積物表面や混濁流中の浮遊砂の粒度分析結果を合わせて考えると，上流側のステップ1ではヘッドの流速が大きくヘッドに含まれる浮遊砂はバイパスしてボディーから堆積が起きたのに対し，下流側のステップ2では，ヘッドの流速が落ちてヘッドの浮遊砂から堆積が起きたと推定される．水路全体の下流粗粒化の傾向も，このような上流側でのヘッドの浮遊砂のバイパスにより説明できると考えられる．

引用文献

藤田和典ほか, 2019, 日本地質学会第126年学術大会（2019年山口大会）講演要旨.

Nakajima, T., and Satoh, M., 2001, Sedimentology, 48, 435-463.

Keywords: cyclic steps, surge-turbidity currents, grain-size distribution, flume experiment, upper flow regime

© 2022 Geological Society of Japan

The morphodynamics of downstream alluvial systems during non-deltaic transgression: Autostratigraphic theory and tank experimentation

*Tetsuji MUTO[1], Junhui WANG[2,3]

1. Department of Environmental Sciecnce, Nagasaki University, 2. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), 3. College of Geoscience, China University of Petroleum (Beijing)

海水準上昇のもとで成長過程にある下流域沖積系にはデルタ堆積作用を持続することのできる面積の限界A_{crt}が存在する．海水準上昇開始前までにA_{crt}を十分に超えている沖積-デルタの場合，上昇開始と同時に非デルタ性海進沖積系に遷移する．これらはオート層序学の基礎的知見であるが(Muto, Steel & Swenson, 2007 JSR)，この海進のもとでの沖積系を支配するモルフォダイナミクスについて．理論的考察をさらに進め，水槽実験で検証してみた．

相対的海水準(もしくは基準面)の上昇速度R_{blr}，上流側からの堆積物供給速度Q_s(体積/時間)とすると，オート層序学的長さスケールは$\Lambda_{3D} = (Q_s/R_{blr})^{1/2}$で与えられる．$A_{crt}$は$\Lambda_{3D}$の２乗におおよそ等しい($A_{crt} \sim \Lambda_{3D}^2$)ことから，下流域沖積系の面積$A$を$\Lambda_{3D}^2$で無次元化($A^* = A/\Lambda_{3D}^2$)して扱えば，同様に，$A_{crt}^* = A_{crt}/\Lambda_{3D}^2 \sim 1$となる．海水準上昇に先立って下流域沖積系が$A_{crt}$を大幅に超えてデルタを成長させていたならば($A^* >> 1$)，上昇開始とともに非デルタ性海進が必然的に起こる．この海進のもとで沖積系は縮小し続け，その面積はA_{crt}へ漸近していく($A^* \rightarrow 1$)．Q_sが時間的に不変であるならば，沖積系全体の埋積速度$R_{agg_overall}$はAと反比例の関係にある．$R_{agg_overall}$をR_{blr}で無次元化した$R_{agg_overall}^*$($= R_{agg_overall}/R_{blr}$)は$A^{*-1}$に等しい．縮小し続ける沖積系は，最終的に，$A^*$($\sim 1$)と$R_{agg_overall}^*$ (~ 1)が変化しなくなるモルフォダイナミクス上の平衡状態に到達する．沖積系面積の一部を占めるに過ぎない沖積チャネルの埋積速度$R_{agg_channel}$は$R_{agg_overall}$よりも格段に大きな値をとりうる．$R_{agg_overall}^*$が1へ漸近する過程で，$R_{agg_channel*}$は1を超えて増大しうる．すなわち，沖積チャネルは氾濫やアバルジョンを生じやすくなり，一層不安定化する．

長崎大学のマルジ系実験水槽を使用して，全８ランの実験シリーズを実行した．この実験シリーズでは，基盤地形，初期水深，初期堆積地形(静止水位のもとで生成したデルタ)のサイズA_o($>> \Lambda_{3D}^2$)，堆積試料，Q_s，水流量Q_wを，全ランを通じて固定し，水位上昇速度R_{blr}だけをラン毎に変えた．実験結果およびチャネルマッピングを含む解析結果は次のように要約される．(1)水位上昇開始とともに，それまでのデルタ性海退が非デルタ性海進に転換した．(2)海進の間，沖積系は縮小し続け，また埋積速度$R_{agg_overall}$は増加し続け，最終的にモルフォダイナミクス上の平衡が実現した($A^* \sim 1$, $R_{agg_overall}^* \sim 1$)．(3)沖積チャネルは，海進早期においては埋積速度が小さく，側方へも移動せず，安定した状態を生じやすい ($A^* >> 1$, $R_{agg_channel}^* << 1$)．しかし，海進後期においては埋積速度が大きく，頻繁に側方移動するチャネルがオートステップ(Muto & Steel, 2001 Geology)を発達させる傾向を強める($A^* \sim 1$, $R_{agg_channel}^* > 1$ or $>> 1$)．(4)より大きなΛ_{3D}のもとでは，チャネル安定期からチャネル不安定期への移行がより早いタイミングで実現しやすい．(5)モルフォダイナミクス上の平衡が実現するのに要する時間は$A_o^{1/2}$に比例する．

オート層序学理論とそれを裏付ける実験結果から，天然デルタの存亡の理解に関わるヒントが得られた．後氷期海進の末期になるまでデルタが存在しなかった(Stanley & Warne, 1994 Science) のは，それに先立つ低海水準期のデルタが陸棚外縁付近まで延伸し，その時の沖積系面積がΛ_{3D}^2を大幅に超えていたからであろう(e.g., Wang, Tamura & Muto, 2019 Geology)．その後の海水準上昇の開始に伴い非デルタ性海進が起こり，沖積系の面積はΛ_{3D}^2へ向けて縮小したはずである．現世デルタを造っている沖積系は低海水準期のそれより遥かに小さいが，それでも現下の海水準上昇とその加速傾向に鑑みれば厳しい未来が待っているかもしれない．IPCC WG1(2021)AR6 SPMの中で示されているCO_2排出量が非常に多いシナリオ(SSP5-8.5)を想定するなら，急激な海水準上昇(e.g., $R_{blr} = 0.57–2.4$ cm/年)のもと，西暦2300年までに現世デルタの大半が非デルタ性海進系に転換している可能性を否定できない．

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: autostratigraphy, sea level rise, river delta, alluvial channel, dynamic equilibrium, non-equilibrium response

© 2022 Geological Society of Japan

Temporal transformation trend of submarine-fan morphology and its controlling factors

*Osamu TAKANO[1], Shuichi TOKUHASHI, Takeshi NAKAJIMA[2]

1. JAPEX, 2. Geological Survey of Japan, AIST

経緯・目的：1980年代後半以降，海底扇状地の形態タイプに関する議論が盛んに行われ，砂質ラジアルファンや泥質チャネルレビーシステムなどの様々なバリエーションが存在することが明らかにされてきた（例えばReading and Richards, 1994）。これらの海底扇状地形態タイプは，各々の海底扇状地の生成から消滅までの長期過程において，全く変化しないのであろうか。シーケンス層序学の議論の中では，相対的海水準変動によって形態変化が起こりうることがモデル化されているが(例えばbasin floor fan→slope fan；Posamentier et al., 1988など)，相対的海水準変動サイクルよりさらに長い地質学的期間（例えば複数の累層形成期間）においては，海底扇状地の形態タイプになんらかの変化傾向があるのであろうか。あるとしたら，複数の海底扇状地に共通な変化傾向を示すのであろうか。それとも，地質セッティングに支配されて，ケースバイケースの変化をするのであろうか。さらに，これらの変化傾向は何が要因となるのであろうか。本研究では，これら諸点の解明を目的として地質時代の海底扇状地事例の検討を行った。
検討手法：本研究では，ある地域における海底扇状地システムの発生から消滅まで，あるいは現世までのある程度長期間(200万年～1,000万年スケール)にわたって発達した海底扇状地群を複数選定し，形態タイプの長期変化傾向を検討した。検討を行った海底扇状地は，日高前縁盆地海底扇状地群（中新世～更新世），下北沖海底扇状地（更新世），富山深海長谷（中新世～現世），東海沖～熊野灘海底扇状地群(鮮新世～更新世)，清澄～安野海底扇状地(鮮新世)，新潟堆積盆田麦川トラフ充填タービダイト(鮮新世)，新潟堆積盆難波山海底扇状地(中新世)，新潟堆積盆北蒲原海底扇状地群(鮮新～更新世)，メキシコ湾岸海底扇状地群(暁新世)である。これらの形状変化傾向把握の後，外的要因，内的要因両面の観点から，形態変化の要因の考察を行った。
海底扇状地形態の定向変化傾向：形態タイプの変化の検討の結果，形成発展過程の前期には砂質ラジアルファンタイプの形状を示し，後期には泥質チャネルレビーシステム（場合によっては＋ターミナルファン）へと移行する傾向を示す事例が多く見られることが明らかになった。さらに，形状変化に伴って，堆積領域が先へ前進する傾向が見られた。また，最も初期には，粗粒砕屑物からなる斜面エプロンタイプの海底扇状地が発達する場合も見られる。堆積同時性褶曲によって堆積地形が規制されるトラフ充填タイプでは，初期的には砂質で，徐々に泥質となり，最後にはチャネルレビーシステム主体となる傾向が見られた。
変化傾向の外的内的要因：海底扇状地の発生～発展過程において，初期的には後背地のテクトニクス等による供給ポテンシャルの高まりに伴って海底扇状地の発達が始まり，前半は砕屑物供給量が豊富で粗粒であったのに対して，後期には供給量の減少と泥質(細粒)化が起こることにより，砂質ラジアルファン→泥質チャネルレビーシステムへと変化したことが考えられる。これは，後背地のテクトニクスと侵食運搬ポテンシャルが徐々に弱まる「tectonic waning過程」を反映した外的要因による変化である。一方，海底扇状地の堆積が進行することによって，内的要因による形態変化が起こることも考えられる。斜面直下に海底扇状地タービダイトが累積することによってウェッジ状累積やプログラデーションが起こり，これによって堆積面の傾斜が徐々に増加し，海底扇状地が開き始めるtransition point (Posamentier and Walker, 2006)が徐々に沖合側にシフトし，先端部（ターミナルファン部分）を除く海底扇状地の多くの部分がチャネルレビーシステム主体となるプロセスが考えられる。実際の個々のケースでは，外的要因による変化と内的要因による変化の組み合わせ（比重はケースバイケース）によって変化の程度や速度が決定されると考えられる。
＜文献＞ Posamentier et al., 1988, *SEPM Special Publication* no. 42, 109-124；Posamentier, H. and Walker, R.G., 2006, *SEPM Special Publication*, no. 84, 397-520; Reading, H.G. and Richards, M.T., 1994, *AAPG Bull.*, **78**, 792-822.

Keywords: submarine fan, sandy radial fan, muddy channel levee system, morphological change, allogenic factor, autogenic factor

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

11:00 AM - 11:15 AM (Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:00 PM oral room 4)

[2oral401-11-10add] Break

©The Geological Society of Japan

‘Chemosedimentary sequence’ of the turbidite: Examples of the Kawabata Formation in central Hokkaido

*KEN SAWADA[1], Hiroyasu ASAHI[1]

1. Faculty of Science, Hokkaido University

イベント堆積層、特に洪水などにより形成されたタービダイトについて単層単位で化学データを得て、その堆積過程や堆積後の初期続成作用を評価する研究が近年になって行われている。Hage et al.(2020)では現世から更新世のフィヨルド沿岸で堆積したタービダイトシーケンスについて、炭素安定同位体比（$\delta^{13}C$）と放射性炭素同位体比（^{14}C）をトレーサーとした単層単位のデータプロファイルを作成し、陸源有機物を多く含む混濁流において堆積時に有機物の密度により活発な分別作用が起こる状態を表示し、有機物組成がタービダイトシーケンス内で大きく多様化する結果を報告した。このようなシーケンス内の（単層単位の）化学データをシーケンスで表現して堆積メカニズムに関連した現象を解析・評価することを、演者らは’化学堆積学シーケンス（ Chemosedimentary sequence）’ と呼ぶことを提案する。そして、この化学堆積学シーケンス解析において、バイオマーカーデータが、特に新第三紀以前のタービダイトシーケンスには有用であることを提案する。本講演では、北海道中央部に分布する中新統川端層のタービダイトシーケンスでの事例を紹介する。
川端層からはタービダイト試料を3シーケンス採取した。堆積構造はBoumaシーケンスに類似し、下部からmassiveな中粒-細粒砂部、平行葉理部、タービダイト性および半遠洋性泥岩部で構成される。有機物濃集部は主に細粒砂で構成され、平行葉理部に相当するユニットで観察される。川端層のタービダイト内の有機分子（バイオマーカー）濃度は、有機物濃集部のみで目立って高い値を示し、陸源有機物は起源となる植物の部位や粒子の密度によらず有機物濃集部に顕著な濃集傾向が見られた。また、シーケンス内の有機物組成における陸起源/海起源比は有機物濃集部で最大となり、その層から離れるに従い海成起源有機物の寄与率が増加し、下部砂岩と泥岩部で最も低い値を示した。この傾向は堆積場の酸化還元度や陸源有機物供給量を示すプリスタン/フィタン比(Pr/Ph)にも見られる。これらの結果から、下部砂岩では混濁流に削剥された海底堆積物粒子の混入と、混濁流本体からの陸源有機物などの低密度粒子の排出によって相対的に海洋成分の寄与が高くなったと考えられる。混濁流流下後に巻き上げられた有機物が徐々に堆積し、特に有機物濃集部で陸源有機物が集中して堆積する。その後に半遠洋性の堆積物がゆっくりと沈降・堆積することで、上方へと向かうにつれ海洋成分が増加すると考えられる。これらの混濁流中の有機物分別は主に有機物粒子の粒径によるものと考えられる。
引用文献
Hage S. et al., 2020. Geology. 48, 882-887.

Keywords: Turbidite, Biomarker, Chemosedimentary sequence

© 2022 Geological Society of Japan

Relationship between sorting and porosity of sandstones in the Pleistocene Kitaura Formation at the Oibanazaki outcrop, Akita Prefecture, Japan

*Takanori Noguchi[1], Shun Chiyonobu[1], Hiroyuki Arato[1], Koudai Satou[2], Hirokazu Madokoro[2], Takeshi Nagayoshi[2]

1. Graduate School of International Resource Sciences Akita Univ. (Division of Earth Resource Science), 2. Akita Prefectural Univ.

【はじめに】

秋田県西部に位置する男鹿半島には上部新生界が広く分布し，露頭の連続性も良いことから日本の代表的な上部新生界の標準層序として，多くの研究がなされてきた．本研究対象である男鹿市生鼻崎地域には砂岩，シルト岩，及び泥岩の互層が発達した北浦層の上部が海食崖を形成し大露頭を成している（鹿野ほか，2011）．また，この露頭を対象に千代延ほか（2021）は北浦層砂岩泥岩互層における堆積物の地質セッティング，及び砂岩貯留岩性状を調査し，露頭画像と合わせた機械学習によるモデル化技術を検討した．その中では，単層スケールでの不均質性を画像上で明らかにするため，北浦層の砂岩部の色の違いに着目し，岩色と粒径分布及び孔隙率に相関があると認めた．ただ一方で北浦層砂岩部の色と孔隙率の関係は定性的な解釈にとどまり，定量的に評価しモデル化するにはより多くの測定点を加える必要があった．そこで本研究では，測定点の記録を増加し，砂岩層の岩色や岩相の違いと孔隙率，淘汰度の関係性から砂岩の不均質性を抽出する目的で検討を行った．

【研究手法】

本研究では露頭調査として，対象とした岩相の柱状図を作成するとともに，幅6 m に渡り露頭のスケッチを行った．併せて砂岩単層を1 m 四方に区切り，定方位試料を合計101個採取した．さらに，調査対象層の孔隙率の分布を明らかにする目的で合計30枚薄片を作成し，定方位試料の鉛直方向面を観察した．孔隙率は撮像した検鏡画像から画像編集ソフトを用いて計測した．

【結果】

調査対象とした砂岩の単層は砂岩優勢砂岩シルト岩互層中の中粒～極細粒の砂岩である．単層の上部には平行葉理が見られ，炭質物も多く認められた．砂岩の岩色は，赤褐色，褐色，灰色を呈し，この3種類に大きく区分することが可能である．その分布は褐色の割合が最も大きく，赤褐色及び灰色の割合はほぼ同程度であった．また灰色の部分に生物擾乱が顕著に発達している．

砂岩の薄片の観察からは，全岩相で石英と有色鉱物が多く，わずかに斜長石も認められた．粒子の円磨度を見ると，褐色，灰色，赤褐色を呈する岩相のいずれも亜角礫～円礫であった．有色鉱物の量は，赤褐色が最も多く，褐色，灰色と減少した．孔隙率の測定結果からは，赤褐色の平均孔隙率は15.9%，中央値は15.8%で，褐色の平均孔隙率は 16.8%，中央値は16.6%，灰色の平均孔隙率は19.0%，中央値は19.1%であった．孔隙径やその連続性に注目したところ，赤褐色の孔隙径は約0.2 ～0.3 mmであり，連続性も乏しい．一方の褐色及び灰色の孔隙径は約0.5 ～0.6 mmであり，灰色の岩相で孔隙径の大きさに差違が認められた．孔隙を埋めるように存在する粘土鉱物も観察でき，赤褐色で最も多く認められた．また，石英や斜長石などの鉱物の大きさは灰色が最も大きく，次いで赤褐色，褐色と小さくなる．

【考察および結論】

以上の結果より，中粒～極細粒砂岩の単層内で岩色の違いにより粒度の違いが認められ，岩色が砂岩の不均質性を表していることが明らかとなった．また，不均質性をもたらす要因として，粒度の違いだけでなく，孔隙率，孔隙径及びその形状も重要となることが示された．孔隙率や形状の変化は，孔隙を二次的に埋める粘土鉱物に大きく影響を受けていることが指摘できる．本調査より砂岩の不均質性は，粒度の違いだけでなく，孔隙率，孔隙径及びその形状の違いによることが明らかにできた．この結果は砂岩貯留岩の不均質性をモデル化する上で重要であり，今後の貯留層モデル構築への基礎データとなることが期待できる．

© 2022 Geological Society of Japan

＜引用文献＞千代延ほか，2021：JAPT講演要旨，鹿野ほか，2011：地質図幅

© 2022 Geological Society of Japan

Formation of dolomite concretion during the Pleistocene "Chinen Disturbance" event caused by dissociation of methane hydrate offshore Okinawa-Jima

*Ryo MATSUMOTO[1], Lika TAKEUCHI[2], Hiroshi NAKAGAWA[3], Tokiyuki SATO[4], Yasufumi IRYU[5], Hiroki MATSUDA[6], Junko KOMATSUBARA[7], Michio SATO[8], Satoshi YAMAMOTO[9]

1. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. GEOWINDOW Co. Ltd., 4. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 5. Dept of Earth Science, Faculty of Science, Tohoku University, 6. Faculty of Science, Earth Sciences Course, Kumamoto University, 7. AIST, 8. Meiji University, School of Agriculture , 9. Ryukyu University Faculty of Physics and Earth Sciences

沖縄本島の中部から南部に分布する陸棚斜面堆積物・島尻層群とそれを覆う浅海性知念層の関係は時間間隙をともなう傾斜不整合であるとする研究が少なくないが、知念半島久手堅に出現した大規模な露頭（うりずん露頭）で観察される両者の関係、微化石層序、底生・浮遊性有孔虫の群集解析は、両者が時間間隙を持たず急激に層相変化したものであることを示唆する。急激な浅海化にともない上部陸棚の石灰質砂層が重力流・スランプ堆積物として下部陸棚斜面（～1000メートル）へ供給されて知念層が始まったと言える。2Ma頃とされる島尻層群新里層最上部～知念層基底付近にはドロマイトからなる炭酸塩コンクリーションが多産する。ドロマイト含有量は75~85wt%と高く、孔隙率の高い海底直下での生成と考えられる。コンクリーションの中心付近に中空パイプやその痕跡が見られることから、メタンガスやメタン含有流体が生成に関わっていた可能性が高い。ドロマイトの炭素・酸素同位体組成はそれぞれ、-31.56～-23.77‰VPDBと+3.89～+2.25‰VPDBであり、同一のコンクリーションでは外縁へ向かって$d^{13}C$は重くなり、$d^{18}O$は軽くなるという傾向を示す。天然ガス探査掘削（沖縄県、2014）によると島尻層群のガス（メタン）の炭素同位体組成は-60‰から-70‰である。コンクリーションの炭酸は、堆積物中のメタン由来炭酸（-60‰から-70‰）と間隙水（海水）のDIC（～0‰）に由来し、ドロマイト・コンクリーション（$d^{13}C$ = -31.56 ～ -23.77‰）はその炭素の約40%を島尻層群のメタンに、残りは海水のDICに由来すると見積もられる。コンクリーション中の$d^{13}C$値のゾーニングから、メタン由来炭酸の寄与率はコンクリーション形成の初期ほど高かったことがわかる。堆積物中を海底へ向かって拡散・流動するメタンは海底付近で海水由来の硫酸により酸化され炭酸を生成（嫌気的メタン酸化反応、AOM）して炭酸塩鉱物を形成する。この時海水由来硫酸SO_4^{2-} は還元されパイライトとして沈澱、中空パイプとその周辺にはパイライト密集帯が認められる。流動・拡散するメタンにより中空パイプの周辺からコンクリーションの形成が始まり、メタン供給が減少する生成の後期には海水DIC由来の炭酸の寄与率が増加したと解釈される。コンクリーション中の$d^{18}O$は、中心部の方が平均的に約0.6‰重い。これを生成温度の違いとすると、内部は14℃、外縁は16℃と2℃の温度差となる。埋没の進行による地温の増加を反映したとすると、100メートル以上の埋没が必要となり、海底面直下での生成という説明と矛盾する。新里層～知念層の堆積場はその境界付近で陸棚斜面の下部から上部へと急激に浅化（中川 , 2002私信; Matsumoto et al.,2002）しており、深層水温度も上昇したと考えられる。現在の沖縄近海の水温は水深500メートルで14℃、300メートルで16℃であり、2Ma 頃の浅海化がドロマイトの$d^{18}O$を軽くした要因の一つであったと言えよう。沖縄南東沖合、水深1000～2000メートルの前弧海盆の堆積物中にはメタンハイドレートの分布を示すBSR （Bottom Simulating Reflector, 海底擬似反射面）が確認されている（林ほか、2010）。一方、周辺の水温プロファイルから沖縄周辺海域でメタンハイドレートが安定に存在しうる上限深度は600メートルである。従って、現在の沖縄南東沖合では、水深1000～2000メートルの前弧海盆から斜面を這い上がり水深600メートル付近の堆積物中にまでハイドレートが分布している可能性がある。島尻層群新里層の堆積盆は島棚から前弧海盆へ至る斜面上（500～1000メートル）に発達していたと推定され、新里層のシルト中にはハイドレート集積帯が分布していた可能性が高い。堆積場の浅化（“知念変動”）による温度・圧力の変化を反映してメタンハイドレート分布域は沖合一陸棚下部へシフトする。新里層はハイドレート安定領域から外れ、新里層に発達していたメタンハイドレートは分解し大量のメタンガス（$d^{13}C$ =-60‰から-70‰）を堆積物に放出・供給したと考えられる。一方、ハイドレート中の水の$d^{18}O$は周辺の水より約3‰重いことが知られている

© 2022 Geological Society of Japan

（Matsumoto, 2000）。コンクリーション生成初期の$d^{18}O$が重いのは、深層の低水温だけでなく、メタンハイドレート由来水の影響もあったと考えられよう。新里層最上部と知念層の基底部に見られるドロマイト・コンクリーションは“知念変動”における堆積盆の急激な浅化を引き金とするメタンハイドレートの分解、メタンフラックスの増大を反映したものと結論づけられる。

Keywords: Chinen Disturbance, dolomite concretion, methane-derived carbonates, methane hydrate, carbon and oxygen isotopic signature

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T3. [Topic Session] Southern Ocean and Antarctic ice sheet: past, modern, future of the Antarctica and Earth's climatic system revealed by geology

[2oral501-10] T3. [Topic Session] Southern Ocean and Antarctic ice sheet: past, modern, future of the Antarctica and Earth's climatic system revealed by geology

Chiar:Takeshige Ishiwa, Satoko Owari, Yusuke Suganuma, Kota KATSUKI
Mon. Sep 5, 2022 8:45 AM - 12:00 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T3-O-1] (Invited) Antarctic ice sheet and Southern Ocean in the past warm periods

*Osamu Seki[1], Mutsumi Iizuka[1], Tomohisa Irino[1], Yusuke Suganuma[2], Minoru Ikehara[4], Takuya Itaki[3], Masanobu Yamamoto[1], Keiji Horikawa[5] (1. Hokkaido University, 2. NIPR, 3. AIST, 4. Kochi University, 5. Toyama University)

8:45 AM - 9:15 AM

[T3-O-2] Warm Pliocene West Antarctic Ice Sheet History: Diatom evidence from the Gauss-Gilbert boundary (~3.6Ma) at Site U1532, Amundsen Sea, and its implications

*Masao IWAI[1], Keiji HORIKAWA[2], Shipboard Scientists IODP Exp.379 (1. KCC/CMCR, Kochi University, 2. Toyama University)

9:15 AM - 9:30 AM

[T3-O-3] Present and Ancient Active Continental Margins in the Southern Ocean: from R/V Hakuho-maru KH-19-6 Leg 4 cruise

*Asuka Yamaguchi[1], Kenichiro Tani[2], Minoru Ikehara[3] (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University)

9:30 AM - 9:45 AM

[T3-O-4] (Invited) Observations of ice-ocean interaction in East Antarctica

*Daisuke HIRANO[1] (1. National Institute of Polar Research)

9:45 AM - 10:15 AM

[T3-O-5] Antarctic Peninsula Ice Sheet fluctuations during the Holocene

*Minoru IKEHARA[1], Kodai Kato[1], Yuji Kato[2], Osamu Seki[3] (1. Kochi University, 2. University of Tsukuba, 3. Hokkaido University)

10:15 AM - 10:30 AM

[T3-O-6] Ice-shelf retreat off the Totten Glacier of East Antarctica during Holocene

*Takuya Itaki[1], Yusuke Suganuma[2], Osamu Seki[3], Masanobu Yamamoto[3], Takayuki Omori[4], Atsuko Amano[1], Takeshige Ishiwa[2], Koji Seike[1], Satoko Owari[5], Yuki Haneda[1], Minoru Ikehara[6], Shigeru Aoki[3] (1. Geological Survey of Japan / AIST, 2. National Institute of Polar Research, 3. Hokkaido University, 4. the University of Tokyo, 5. Tokyo University of Marine Science and Technology, 6. Kochi University)

10:30 AM - 10:45 AM

[T3-O-7] Geochemistry of marine sediment interstitial water collected by the Japanese Antarctic Research Expedition 61 (JARE61)

*Satoko Owari[1], Takuya Itaki[2], Yusuke Suganuma[3], Takeshige Ishiwa[3] (1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. ational Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute of Polar Research)

©The Geological Society of Japan

10:45 AM - 11:00 AM

[T3-O-8] Reconstruction of Antarctic coast environment change along ground uplift and ice-sheet retreat recorded in the sediment of Lake Oyako of Skarvsnes, East Antarctica

*Kota KATSUKI[1], Kazuya Iwanari[1], Yusuke SUGANUMA[2], Moto KAWAMATA[3], Daisuke SHIBATA[4]
（1. Shimane Univ., 2. Polar Research Institute, 3. Civil Enginearing Research Institute for Cold Region, 4. Tsukuba Univ.）

11:00 AM - 11:15 AM

[T3-O-9] CDW induced deglaciation process of the East Antarctic Ice Sheet since the LGM revealed by surface exposure dating and ocean modeling in Soya Coast, East Antarctica

*Yusuke Suganuma[1,2], Moto Kawamata[3], Kazuya Kusahara[5], Takeshige Ishiwa[1,2], Kota Katsuki[4], Masakazu Fujii[1,2], Motohiro Hirabayashi[1], Jyun'ichi Okuno[1,2] （1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 4. Shimane University, 5. JAMSTEC）

11:15 AM - 11:30 AM

[T3-O-10] Constraints on the Holocene Antarctic ice sheet variability and mantle viscosity by GIA observables and modelling

*Jun'ichi Okuno[1,2,3], Akihisa Hattori[3], Koichiro Doi[2,3], Takeshige Ishiwa[2,3], Yusuke Suganuma[2,3]
（1. ROIS, 2. NIPR, 3. SOKENDAI）

11:30 AM - 11:45 AM

©The Geological Society of Japan

Antarctic ice sheet and Southern Ocean in the past warm periods

*Osamu Seki[1], Mutsumi Iizuka[1], Tomohisa Irino[1], Yusuke Suganuma[2], Minoru Ikehara[4], Takuya Itaki[3], Masanobu Yamamoto[1], Keiji Horikawa[5]

1. Hokkaido University, 2. NIPR, 3. AIST, 4. Kochi University, 5. Toyama University

近年の研究の著しい進展により南極氷床の縮小傾向や、そのプロセス、メカニズムに関する理解が進み、将来の温暖化の進行による南極氷床の大規模な縮小が危惧されている。将来の南極氷床変動予測の不確実性を低減するには、気候変動に対する南極氷床の応答をよりよく理解する必要がある。海洋と接する氷床の末端部分での現象が氷床の質量損失を導くキープロセスであるとされるが、千年以上の長期の応答時間をもつ氷床と海洋のふるまいやそれらの相互作用を本質的に理解するには長期スケールの変化を対象とできる古気候学的アプローチが必要である。また、気候は気候システムへの気候強制力の入力の変化に対し氷床や海洋などの各要素が応答することで変化するが、近年の研究の進展により、個々の気候要素の応答の仕方は「気候の状態に依存する」ことがわかってきた。この知見は将来予測において重要な意味を持ち、将来の温暖な気候状態でなにが起こり得るのかに関する知見を得るには、実際に温暖な時代の変動を調べる必要があることを示す。　幸いにも、過去には現在よりも温暖な時代が存在することがわかっている。それらの時代の南極氷床や南大洋の変動を詳細に調べることで、今後の温暖化に対する氷床の応答に対する有益な知見が得られると期待できる。これまでの古気候研究により、過去の温暖期には南極氷床の一部が現在よりも縮小していたことが示唆されている。しかしながら、その全体像や、氷床の縮小プロセスに関しては復元の時間解像度が荒いため、ほとんどわかっていない。このことは過去の温暖期の南大洋の古海洋記録にも当てはまる。特に、南大洋高緯度では、適用可能な復元手法が限られることから、現在わかっている古環境情報が極めて限定されている。本研究では、過去の温暖期（スーパー間氷期、鮮新世、中期中新世など）における千年スケールの南極氷床および南大洋の変動を明らかにすることを目的として、最新の地球化学的手法などを用いて海底堆積物コアから過去の温暖期の南極氷床・南大洋の変動を復元した。講演では、現時点で得られている成果を発表する予定である。

Keywords: Antarctic ice sheet, Southern Ocean, Super interglacial, Pliocene, Miocene

© 2022 Geological Society of Japan

Warm Pliocene West Antarctic Ice Sheet History: Diatom evidence from the Gauss-Gilbert boundary (~3.6Ma) at Site U1532, Amundsen Sea, and its implications

*Masao IWAI[1], Keiji HORIKAWA[2], Shipboard Scientists IODP Exp.379

1. KCC/CMCR, Kochi University, 2. Toyama University

西南極氷床は気候・海洋変動に極めて敏感で（Paolo et al., 2015），過去に何度も崩壊した可能性が指摘されており（Pollard and DeConto, 2009; Joughin et al., 2014），現代の温暖化に対しても最も顕著に氷床量が減少していることが観測されている（Pritchard et al., 2012; Rignot et al., 2019). IODP第379次航海では，西南極氷床の温暖化に対する応答性を探るべく，アムンゼン海湾入域の沖合2地点（U1532およびU1533）で初めて掘削を行い，約600万年前まで遡ることが可能な深海底堆積物を掘削した (Gohl et al., 2019)．サイトU1532では，U1532A-Gの７掘削孔（水深3962m）で，最大掘削深度794m（回収率約90%）の掘削に成功した．珪質微化石ならびに古地磁気の船上分析により，中新世メッシニアン期末期（～5.7Ma）以降，概ね連続した堆積物であること，堆積速度は当初の予想より遙かに速く， 1000年で最大20-60cmを超えていることが明らかになった．従来の南極周辺掘削地点に比べ堆積速度が極めて速く，青緑色の生物源堆積物濃集層・厚い層状泥質岩層の互層からなる得異な鮮新統が得られ（生物源堆積物濃集層の下限は漸位的，IRDを伴い，上限は急変），氷床の拡大・縮小がダイナミックに繰り返されてきたことが分かった (Gohl et al., 2021).

そこで我々は，鮮新世温暖期地磁気逆転層準（~3.33Ma, 3.6Ma,4.30Ma, 4.63Ma）に着目し，1）微化石ならびに岩相から堆積シーケンスを読み解き，２）珪藻や砕屑物粒子の特徴から，現地表層の海洋動態と，後背地等からの再移動・再堆積物を識別し，アムンゼン海湾入部西南極氷床の動態を復元，３）他海域と高確度での対比により，イベントの同時性・異時性等を検討することとした．

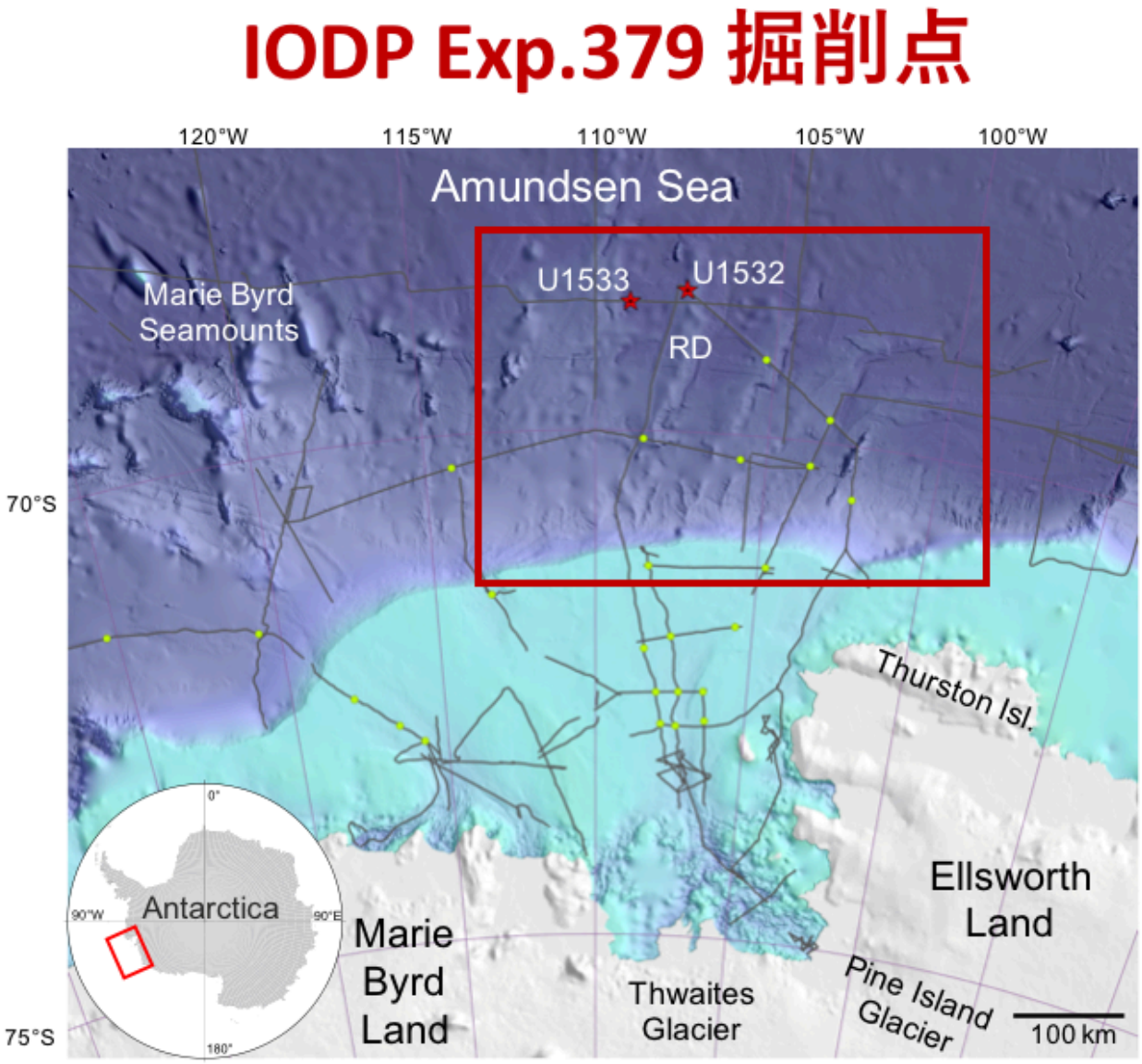
コアU1532-7H内において明瞭なガウス-ギルバート境界（3.596Ma, GMT2020)が確認され（146.4mbsf），帯磁率の減少や色味の顕著な変化とともに，珪藻に富んだ堆積物層が認められた．5～40cm間隔（5cm は約280年相当）で珪藻の定量分析を行った．1）沿岸～外洋の*Thalassiosira trokina*, *Stephanopyxis*, *Stellarima*, *Thalassiothrix*が混在しわずかに産出する層準，2) 季節性の沿岸湧昇種Chaetocerosや中新世化石(*Denticulopsis*の複数種)他が再堆積として認められる層準，３）外洋域の珪藻（*Fragiraliopsis barronii*ほか）が主体となって多産する層準，などが識別され，それぞれ氷期堆積体，海新期堆積体，高海水準期堆積体と解釈された．

東南極Wilkes Land沖の先行研究(Armbrecht et al., 2018)と比較すると，群集組成やタイミングに差が認められ，高海水準期にはウィルクスよりより外洋的要素が強かったことが示された．また，ロス海で同時期みとめられた*Rouxia*属が氷期に増える傾向（Konfirst et al., 2011）は認められず，ロス海とは水塊が隔絶されていたことも推察された．

引用文献 ：
Paolo, F.S., Fricker, H.A., and Padman, L., 2015. *Science,* 348(6232):327–331.
Pollard, D., and DeConto, R.M, 2009. *Nature,* 458(7236):329–332.
Joughin et al., 2014, *Science*, 344(6185):735-738)
Pritchard et al., 2012. *Nature,* 484:502–505.
Rignot et al., 2019. *PNAS*, 116(4):1095-1103.
Gohl, K., et al., 2019. *Expedition 379 Preliminary Report: Amundsen Sea West Antarctic Ice Sheet History.* International Ocean Discovery Program.
Armbrecht et al., 2018, *Marine Micropaleontology,* 139:28-41.
Konfirst et al., 2011, *Marine Micropaleontology*, 80:114-124.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: warm Pliocene, IODP Exp.379, Amundsen Sea, diatom, West Antarctic Ice Sheet (WAIS)



© 2022 Geological Society of Japan

Present and Ancient Active Continental Margins in the Southern Ocean: from R/V Hakuho-maru KH-19-6 Leg 4 cruise

*Asuka Yamaguchi[1], Kenichiro Tani[2], Minoru Ikehara[3]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

2019年10月から2020年3月にかけて、学術研究船白鳳丸の就航30周年を記念する世界一周研究航海が行われた。このうちKH-19-6 Leg 4では、これまで日本船による系統的な調査がほとんど行われたことのない南大洋ウェッデル海、サウスシェトランド海溝、および南大洋大西洋区から9地点でピストンコアによる採泥と、18地点でのドレッジを行い、堆積物・岩石試料を採取した。本発表ではKH-19-6 Leg4の成果のうちプレート沈み込み帯のテクトニクスに関する部分の概要を紹介する。

フェニックスプレートと南極プレートの境界をなすサウスシェトランド海溝は非常に低速な収束速度で特徴づけられる世界最南端の海溝であり、そこでの堆積作用の実態解明は、超低速な沈み込み帯・極域の沈み込み帯における物質循環を理解する上で重要である。KH-19-6 Leg4では、サウスシェットランド海溝域の前弧・海溝底および海溝海側から4本のコアが採取された。海溝底から採取された2本のコアにはそれぞれ29枚（PC02）, 13枚(PC04)のタービダイトが認められ、PC02の^{14}C年代測定の結果からは143 cm/kyの平均堆積速度が推定された。一方で半遠洋性泥のみの平均堆積速度も約52 cm/kyと大きく、極域の海溝では半遠洋性泥と重力流の双方による堆積が進行していると考えられる。一方で氷河性岩屑（IBRD）はサウスシェットランド海溝ではほとんど産出しておらず、これは海氷が南極半島から東側に漂流することを反映していると考えられる。

KH-19-6 Leg 4において、岩石ドレッジは、スコシアプレートと南極プレートの境界をなすサウスオークニー諸島近傍のトランスフォーム断層沿い、および南極・南米プレート境界の一部であるバルカン断裂帯沿いに集中して行われた。サウスオークニー諸島近傍では玄武岩～安山岩質火山岩・かんらん岩（1試料）に加えて大量の弱変成堆積岩が採取された。弱変成堆積岩はいずれも砂泥互層を源岩とする千枚岩・構造性メランジュおよび面状カタクレーサイトで、さまざまな変成・変形度のものが認められた。このうち変形が著しいものは、線構造と平行な軸をもつ微細褶曲とちりめんじわ劈開が発達しており、三波川帯の低変成部に類似した変形様式を呈する。これらの砕屑岩のジルコンU-Pb年代は約6億-5億年前のパンアフリカン変動時のピークに加えてペルム紀のものが顕著であり、一部に白亜紀のものを含む。ペルム紀以後に形成された、砕屑岩を主体とする付加体の断面が、スコシアプレートの形成とともに成長したトランスフォーム断層沿いに露出しているものと考えられる。

南極周辺における海洋プレートの沈み込みは現在でこそサウスサンドイッチ・サウスシェトランドの両海溝に限られているものの、過去にはゴンドワナ大陸西縁をなす活動的大陸縁が続いており、日本の陸上地質、およびフィリピン海周辺の海洋地質学的知見に基づいてこれらの地域のテクトニクスと物質循環を再検討することが期待される。

Keywords: South Shetland Trench, South Orkney Islands, Hakuho-maru, subduction zone, turbidite

© 2022 Geological Society of Japan

Observations of ice-ocean interaction in East Antarctica

*Daisuke HIRANO[1]

1. National Institute of Polar Research

地球上の約９割もの氷が存在する南極は、いわば地球最大の淡水（氷）の貯蔵庫である。南極氷床の質量損失の加速が指摘され始めたが、もし南極氷床が全て融解すると、全球の海水準は約60m上昇する。そのうち、50m分に相当する大部分の氷は東南極に存在している。氷床・氷河は沿岸へ向かって流れており、その末端部は海に突き出し「棚氷」となって海に浮いている。棚氷は上流の氷河の流動を抑制するという重要な役割を担っているが、棚氷の下へと暖水が流れ込む状況が生じると、棚氷は海洋によって底面から融かされて薄く・脆くなる。その結果、上流の氷の流動を抑制する力は弱化し、海洋への氷床流出（損失）が促進される。すなわち、氷床質量変動を正しく理解するには、氷床質量損失に対する海洋の本質的な役割の理解、つまり「周りの海」を知ることが欠かせない。大陸の上にあった氷が海洋へと流出すると、海水準の上昇をもたらすだけでなく、南極沿岸域の淡水化を通じて全球を巡る海洋大循環の駆動力をも弱化させる。

このような背景のもと、日本南極地域観測(JARE)の重点研究観測プロジェクトでは、東南極の白瀬氷河やトッテン氷河域での氷床海洋相互作用の現場観測を進めてきた。本講演では、これら海域における近年の大規模観測の結果から明らかになりつつある「沖合暖水の流入を伴う顕著な氷床海洋相互作用の実態」について紹介する。

Keywords: Southern Ocean, Antarctic Ice Sheet, East Antarctica, ice-ocean interaction, Shirase and Totten Glaciers

© 2022 Geological Society of Japan

Antarctic Peninsula Ice Sheet fluctuations during the Holocene

*Minoru IKEHARA[1], Kodai Kato[1], Yuji Kato[2], Osamu Seki[3]

1. Kochi University, 2. University of Tsukuba, 3. Hokkaido University

南極半島は地球上で最も温暖化が進んでいる地域の一つであり、過去50年間に南極氷床の融解が促進されている。しかし、このような衛星センサーなどからの記録は過去半世紀に限られており、地質学的な時間スケールでの気候変動や氷床融解の様子は解明されていない。2019年度に実施された白鳳丸30周年記念世界一周航海のうちの1つであるKH-19-6 Leg4航海において、南極半島北西の西ブランスフィールド海盆から良質の海底コアの採取に成功した。本研究では、KH-19-6-PC01の非破壊分析、堆積学、地球化学、珪藻群集解析などのデータを統合し、過去5000年間の南極半島氷床の変動を復元した。

約5000年前から3200年前のいわゆる完新世中期温暖期には、漂流岩屑（Iceberg rafted debris: IBRD）と黄金色藻シスト化石が多産する複数のイベントが検出され、脂肪酸バイオマーカー水素同位体比もこの地域における氷床融解水の流入量の増加を示した。これらの結果は、完新世中期に南極半島氷床が著しく融解したことを示唆している。また、有機炭素やBr含有量、珪藻の現存量から、この時期に海洋表層での生物生産が増加していたことが示された。完新世中期温暖期に相当する時代には、熱帯域ではラニーニャモードが発達していたことが報告されている。同時にアムンゼン海低気圧の強化と南極環状モード（SAM）の正偏差が示されることから、テレコネクションによって低緯度から南極半島周辺への暖気移流が促進されたことによって、南極半島氷床の融解が増加していた可能性がある。一方、約3200年前以降にはIBRDが減少し、生物生産も減少したことから、エルニーニョモードの発達に伴い氷床融解が減少したことが示唆された。

Keywords: Antarctic Peninsula, ice sheet, Holocene, teleconnection, SAM

© 2022 Geological Society of Japan

Ice-shelf retreat off the Totten Glacier of East Antarctica during Holocene

*Takuya Itaki[1], Yusuke Suganuma[2], Osamu Seki[3], Masanobu Yamamoto[3], Takayuki Omori[4], Atsuko Amano[1], Takeshige Ishiwa[2], Koji Seike[1], Satoko Owari[5], Yuki Haneda[1], Minoru Ikehara[6], Shigeru Aoki[3]

1. Geological Survey of Japan / AIST, 2. National Institute of Polar Research, 3. Hokkaido University, 4. the University of Tokyo, 5. Tokyo University of Marine Science and Technology, 6. Kochi University

近年、南極では外洋の温暖な深層水が棚氷の下面に入り込むことで棚氷の融解/氷床の海への流出の原因となっていることが示され，巨大氷冠を有する東南極においてもトッテン氷河の融解にともなう海水準上昇が懸念されている．しかし，今後起こるとされている融解の加速を現在の海洋観測データだけで検証することは難しく，過去の融解と海洋変動の記録を合わせて評価する必要がある．第61次日本南極地域観測（夏隊2019年11月～2020年3月）の砕氷船「しらせ」を用いた採泥調査では，世界に先駆けて東南極トッテン氷河の前縁域から海底コアを採取することに成功し，現在，様々な手法で古環境情報の抽出が進められている．本発表では，これらの海底コアの特徴と現段階で得られている予察的な結果について紹介する．

グラビティーコアラーで採取された5本の海底コア（長さ1.7～3.9 m）は，上部がオリーブ～黄褐色を呈した泥質堆積物で特徴付けられ，下部は灰色を呈した礫質砂で主に構成されている．上部の泥質堆積物は珪藻や放散虫などの珪質微化石を多く含む傾向があり，この堆積期間が現在の様に棚氷に覆われていない生物生産に富んだ環境であったことを示している．一方，下部の礫質砂には化石がほとんど含まれず，棚氷下，とくに氷床の接地線付近に位置していたことが示唆される．このことは，堆積物中の^{10}Be濃度変化からも支持される．すなわち，銀河宇宙線により大気中で生成され，海洋に供給される^{10}Beは，棚氷下の礫質砂では極めて低い濃度を示し，泥質堆積物ではこれが顕著に上昇しており棚氷下の閉鎖環境から解放されたことを意味している．有機物を用いた放射性炭素年代測定の予察結果によれば，棚氷下の環境から解放されたのは沖合の大陸棚中央部では約1万年前、現在の氷河前縁付近では約5千年前であったことが示唆される．

このような氷床・棚氷の後退を引き起こした原因については，相対海水準上昇に伴う棚氷の不安定化や温暖な深層水が棚氷の下面に移入したこと等が考えられる．しかし，現段階で古海洋指標からの明確な証拠が得られていない．現在，微化石，同位体比，有機地球化学，鉱物組成，間隙水等の様々な分析が進められており，これらを総合的に解釈することで，トッテン氷河の氷床後退メカニズム解明に繋がることが期待される．

Keywords: Antarctica, ice sheet melt, paleoceanography

© 2022 Geological Society of Japan

Geochemistry of marine sediment interstitial water collected by the Japanese Antarctic Research Expedition 61 (JARE61)

*Satoko Owari[1], Takuya Itaki[2], Yusuke Suganuma[3], Takeshige Ishiwa[3]

1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. ational Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute of Polar Research

間隙水中の塩化物イオンはイオン半径が大きいことから、微生物や堆積物の化学反応に利用されにくく、保存性成分として知られる（戸丸他、2009）。そのため、間隙水中の塩化物イオン濃度は、淡水流入の指標として利用することができる。例えばKuhn et al. (2017) では6年間冷蔵保管された、西南極のパインアイランド湾で回収された堆積物コア（約9m）から間隙水を抽出し、間隙水中の塩化物イオン濃度が深部に向かって低濃度化していることを明らかにした。通常、間隙水試料は、蒸発や酸化環境下における組成変化を防ぐため、船上に回収後24～48時間以内に抽出作業が行われる（例えばMcNeill et al., 2017; 戸丸他、2009）。Kuhn et al. (2017) で測定した間隙水はコア回収から6年が経過しており、蒸発が十分に起こりえるものの、最も低い塩化物イオン濃度は345 mMと、標準海水中の塩化物イオン濃度（=559 mM）よりも約0. 6倍低い値であった。このような塩化物イオンの低濃度異常は、過去に南極沿岸の間隙水環境が淡水や汽水環境にさらされていたことを示す証拠となる。 第 61次日本南極地域観測隊（JARE61）では、2019年12月～2020年2月にかけて、砕氷船「しらせ」を用いて初めて採泥観測が行われ、大口径グラビティコアラーを用いて海底堆積物が採取された。本研究では、JARE61において、東南極のトッテン氷河沖で採取されたSt. 12B-LGC, St. 14C-LGC, St. 83-LGC, St. 99-LGCの4本、リュツホルム湾沖で採取されたSt. LH1a-LGCの1本、計5本の堆積物コアから抽出した間隙水を研究対象とした。 堆積物コアは「しらせ」の船上に回収された後、日本へ輸送され、半割された状態で産業技術総合研究所にて約二年間、冷蔵保管された。その後、高知コアセンターにコアを輸送後、2022年1月にサンプリングパーティが開催され、間隙水用に約5 mL程度の堆積物を58試料採取した。東京海洋大学にて、スクイーザーと遠心分離機を用いて間隙水の抽出を行った後、千葉大学にてイオンクロマトグラフィ（ICA-2000）で主要溶存成分（SO_4, Cl, Na, Mg, Ca, K）の濃度を測定した。本研究ではコア回収から約2年後に抽出された間隙水の蒸発の影響や、鉛直方向での濃度変化と、その淡水の影響について紹介する。

引用文献
戸丸他 (2009) 地学雑誌, 118, 1, 111-127.
Kuhn et al. (2017) Nature Communications, 8, 1, 1-10.
McNeill et al. (2017) Proceedings of the International Ocean Discovery Program Volume 362

Keywords: JARE61, Shirase, Large-diameter gravity corer, Interstitial water

© 2022 Geological Society of Japan

Reconstruction of Antarctic coast environment change along ground uplift and ice-sheet retreat recorded in the sediment of Lake Oyako of Skarvsnes, East Antarctica

*Kota KATSUKI[1], Kazuya Iwanari[1], Yusuke SUGANUMA[2], Moto KAWAMATA[3], Daisuke SHIBATA[4]

1. Shimane Univ., 2. Polar Research Institute, 3. Civil Enginearing Research Institute for Cold Region, 4. Tsukuba Univ.

南極氷床の末端にあたる南極沿岸部の地形や生態系は，氷河性地殻均衡による地殻変動と関連するため，南極氷床の後退過程に強い影響を受けると考えられている．Kawamata et al. (2020)は東南極リュッツホルム湾東岸にある複数の露岩域において，完新世における氷床後退年代を表面露出年代を用いて示した．そこで，氷床後退後の露岩域の地形変化と生態系変遷を明らかにするため，露岩域の低地湖沼堆積物を採取し，珪藻化石を用いた古環境復元を行った．調査地はリュッツホルム湾東岸のスカルブスネス露頭域，その内湾であるオーセン湾に面した湖沼・親子池である．親子池の湖心から採取された柱状堆積物試料は，コア底部に氷河性シルトが堆積し，氷床後退時の堆積記録が残されている．氷河性シルト層上部の堆積年代は，Kawamata et al. (2020)が示したスカルブスネス半島の北部と南部の氷床後退年代より早く，スカルブスネスでは親子池があったオーセン湾南部で氷床がより早く後退したことを示している．氷河性シルト層上部には海生珪藻が産出し，この層の直上では内湾性珪藻が多産するため，オーセン湾南部での氷床後退には海水の流入が関連した可能性がある．また親子池の珪藻群集は，中期完新世初頭のスカルブスネス南部および北部の氷床後退に伴って一旦開放的な海洋環境となるが，中期完新世以降次第に閉鎖的になったことを示しており，約5,000年前から約2,000年前にかけて沿岸海洋種が優占し，2,000年前からは複数の汽水種が交代で優占，約1,000年前より淡水珪藻が優占種といった顕著な優占種の移り変わりを示している．この変遷は，氷床後退後のスカルブスネス露岩域の隆起に伴うオーセン湾の閉塞化とその後の親子池一帯の閉塞化を反映していると考えられるため，氷河性地殻均衡による氷床後退後のスカルブスネス露岩域の隆起速度を明らかにしている．

引用文献 Kawamata et al. (2020) Quaternary Science Reviews 247, 106540.

Keywords: East Antarctica, Lake sediment, Ice-sheet retreat, Diatom, Paleoenvironment

© 2022 Geological Society of Japan

CDW induced deglaciation process of the East Antarctic Ice Sheet since the LGM revealed by surface exposure dating and ocean modeling in Soya Coast, East Antarctica

*Yusuke Suganuma[1,2], Moto Kawamata[3], Kazuya Kusahara[5], Takeshige Ishiwa[1,2], Kota Katsuki[4], Masakazu Fujii[1,2], Motohiro Hirabayashi[1], Jyun'ichi Okuno[1,2]

1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 4. Shimane University, 5. JAMSTEC

近年，衛星観測などによって南極氷床の融解や流出の加速が相次いで報告され，近い将来の急激な海水準上昇が社会的に強く懸念されている．最近の気候・氷床モデルシミュレーションによると，近年融解が加速している西南極氷床のみならず，西南極氷床より1桁大きな体積をもつ東南極氷床の一部も温暖化に敏感であることが指摘されている．とくに近年，南極氷床の融解において，周極深層水（CDW）の流入による氷床末端・棚氷の底面融解とそれに伴う氷床崩壊ともいうべき氷床不安定化プロセスが重要であることが指摘されている．しかし，このメカニズムが例えば最終氷期以降の大規模な氷床融解の際にどのような役割を果たしたかについては未だほとんど報告がない．そこで我々は，東南極リュツォホルム湾の宗谷海岸域において，氷河地形調査と採取岩石の表面露出年代測定，および過去の気候場に基づく海洋モデリングを実施し，最終氷期以降の東南極氷床融解の復元とそのメカニズムの解明を試みた．その結果，リュツォ・ホルム湾では，CDWの流入によってしらせ海底谷沿いに湾南東部（湾奥部）から氷床融解が始まり，やがて北東部へと広がったことが分かった．この結果は，南極氷床融解においてCDWが果たす役割が極めて大きいこと，また現状の氷床モデルでは十分な解像が困難な数10 kmスケール以下の海底谷も氷床融解において重要である可能性を示す．

Keywords: Antarctica Ice Sheet and Southern Ocean

© 2022 Geological Society of Japan

Constraints on the Holocene Antarctic ice sheet variability and mantle viscosity by GIA observables and modelling

*Jun'ichi Okuno[1,2,3], Akihisa Hattori[3], Koichiro Doi[2,3], Takeshige Ishiwa[2,3], Yusuke Suganuma[2,3]

1. ROIS, 2. NIPR, 3. SOKENDAI

測地学や地形・地質学的観測より確認されている南極大陸における地殻変動は，十数年から数万年スケールといった異なる時間スケールの南極氷床変動によってもたらされている．さらに氷床変動を原因とする地殻変動は，地球内部の粘弾性的性質にも強く依存する．このため，南極大陸の地殻変動速度などに代表される固体地球科学的観測から，氷床変動や地球内部構造の情報を取り出すことは，観測データの解析のみでは困難である．この問題を解決するためには，氷床変動に対する応答としての固体地球の変形を，数値的に解くモデリングが鍵となる．氷床変動に対する固体地球の粘弾性的な応答をGIA（Glacial Isostatic Adjustment: 氷河性地殻均衡調整）と呼んでいるが，GIAの数値モデリング研究は，粘弾性球殻の変形問題として1970年代後半に数学的に定式化されことで開始した．その後，GIAモデリングは北半球氷床の最終退氷に対し適用され，詳細な氷床量変動の定量化に成功し，さらに世界各地の海水準変動や地殻変動研究において，現在にいたっても重要な貢献を果たしている．本講演では，昭和基地周辺の測地・地形地質データに対し，GIAの数値モデリングによる詳細な数値実験を展開した結果に基づいて，完新世南極氷床変動と地球内部粘性構造に関して得られた知見について議論する．

Keywords: Antarctic ice sheet, Crustal deformation, Glacial Isostatic Adjustment, Holocene

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T14. [Topicr Session] Geopark to enjoy and learn about the earth and human activities

[2oral101-10] T14. [Topicr Session] Geopark to enjoy and learn about the earth and human activities

Chiar:Kazuo Amano, Noritaka Matsubara
Mon. Sep 5, 2022 9:30 AM - 12:00 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[T14-O-1] A Practical Report of Hakone Geopark
-Reinforcement of the Main Theme and Utilization for Guide Training-
*Tomohiro KASAMA[1] (1. Hakone Geopark Promotion Council)
9:30 AM - 9:45 AM

[T14-O-2] Disseminating Lessons and Utilization about Geospatial Information Authority of Japan "Natural Disaster Monument" by Hakone Geopark
*Naoto KOZASA[1], Akari ICHIKAWA[1] (1. Hakone Geopark Promotion Council)
9:45 AM - 10:00 AM

[T14-O-3] Relationship between topographical features, geological features and location of fishing ports in the Kyotango area, San' in Kaigan UNESCO Global Geopark.
*Noritaka Matsubara[1,2], Mieko Ishii, Kuniyasu Mokudai[3] (1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. San'in Kaigan Geopark Promotion Council, 3. Tohoku Gakuin University)
10:00 AM - 10:15 AM

[T14-O-4] Utilization of GigaPan ultra high-resolution images of outcrops: Some cases of San-in Kaigan Geopark, Japan
*Norihito Kawamura[1], Takashi Sawaguchi[2], Kyohei Sano[1], Noritaka Matsubara[1] (1. Univ. of Hyogo, 2. Toyo Univ.)
10:15 AM - 10:30 AM

[T14-O-5] GEO Activity Project
-Geoparks Connecting Local Communities-
*Yuki Fujihara[1], San'in Kaigan Geopark Promotion Council (1. San'in Kaigan Geopark Promotion Council)
10:30 AM - 10:45 AM

[T14-O-6] Resetting and evaluation of geosites in Mt. Tsukuba Area Geopark
*Hideo TAKAGI[1] (1. Waseda University)
10:45 AM - 11:00 AM

[T14-O-7] Practice of Geopark Learning in Itoigawa UNESCO Global Geopark in Cooperation with Prefectural High Schools
*Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Yousuke Ibaraki[1], Suzuka Kooriyama[1], Ko Takenouchi[1], Takeo Kobayashi[2] (1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa Geopark Promotion Office)
11:00 AM - 11:15 AM

[T14-O-8] Earth science education using SDGs
*Suzuka KOORIYAMA[1], Yousuke Ibaraki[1], Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Takeo Kobayashi[2], Ko Takenouchi[1] (1. Fossa Magna Museum, 2. Itoigawa City Hall Geopark Promorion Office)
11:15 AM - 11:30 AM

©The Geological Society of Japan

[T14-O-9] Japan Sea opening event and geopark

*Kazuo AMANO[1,2] （1. Center for Spatial Information Science, The Univerrsity of Tokyo, 2. Japan Geopark Academic Support Union(JGASU)）

11:30 AM - 11:45 AM

[T14-O-10] Mineral Resources for the Erection of the Great Buddha of Nara and Geoparks in Japan

*Eikichi TSUKUDA[1] （1. Geological Survey of Japan, AIST）

11:45 AM - 12:00 PM

©The Geological Society of Japan

A Practical Report of Hakone Geopark -Reinforcement of the Main Theme and Utilization for Guide Training-

*Tomohiro KASAMA[1]

1. Hakone Geopark Promotion Council

1．はじめに　箱根ジオパークは2020年の審査で再認定はされたものの、多くの指摘事項があった。その中でテーマ「北と南をつなぐ自然のみち　東と西をつなぐ歴史のみち」の「北と南をつなぐ自然のみち」の「みち」が、依然として分かりにくいままであるという指摘があった。箱根は天然の障壁であることは広く知られているが、障壁を「歴史のみち（街道）」と語呂合わせをして「みち」と表現している。すなわち、人にとっての障壁は自然豊かな場所であり、野生生物が行き来し、分布を広げることのできる「みち」になるというのが、この「自然のみち」の意味である。テーマは「カルデラ」など火山としてのイメージを前面に出してはどうかという意見も審査で出されたが、10年近く使用したテーマで地域にも馴染んでおり、学術部会の検討でも変更せずに使用する事とした。しかし、何らかの補強は必要である。ここでは、この指摘を受けて著者が取り組んでいるテーマ補強の取り組みと、ガイド研修への応用について報告する。具体的には、このテーマを箱根ジオパークの南と北へ拡大して当てはめ、周辺地域全体の特徴として捉え、拡大した地域から箱根ジオパークを俯瞰してテーマ理解を深める試みである。これは箱根の地形、地質を客観的につかむ事にもつながり、ガイド研修にも効果があると考えている。現在、箱根ジオパーク推進協議会員向けのメーリングリストで、「テーマ解説」としてテーマ補強に関する話題を週一回程度配信することから始めている。

2．テーマの補強　この自然豊かな「北と南をつなぐ自然のみち」は、南は地形的に伊豆半島から始まり、箱根火山、足柄山地、丹沢山地、関東山地と北へ連なる。関東山地の北には浅間火山があるが、その付近から山並みは北東方向の越後山脈へと続く。南北方向につなぐと越後山脈の西側あたりがこの「みち」の北端と言える。ここには富士箱根伊豆国立公園、秩父多摩甲斐国立公園、上信越高原国立公園と「自然のみち」の要素が連なる。これらの地域はいわゆるフォッサマグナ地域内にあり、関東山地以南は、植物区のフォッサマグナ区に含まれ、植生の共通性がある。これも「自然のみち」の要素である。このように拡大することで生物のつながりが強調できると考えた。ジオパークの分布をみると、ここには伊豆半島、箱根、秩父、下仁田、浅間北麓、苗場山麓、さらに伊豆大島も含めると７つのジオパークが南北に連なっている点も注目される。

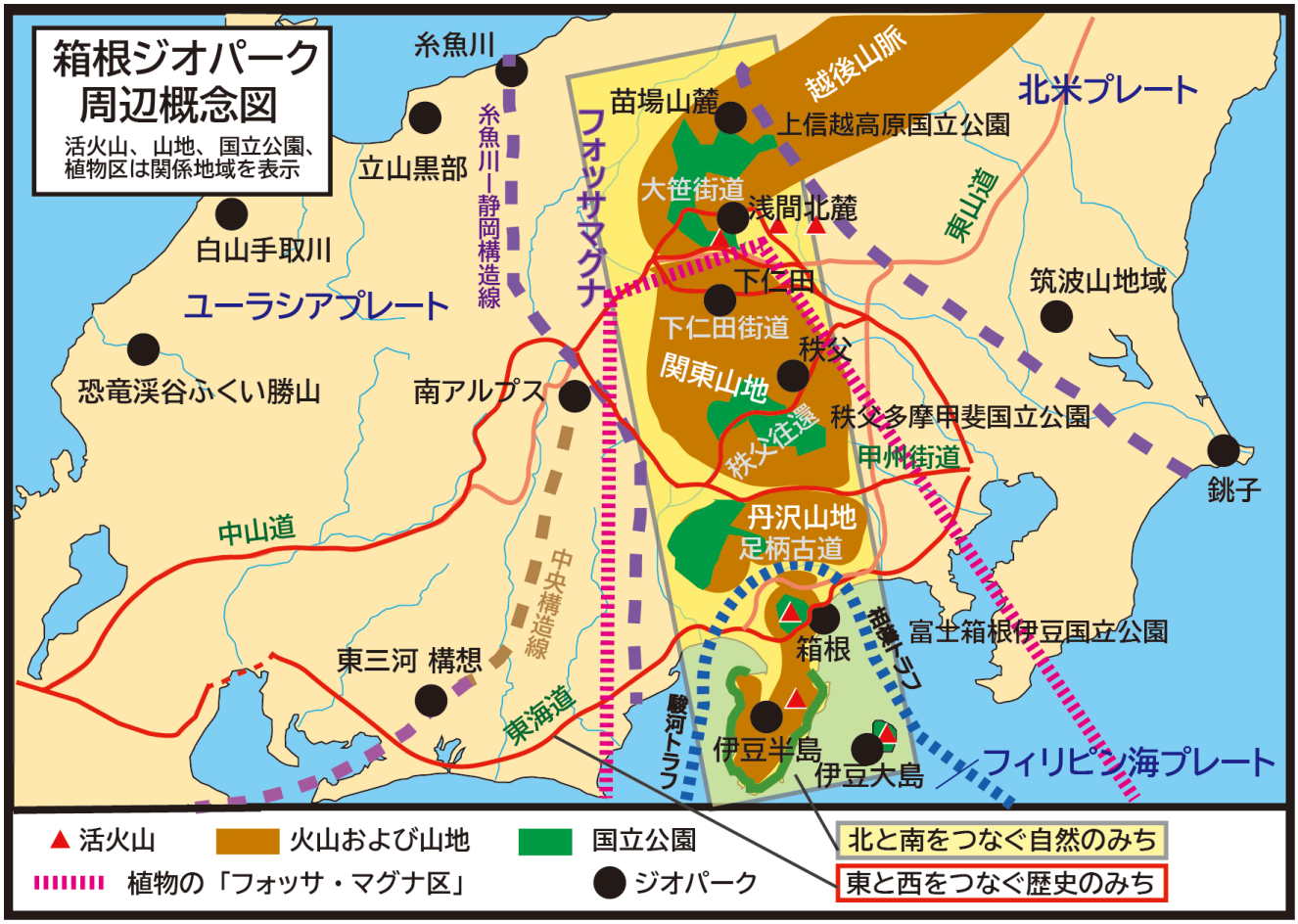
3．ガイド研修への応用　箱根ジオパークでは、ガイド研修の主体は箱根火山の理解になる。教科書的に使用している日本地質学会国立公園リーフレット１は記載が細かく、詳細な形成史にガイドの興味、知識が偏りがちな傾向が見受けられ、細かい形成史が語れても、地層や岩石の基本的な理解に著者は不安を感じる事がある。そのためガイド研修を城ヶ島で行ったこともあった。そこで「北と南をつなぐ自然のみち」を利用して、隣の伊豆半島ジオパークとの地質の類似性、秩父、下仁田ジオパークの付加体、変成岩などの多様な地質、岩石、伊豆大島、浅間北麓、苗場山麓ジオパークとの火山地質の共通点、相違点など、周辺ジオパークの勉強を通して地質学的な総合力を養い、解説にふくらみをもたせることが目的である。一方「歴史のみち」は、江戸時代の東海道、奈良平安時代の足柄古道である。地域を俯瞰すると、上記のジオパークにも「東と西をつなぐ歴史のみち」が存在する。伊豆半島は東海道の続き、秩父に秩父往還、下仁田に下仁田街道、浅間北麓に大笹（信州）街道がある。「北と南をつなぐ自然のみち」は江戸時代には江戸の防衛線としての役割が加わり、「歴史のみち」との接点では関所（箱根では箱根関所）が設けられたが、秩父に栃本関所、下仁田に西牧関所、浅間北麓に大戸関所がつくられている。この「歴史のみち」の共通点の話題も「自然のみち」同様、メーリングリストの返信でガイド団体からの反響が寄せられており、研修意欲向上になっていると思われる。

４．おわりに　テーマの分かりにくさの補強から、ガイド研修への発展について述べた。ガイド研修は自己ジオパーク内で完結することが一般であるが、近隣ジオパークとの比較から学ぶも事も当然多い。ここでは近隣ジオパークを、テーマの地域的俯瞰から結び付け、ガイド研修に役立てる可能性について言及したが、この試みはまだ始まったばかりである。取り組み具合を含め、今後どのような効果があるか検証していく。

「歴史のみち」、関所については箱根町立郷土資料館および箱根関所の学芸員に助言をしていただいた。

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Hakone Geopark, Theme, A Natural Road Connecting North and South, A historical Road Connecting East and West



© 2022 Geological Society of Japan

Disseminating Lessons and Utilization about Geospatial Information Authority of Japan "Natural Disaster Monument" by Hakone Geopark

*Naoto KOZASA[1], Akari ICHIKAWA[1]

1. Hakone Geopark Promotion Council

箱根ジオパークでは、過去に発生した自然災害を風化させず後世に語り継ぎ、今後の災害に備えるため、2021年4月から国土地理院が行っている自然災害伝承碑の公開に向けた取り組みを開始した。取り組み開始時の神奈川県内にある自然災害伝承碑公開数は、寒川町の5基、箱根ジオパークである南足柄市の1基のみであったが、同年9月1日に箱根町が10基（同日、秦野市も3基公開）の自然災害伝承碑を公開した後、県内でも取り組む市町が増え、公開数は増加した。箱根町が記者発表したことで新聞紙や地元テレビで紹介されたことにより広まったと考えられる。箱根ジオパークエリアでは、2021年12月21日に小田原市が6基、南足柄市が2基、2022年1月14日には真鶴町が2基の石碑を公開した。これにより箱根ジオパークエリアには合計21基の自然災害伝承碑が公開されている。県内の自然災害伝承碑公開数が49基（2022年6月23日時点）であることから、箱根ジオパークエリアの自然災害伝承碑が県内では多くを占めている。自然災害伝承碑から分かる箱根ジオパークエリアの災害は時代順に①洪水（1708年、1711年、1734年（宝永噴火によるもの））②洪水（1913年）③関東大震災（1923年）④北伊豆地震（1930年）⑤アイオン台風（1948年）⑥土砂災害（1953年（早雲山地すべり））である。また箱根ジオパークエリアのみで考えると、①は南足柄市、②は小田原市、④⑤⑥は箱根町のみ被害があったが、③は箱根ジオパークエリア全体で被害があったことが分かる。自然災害伝承碑があることで、一つの災害が広範囲に影響を及ぼしている災害か、あるいは地域特有の災害かを判別する指標として活用できる。その点において、複数市町で構成される箱根ジオパークが自然災害伝承碑に取り組んだことで、③の災害が市町毎の災害ではなく、箱根ジオパークエリア全体で、地震、津波、土砂災害といった様々な災害を引き起こしたことを整理することができた。公開に向けた情報収集では、箱根ジオパークエリアの各市町で把握している石碑関係の調査資料や国土地理院からの情報提供の他、地域住民にも身近にある石碑の情報提供を求めた。広報紙（箱根町・真鶴町・湯河原町）や、記者発表（箱根町）による新聞紙への掲載により情報収集を行った他、真鶴町では箱根ジオ真鶴町では箱根ジオパークガイドとして活動している真鶴観光ボランティアガイドが調査を行った。なお、2022年度は、南足柄市で活動している箱根ジオパークガイド南足柄ジオガイドの会が調査を行い、追加公開へ取り組む予定である。公開された自然災害伝承碑は、広報紙（箱根町・真鶴町・南足柄市）や箱根ジオパークホームページ等に掲載している。また、箱根町では総務防災課と協力し、「はこね防災ガイドブック」への掲載や防災出前講座での取組み紹介を箱根ジオパーク推進室がしており、自然災害伝承碑の取組み目的である地域住民による防災意識の向上に役立てている。箱根ジオパーク推進協議会では、県立高校図書館で行っている展示活動（小笹・笠間,2022 JpGU発表）の一環として自然災害伝承碑を紹介するパネルを作成した。本展示では、箱根ジオパークエリアの災害の他、相模湾を震源域として発生した関東大震災について、箱根ジオパークエリアと大磯町の被害から、これからの防災を考える内容となっている。なお、本展示では、国土地理院に協力を依頼し、パネルデータの提供を受けている。これらの取組みは、国土地理院ホームページの自然災害伝承碑活用事例として紹介されている。（https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/denshouhi_utilization.html）

Keywords: Natural Disaster Monument, Geospatial Information Authority of Japan, Hakone Geopark

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

Relationship between topographical features, geological features and location of fishing ports in the Kyotango area, San’in Kaigan UNESCO Global Geopark.

*Noritaka Matsubara[1,2], Mieko Ishii, Kuniyasu Mokudai[3]

1. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 2. San'in Kaigan Geopark Promotion Council, 3. Tohoku Gakuin University

持続可能な地域を実現する上で，地域社会における自然資源利用に関する伝統知の解明，すなわち人間の自然環境利用の実態把握が求められている．地形学・地質学・地理学的環境の利用に関する伝統知の重要性も主張されており（鬼頭，2016），適切な地域資源マネジメントのために，地形学や地質学などの科学知と伝統知の関係を捉えなおす必要がある．

島国日本には漁港が多い．日本は台風や季節風・津波など自然の猛威が世界的にみても厳しいところで，元来日本の漁業はそれらの猛威から守られる地形構造のところに立地してきた（堀，1995；土井・堀 1996）．日本の漁港の地形構造の類型化を行った土井・堀（1996）は，自然地形を利用した漁港のほとんどが，崎山（岬状に山が沖に突出している地形）や入り江，前島（沖にある島）やそれらの複合的要素で囲まれた場所に立地するとした． これらは，それぞれの地域の自然条件の中で人々が作り出した伝統知の結果である．

近畿地方の日本海側に位置する山陰海岸ジオパークにおいては，リアス海岸の入り江が天然の良港として利用されてきたことが報告されている（先山ほか，2012）．しかし，丹後半島の北側に位置する京丹後市沿岸の地形は，リアス海岸の地形要素も存在するものの，海岸段丘が発達（植村，1981）し，リアス海岸地形が残っていない地域が存在する．では，リアス海岸の地形が残っていない場所ではどのような地形を漁港に使用しているのだろうか．土井・堀（1996）は，様々な自然地形を人々が漁港として利用していることを指摘したが，その地形がどのようにしてできたのか，特に，地質と地形の関係については言及していない．一方で，地形形成には地質（岩質）の違いが大きな影響を与えることが知られている(Asheley,G,H,1935など)．固結した岩石から成る海岸すなわち岩石海岸における地形変化は，地殻変動および氷河性海水準変化に起因する変化を除けば,もっぱら波浪による構成岩石の除去すなわち侵食変形であり，岩石の侵食に対する抵抗力を波の侵食力が上回ると侵食が起こる（砂村,1975；Sunamura, 1994など）．また，強度の異なる地質が隣接してある場合，軟らかい地質が早く風化・侵食され，硬い地質が風化・侵食されないなど，差別侵食による地形は，地形と地質とが対応関係にある（高橋，1975；辻本，1985；森山・青木，2020など）ことが指摘されている．京丹後地域沿岸は火成岩や堆積岩が複雑に分布する．本研究では京丹後周辺においても漁港には強い季節風を遮る岬や岩礁が存在し，それがつくる地形を利用していると考え，京丹後市の行政上の指定漁港13港を対象に，①漁港の地形の特徴を解明②その地形がどのような過程でつくられているのかを漁港周辺を構成する地質の特徴も踏まえて考察し，漁港立地と地形地質の関係を検証した．

調査の結果，京丹後地域の漁港に使われている場所は，①リアス海岸地形の入り江に泊地が存在するところ（６港）と，②リアス海岸地形がないが，岬・島・岩礁に囲まれた入り江に泊地があるところ（７港），また③リアス海岸地形でありながら，岬・島・岩礁が存在する「複合タイプ」の漁港（３港）に分けられた．②と③に存在する岬・島・岩礁はどのようにできたかを検討するために，漁港周辺を構成する地質の岩石強度を，シュミットハンマーを用いて調べたところ，岬・島・岩礁は，一つを除き，岩石強度の大きい岩石と岩石強度の小さい岩石が存在し，岩石強度の大きい岩石はどれも安山岩からなることが分かった．これらの漁港では岩石強度の違いから差別侵食がすすみ，安山岩が岬・島・岩礁となり漁港に利用できる地形がつくられると考えられる．調査した海食崖下の礫浜の礫組成をみると，岩石強度の大きな岩石を起源とした礫が優占している．これが研磨剤となり岩石強度の小さい岩石を侵食したと考えられる．

＜引用文献＞Asheley, G. H., 1935. But, Geol, Soc, Am, vol. 46, 1395-1436.
土井良浩・堀繁，1996. 第31回日本都市計画学会学術論文研究集，296.

© 2022 Geological Society of Japan

堀繁，1995．沿岸域第8巻第 1 号, 8-31.
鬼頭秀一 2016．E-journal GEO, 11, 329.
森山雄太・青木久，2020．学芸地理76号，25.
先山徹ほか，2012．地質学雑誌，118捕遺，1-20.
砂村継夫,1975．地理学評論48-6，395-398.
Sunamura. T., 1994．Transactions，Japanese Geomorphological Union.15.253-272.
辻本英和，1985．地理学評論58，180-192.
高橋健一，1975．地理学評論，48，43-62.
植村善博,1981．古今書院，430–437.

Keywords: geopark, topographical features, geological features, fishing ports, San’in Kaigan UNESCO Global Geopark

© 2022 Geological Society of Japan

Utilization of GigaPan ultra high-resolution images of outcrops: Some cases of San-in Kaigan Geopark, Japan

*Norihito Kawamura[1], Takashi Sawaguchi[2], Kyohei Sano[1], Noritaka Matsubara[1]

1. Univ. of Hyogo, 2. Toyo Univ.

背景
GigaPan架台は，モザイク合成のための写真撮影に特化したコンピュータ制御のカメラ雲台である。この架台を用いて自動撮影した多数の画像をモザイク合成することで，数十ギガバイトにも及ぶ1枚の画像（以下，GigaPan画像と称する）を作成できる（例えば，澤口，2022）。GigaPan画像はその解像度の高さを生かし，海外では地質工学分野での利用（Lee et al., 2019）のほか，地質学教育（例えばStimpson et al, 2010; Piatek et al., 2012）にも導入されている。

経緯
演者のうち澤口は，秋田県，男鹿半島・大潟ジオパークの安田ジオサイトの露頭のGigaPan画像を撮影した（川村・澤口，2021）。さらに，露頭の高解像度画像を自由に拡大・縮小して閲覧できるウェブサイトを開発した（澤口ほか，2021；澤口，2022）。野外活動の災害リスクに関する授業において，このウェブサイトを用いて大学生の露頭画像閲覧状況について授業前後で差異を見出すことができ，授業の評価に使用可能であることが明らかになった（澤口ほか，2021）。

ねらい
演者らは，ジオパークのジオサイトにある露頭の観察に利用できるのではないかと考えた。そこで今回は，山陰海岸ジオパークのジオサイトである，豊岡市日高町の後期更新世の神鍋火山，豊岡市竹野町の（通称）猫崎半島の中新統の堆積岩・火山岩体で2ケ所，計3カ所で露頭のGigaPan画像を撮影した。いずれも画像の拡大縮小を繰り返すことで，地質や構造について閲覧者自身が形成過程などについての考えを持てると推測される対象である。これらの画像は，学校教育，社会教育の教材として活用するために撮影した。

撮影方法
澤口（2022）を参照されたい。

作例１：スコリア丘の断面
神鍋火山の画像は，スコリア層の露頭を撮影したものである。GigaPan画像を利用者に閲覧させることで，粒径が異なる粒子で地層が構成されていることや，粒子の形状・内部構造の特徴を画像から見出させることを企図としている。画像閲覧を通じて，火山体（スコリア丘）が，噴火に伴うマグマの飛散により形成されたことを推測させることが可能ではないかと考えている。
作例２・３：堆積岩と堆積構造や火山岩体との関係
猫崎半島の露頭2カ所は，層理が明瞭な堆積岩中の荷重痕と推測される構造および堆積岩と火山岩の境界面である。前者（作例２）は上位の礫岩が下位の砂岩泥岩互層に下方に貫入した堆積構造を撮影したものであり，大規模な荷重痕の形成過程を推論する教材として好適である。後者（作例３）は堆積岩中に流紋岩の岩床が貫入，もしくは溶岩流が堆積岩を覆ったものである。層理や節理の有無を観察することで地質の境界面を見出せることができ，観察を通じて露頭から情報が得られることがわかる。

展望と課題
これらの画像は，山陰海岸ジオパークの観光用，教育用，保全計画用に活用することを想定している。GigaPan画像を閲覧することによる効果を明らかにすることが今後の課題である。

© 2022 Geological Society of Japan

文献
川村教一・澤口　隆（2021）：日本地球惑星科学連合2021年大会.
Lee, H., Mostegel, C., Fraundorfer, F., Kieffer, D. S. (2019) : IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, San Francisco, California, 2018. Springer International Publishing AG, Vol. 6. p. 207-215.
Piatek, J. L.et al. (2012): Developing virtual field experiences for undergraduates with high-resolution panoramas (GigaPans) at multiple scales. In Google Earth and Virtual Visualizations in Geoscience Education and Research, Geological Society of America Special Paper, 492, 305-313.
澤口　隆（2022）：東洋大学紀要　自然科学篇，66，15-32.
澤口　隆ほか（2021）：日本科学教育学会研究会研究報告，35(5)，1-4.
Stimpson, I., et al. (2010): Multi-scale Geological Outcrop Visualisation: Using Gigapan and Photosynth in Fieldwork-related Geology Teaching. https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010EGUGA..12.4702S/abstract

Keywords: GigaPan, Geosite, San-in Kaigan, Mt. Kan-nabe, webpage

© 2022 Geological Society of Japan

GEO Activity Project
-Geoparks Connecting Local Communities-

*Yuki Fujihara[1], San'in Kaigan Geopark Promotion Council

1. San'in Kaigan Geopark Promotion Council

山陰海岸ユネスコ世界ジオパークは，京都府（京丹後市），兵庫県（豊岡市，香美町，新温泉町），鳥取県（岩美町，鳥取市）の3府県（6市町）から構成され，「日本海の形成」をテーマにしたジオパークである．山陰海岸ジオパークエリア内には，日本海の形成に伴う大地の営みの歴史が，岩石や地層として残されており，沿岸部ではそれら地質的背景から形成された海浜や海食地形などを活用し，海水浴や遊覧船といった観光が盛んである．さらに，近年のコロナ禍においては，比較的個人客の多く，野外で密を避けられるシーカヤックやスタンドアップパドル（SUP），シュノーケリングといったアクティビティの人気が高まってきている（松原ほか，2021）．またそれらに伴いアクティビティ事業者から、シーカヤック等の技術だけでなく、海岸地形（洞門や洞窟など）の形成メカニズムや、海中や岸壁に見られる動植物を解説したいなどのガイドのニーズも高まりつつある（金山・太田，2022）．
このような背景から山陰海岸ジオパークでは，推進協議会をはじめとする行政，地域の大学や博物館，アクティビティ事業者やガイドが連携し，「GEOアクティビティプロジェクト」と題した事業を展開している．この事業では，シーカヤック上からガイドするための素材や資料をまとめた“アクティビティガイドのためのテキスト”を作成し，アクティビティ事業者やガイドを対象とした座学と現地講習を実施している．アクティビティガイドの顧客を楽しませる視点と，地形・地質や生物などの専門家の学術的知識を掛け合わせることにより，アクティビティ体験を通して大地（ジオ）とその上に広がる動植物や自然（エコ），私たちの生活・文化・歴史を楽しみながら学ぶことにつながることが期待される．

松原ほか（2021）コロナ禍のジオツーリズム～フィールドの強み：山陰海岸ジオパークの例～．JpGU2021講演要旨．
金山・太田（2022）鳥取県，浦富海岸のガイド資料集作成過程での科学的知識の共有．地形，43-1，41-54．

Keywords: San'in Kaigan UNESCO Global Geopark, Science communication, Sustainable Development

© 2022 Geological Society of Japan

Resetting and evaluation of geosites in Mt. Tsukuba Area Geopark

*Hideo TAKAGI[1]

1. Waseda University

2015年のユネスコの正式事業化に伴い，ユネスコのガイドラインの設定に伴ったジオサイトの定義の変化への対応が求められてきた．ジオサイトの見直しは，筑波山地域ジオパークの緊急の課題となっている．そこで，筑波山地域ジオパーク推進協議会事務局による見直しとは別個に，昨年度に筑波山地域の旧ジオサイトを取材し，ジオサイトの整理と新たなジオサイトの提案も含めながら，Suzuki and Takagi (2018) に基づくジオサイトの評価を行った．この評価法は，6つの主項目（教育的価値Ved，科学的価値Vsc，観光価値Vtr，安全性とアクセスVsa，保全状況とサイトの持続可能性Vcs，情報の整備状況Vti）を3つづつの副項目に分けて，各々1点～4点まで4段階評価した平均値を各主項目の点数として評価したものである．また各ジオサイトについての課題を検討しつつ，今後のジオツーリズムの活用につなげる基礎資料を作成し，2022年3月に事務局に提供した． 旧来の定義に従った広い面積を持つ「ジオサイト」は26箇所設定されており(筑波山地域ジオパークHP)，それらを今回「エリア」と読み替えて新しい定義のジオサイトを設定した．ただし，これまで取材・評価できたのは地質や岩石が優先的にみられる14エリア，19ジオサイトである．なお，旧採石場跡については，事務局からの情報でジオサイトから外す方針であることから，取材対象から外した．結果をまとめると以下のようになる．

（1）ジオサイト評価の総合点で24点満点中18点を超えるジオサイトは筑波山山頂エリアの3ジオサイトと筑波山南麓エリアの筑波山梅林ジオサイト, 崎浜・川尻のカキ礁ジオサイトだけであった．いずれも共通するのはジオサイトに案内板が存在し，観光価値が高いのが特長である．

（2）15点～18点のジオサイトは, 高峯山麓の花崗岩, 椎尾山薬王院, 閑居山の百態磨崖仏, 滝野不動堂の石灰岩である. 高峯山麓の道路沿いの花崗岩は新鮮であることから，案内板が必要．他の3ジオサイトは歴史や文化と関連性が深く，ジオの見どころがあるサイトである．

（3）残りのジオサイトは15点未満となっている. それらが共通する点はVti（情報の整備状況）の評価が低いことであり，拠点には大きな案内板があっても，ジオサイトに案内板がないサイトが大部分であることから，ガイドなしで訪問するのが難しい．個別のジオサイトの案内板は大きくなくても良いので，早急に整備が必要である．そのほか，誘導版，パンフレット，webサイトなどの情報の充実が望まれる．

（4）今回新たに設定した林道今泉吾国線沿いのジオサイトは，八溝帯の要素である付加体の重要な岩石の組み合わせ（石灰岩，チャート，砂岩泥岩）が道路沿いで見られるサイトであることから，変成作用は受けているものの今後の整備と活用が期待される．

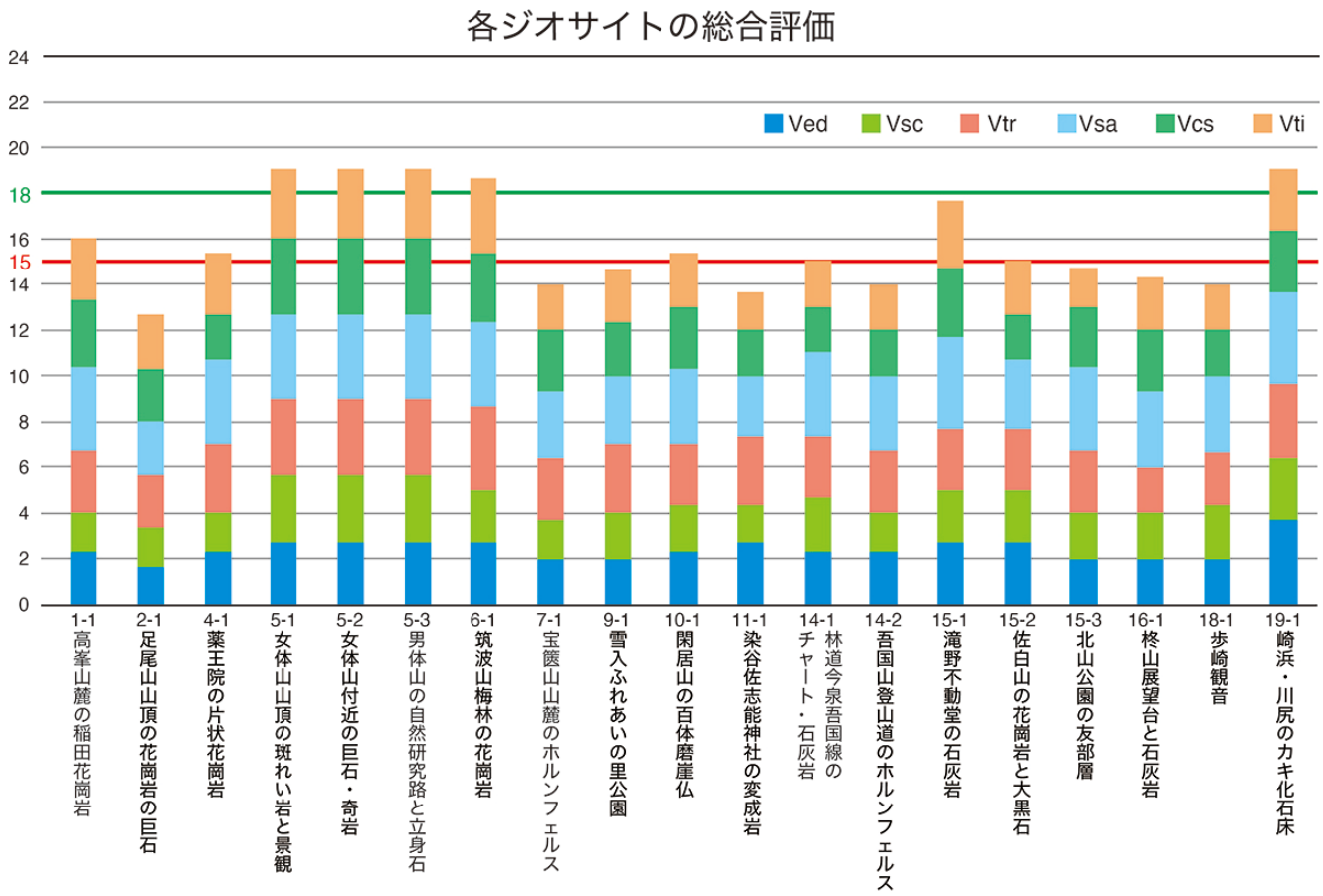
文献

Suzuki, D. A. and Takagi, H., 2018, *Geoheritage*, **10**, 123-135.

筑波山地域ジオパーク・ホームページ（https://www.tsukuba-geopark.jp/sp/）．(2022.6.29参照)

Keywords: Mt. Tsukuba Area Geopark, evaluation of geosite

© 2022 Geological Society of Japan



© 2022 Geological Society of Japan

Practice of Geopark Learning in Itoigawa UNESCO Global Geopark in Cooperation with Prefectural High Schools

*Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Yousuke Ibaraki[1], Suzuka Kooriyama[1], Ko Takenouchi[1], Takeo Kobayashi[2]

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

新潟県糸魚川市にある糸魚川ユネスコ世界ジオパークでは，日本列島の大地を知る活動として地域学習や防災学習を推進してきた．学校や地域住民向けの出前講座では，変動する大地である日本列島の形成史とその大地がもたらした恵みや災害について知り，大地から受ける恩恵と災いは切離せないことを伝えている．

糸魚川市では，学校教育として0歳から18歳までの子ども一貫教育を実施しており，その中にふるさと学習としてのジオパーク学習が体系的に盛込まれている．これは，0歳から8歳を地元ジオサイト体験期，9歳から10歳を地元ジオサイト探索期，11歳から12歳をジオパーク学習期，13歳から18歳をジオパーク研究期としており，保育園・幼稚園の周囲から関心を広げ，最終的にはジオパークを活用した地域づくりの実践や交流活動の推進を目標としている．

現在までのジオパーク学習の到達点は，市内小学校・中学校に対して糸魚川市教育委員会事務局と連携しながら取組みを進めることで，全ての学校で多くの実践がなされている．その一方で，糸魚川市内の高校に対する取組みは遅れがちであった．2019年度に文部科学省の地域との協働による高等学校教育改革推進事業（地域魅力化型）のアソシエイト校に糸魚川市内の高校が認定されたことは，糸魚川市と高校，ジオパーク協議会が一体となったジオパーク学習の推進に対して良い影響をもたらしている．糸魚川高校ではSDGｓを始めとする地域課題の探究活動を実施している．糸魚川白嶺高校では，まちづくりと防災に関わる探究活動を推進し， 新潟県立海洋高校では，水産資源，製造・販売等の探究活動を実施している．特に糸魚川白嶺高校は，白嶺防災フォーラムなどを通じて室戸ユネスコ世界ジオパークの室戸高校ともジオパーク学習で連携し，2021年度に糸魚川フォッサマグナミュージアムと連携協定を締結するなど関係を深めている．

2021年度，糸魚川ジオパーク協議会は，内閣府が主催する防災教育チャレンジプランの実践団体に採択され活動してきた．テーマは，「活火山の新潟焼山を知る！楽しむ！備える！プロジェクト　～ボトムアップの防災学習実践～」である．防災学習の対象である新潟焼山は，日本国内に50山ある気象庁の常時観測火山の一つである．今回の防災教育チャレンジプランでは，活火山である新潟焼山を知り，楽しみ，備えることを目標としている．今回は，糸魚川白嶺高校を舞台として，地域住民や大学研究者，他地域のジオパーク関係者，山岳団体など多くの関係者と関係を持ちながらボトムアップのジオパーク学習を実践したことから報告する．

学校での焼山を知る・楽しむ・備える活動として，糸魚川白嶺高校での新潟焼山防災学習を実践するにあたり重要視したことは，一方的に教える従来の出前授業形式ではなく，双方向の学びの場とすることであった．初回は生徒を対象に新潟焼山の何を知りたいかワークショップ形式で意見出しを行い，主催者側の押しつけではない自発的な学びのきっかけを作る努力をした．次に，生徒の興味・関心を念頭に，高校での講義を実施した．ジオパークのネットワークを生かし，新潟焼山を研究している大学教員や類似した活火山を有した島原半島ジオパーク，洞爺湖有珠山ジオパークの専門員にも講師をお願いした．これは，高校のICT設備を活用し，Zoomを利用した講義で実現した．学習の成果は，2月に開催された「高校生国際交流会（高知県室戸高校主催）」で発表した(図1).

このような，生徒の意見を聞きながらボトムアップの活動を推進することは大きな労力や時間を必要とする．しかし，レジリエンスの本質を考えた際に，行政や研究者からの押しつけで防災力は向上していくものではなく，地域住民の生活や人間関係から育まれ向上していくものであることから，今後とも学校と連携したボ

© 2022 Geological Society of Japan

トムアップのジオパーク活動を推進していきたい.

Keywords: Itoigawa UNESCO Global Geopark, Fossa Magna Museum, Mt. Niigata-Yakeyama, Geopark Study

発表用の資料は、Google Classroomで共有しながら、iPadで作成

高校での発表練習

2022年2月4日の交流会での発表の様子

© 2022 Geological Society of Japan

Earth science education using SDGs

*Suzuka KOORIYAMA[1], Yousuke Ibaraki[1], Takahiko Ogawara[1], Takuma Katori[1], Takeo Kobayashi[2], Ko Takenouchi[1]

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

近年SDGsに関する取り組みを耳にする機会が増えてきた.SDGsとは2015年9月の国連サミットで採択された,国連加盟193か国が2016年から2030年の15年間で達成するために掲げた目標である.17のゴールとそれらを達成するための169のターゲットで構成されており,国連加盟国が達成に向けて活動している.国内では2020年ごろから急速に普及し始め,現在の認知度は86%（2022年,電通による調査）に上り,前年度の同調査から30ポイント以上も上昇している.急速な認知度の向上は,企業の積極的なプロモーション活動およびゼロカーボン・レジ袋の有料化などの身近な政策により広く認知されるようになったものであると考えられる.
このSDGsゴールのなかでもとくに「11住み続けられるまちづくりを」,「13気候変動に具体的な対策を」,「14海の豊かさを守ろう」,「15陸の豊かさも守ろう」は地球科学分野にも関連が深い.自然災害に関する知識や,地球温暖化や海水準変動等の科学的根拠のある正確な情報を知ることが求められている.2030年までにSDGsのこれらのゴール達成に向けては,正しい知識を持ったうえで課題解決に向けて行動していくことが必要不可欠である.
本発表では,糸魚川ユネスコ世界ジオパークにおけるSDGs普及の実践事例を共有する.糸魚川ジオパークでは2020年にプロジェクトデザイン及びイマココラボが開発したゲーム『2030ＳDGs』ゲームを活用した講演会を開催し,市内外から約60名が参加した.現在も本カードゲームを活用して小学校に出前講座を行うことでSDGsの普及活動を実践している.
糸魚川ジオパークでは,ＳＤＧｓの取り組みが始まる以前より,地域の地質学的遺産を保全しながら活用し,持続可能な地域づくりの取り組みを行ってきており,今後も積極的なＳDGsの実践活動を行っていく.また,新潟県糸魚川市のフォッサマグナミュージアムは公益財団法人日本環境協会ESD（Education for Sustainable Development）活動支援センターが指定するESD拠点としても2020年に登録されており,今後さらなるSDGｓに関連した教育普及活動が求められる.地球科学分野の博物館として,今後どのようなSDGｓへの貢献が必要かを議論していく.

Keywords: SDGs, Earth science education, Geopark

© 2022 Geological Society of Japan

Japan Sea opening event and geopark

*Kazuo AMANO[1,2]

1. Center for Spatial Information Science, The Univerrsity of Tokyo, 2. Japan Geopark Academic Support Union(JGASU)

ジオパークでは，地球・大地（ジオ）の上に広がる動植物の生態系の中で，人間の文化，産業，歴史を学び，地域の魅力を知るとともにそれを教育や観光に活用しようという目的をもって，活動が展開されている．その際，日本列島形成史に関する知識が基本となる．地質学を中心とした地球科学の学術研究の最新の結果を組み入れた知識の枠組みの中で，ジオパークのストーリーが学際的に展開されることが必要となろう．

日本列島形成史は，7億年前から5億年前の大西洋型受動的大陸縁のステージ，5億年前から2000万年前の太平洋型活動的大陸縁のステージ，2000万年前以降の島弧のステージに分けられる（磯崎ほか, 2011）．活動的大陸縁ステージを特徴づけるものは付加体であり，島弧のステージを特徴づける事件は日本海の拡大である．日本列島形成史は，現在も精力的に進められている研究対象であるが，必ずしも定説はない．しかし，歴史の大部分が活動的大陸縁と島弧であったと言う大きな枠組みは今後も変わることはないものと考えられる．

2022年1月現在，日本には9地域のユネスコ世界ジオパークを含む46地域のジオパークがある．それぞれのジオパークでは，地域のジオの特徴を生かしたストーリーが作られている．大部分は工夫された良いストーリーであるが，日本のジオパークが総体として世界に何をアピール出来るかという点では課題が残る．活動的大陸縁から島弧の形成という，日本列島の地球科学的特徴を前面に押し出したストーリーの構築が必要となろう．

日本のジオパークの分布を地域別に調べてみると，東北，中部，九州，関東，北海道，近畿・中国地方は13～18%で大きな差はない．四国は7%であるが，面積が狭いことを考慮すると，全国にジオパークはおおよそ均一に分布していると言える．日本列島形成史の様々の局面のストーリーを網羅することが可能と思われる．次にそれぞれのジオパークの主要テーマを1ジオパークにつき1つのキーワードを当てて分類して見ると，『第四紀火山』が最も多いが，『日本海の形成』と『グリーンタフ』を合わせたものがそれに続いている（図1）．これは，島弧の形成に関するテーマを扱っているジオパークが多いことを示している．

日本海拡大事件は，日本列島形成にとって重要であるが，現時点で必ずしも定説はない（柳井ほか, 2010; 天野・細井, 2021）．本講演では，日本海の形成に関するストーリーが各地のジオパークでどう扱われているかを検証し，日本のジオパークのストーリーが今後一層国際性を持つための課題ついて考察したい．

［文献］

天野一男・細井　淳, 2021, 東北日本のグリーンタフ地域における日本海拡大期に関する研究史．地質雑, **127**, 381-394.

磯崎行雄・丸山茂徳・中間隆晃・山本伸次・柳井修一, 2011, 活動的大陸縁の肥大と縮小の歴史-日本列島形成史アップデイト-. 地学雑誌, **120**, 65-99.

柳井修一・青木一勝・赤堀良光, 2010, 日本海の拡大と構造線：MTL, TTLそしてフォッサマグナ．地学雑誌, 119, 1079-1124.

Keywords: geopark, Japan Sea opening, green tuff, geologic development of Japanese Island

© 2022 Geological Society of Japan

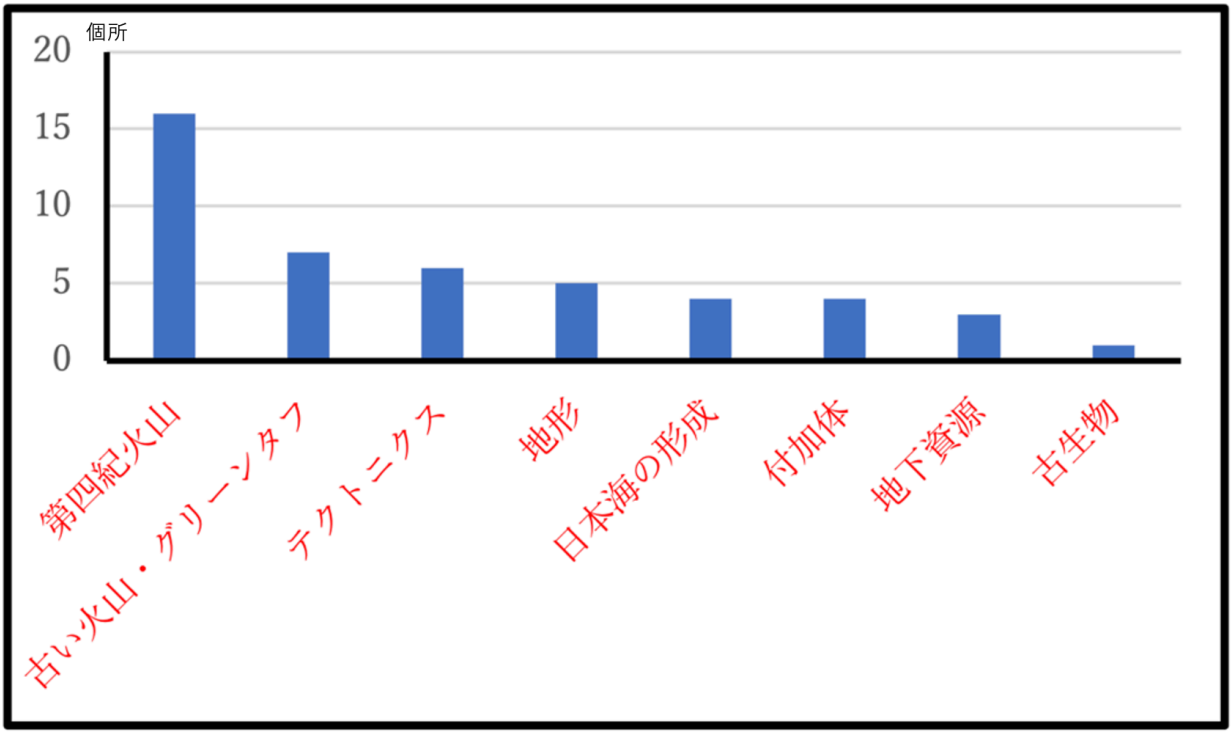


図1　日本のジオパークのテーマ

© 2022 Geological Society of Japan

Mineral Resources for the Erection of the Great Buddha of Nara and Geoparks in Japan

*Eikichi TSUKUDA[1]

1. Geological Survey of Japan, AIST

奈良大仏造営の国家的事業には、当時最高の土木・建築技術、鉱山採掘・精錬技術が必要であり、渡来系を中心とする技術者集団が活躍した。701年大宝律令や718年の養老律令の制定、720年の日本書記の完成など天皇を中心とする中央集権体制が浸透し、全国から資源情報の収集体制が可能となっていた。741年には聖武天皇により諸国に仏教による国家護持のために国分寺の建立が発願され、国家仏教政策が勧められた。当時の政情不安や734年の畿内七道の地震、737年の天然痘大流行などの社会不安が大きく影響したものと考えられている。大仏制作を行った技術者としては大仏師として国中連公麻呂、鋳師として高市大国、高市真麻呂らの名が伝わっているが、この事業全体の総指揮を執ったのが、灌漑事業を主導し土木技術者集団の信頼の厚かった大僧正「行基」である。今回の発表では大仏建立に必要な金属資源に注目し、大仏本体を作る銅、そして鍍金に必要な金と水銀に関連して、日本のジオパークを繋ぐ話題提供を試みる。

大仏は最初紫香楽宮で造られ始めたが、都を平城京にもどして、新たに大和国の国分寺としての東大寺が造営され、その本尊として大仏が建立された。銅はMine秋吉台ジオパークのジオサイトの一つ長登（ながのぼり）銅山から産出されたことがわかっており、このジオパークの主要地質体である秋吉石灰岩と白亜紀の花こう斑岩の接触交代作用により形成されたものである。長登は奈良に銅を出荷する「ならのぼり」が変化したものと伝えられていたが、昭和63年の東大寺大仏殿西回廊西隣の奈良県立橿原考古学研究所の発掘調査の際に大仏建立時の遺物が大量に発見され、木簡の解読やや青銅塊の化学分析結果により、奈良大仏の原料銅は長登銅山由来のものであることが確実となり、これまでの伝承が実証された。長登銅山の発掘調査によると8世紀初頭には採銅・精錬のための官衙（役所）があったことがわかっており、銅イオンを含む地下水の効果により保存状態のよい木簡が多数見つかっており、さらに多くの木簡が未発掘のまま残されている。

「続日本紀」には708年に武蔵国秩父郡が和銅（にぎあかがね・自然銅）を献上し、これを喜んだ元明天皇が年号を「和銅」と改めたと記されている。和銅元年には和同開珎が発行され、初めて広く流通した最古の公鋳の日本の貨幣と知られている。 和銅遺跡（秩父ジオパーク）はこの和銅採掘露天掘り跡とされ、出牛-黒谷断層の破砕帯付近に位置している。なお、和同開珎は上記の長登鉱山産出の銅が多く使われたことが判っている。8世紀初頭には日本の各地域で鉱物資源開発が振興されていたことが推察される。

大仏は745年に建設工事が開始され、鋳造は747年から始まり749年まで2年余りかけて終了している。天平勝宝4年（752年）4月に開眼供養会が行われたが、大仏は完成しておらず、鋳造の不具合を修正したり、補強したり、表面を平滑にする仕上げ作業は755年まで続けている。鍍金作業は開眼供養会の直前752年3月に開始され、757年に作業が完了したと「正倉院文書」に記されている。高さ16mの世界最大の金銅大仏・大仏殿建立という国家プロジェクトは完成までに12年の歳月を要している。熟銅は496㎏使われた。

「続日本紀」によれば、749年に陸奥国守であった百済王敬福が陸奥国小田郡（宮城県遠田郡涌谷町）で採取した砂金九百両（約13kg）を聖武天皇に献上している。涌谷町にある国史跡黄金山産金遺跡で天平年間に建立された仏堂跡が見つかっている。国内で待望の砂金が発見されたことに聖武天皇は大いに慶び、年号を「天平」から「天平感宝」へと改元した。大伴家持は「すめきろの　みよさかえんと　あずまなる　みちのくやまに　くがねはなさく」（万葉集）と歌っている。後の奥州藤原氏の平泉文化を支えた北上山地南部地域の自然金は、肉眼でも確認できる粒の大きさが特徴とされている。ちなみに涌谷町の北東にある三陸ジオパークに属する宮城県気仙沼市北部の鹿折金山で1904年に重さ2.25㎏、含有率 83%の「モンスターゴールド」が発見され、同年開催の米国セントルイス万国博覧会に出品され、青銅メダルを受賞している。元の大きさの6分の1のものが地質標本館で展示されているが、これは故徳永重元氏が上記金塊を発見した父徳永重康（元早稲田大学理工学部教授、元地質学会会長）が残したものを寄贈したものである。

鍍金は水銀アマルガム法により行われ、使用された錬金の量は146㎏、水銀は820㎏であると「東大寺要録」に記録されている。水銀は丹生族などの技術集団が水銀の採掘・精錬をしながら西南日本外帯の四国や和

© 2022 Geological Society of Japan

歌山などの山地を移動していたと考えられ、各地に丹生の地名や神社・遺跡を残している。

Keywords: Geoparks, The great buddha, Naganobori cupper mine, Wakuya town, Gold, Mine-Akiyoshidai Karst Plateau Geopark, Mercury

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T10. [Topic Session] Frontiers of Mineral Resources Research

[2oral111-23] T10. [Topic Session] Frontiers of Mineral Resources Research

Chiar:Shiki MACHIDA, Keishiro AZAMI

Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:15 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[T10-O-1] (Invited) The latest genetic model and initial formation process of seafloor hydrothermal deposit revealed by drilling cruises

*Tatsuo Nozaki[1,2,3,4] (1. JAMSTEC, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kobe Univ., 4. ChibaTech)

1:30 PM - 2:00 PM

[T10-O-2] Mineralogical and geochemical studies of gold mineralisation in the Sado deposit, Niigata Prefecture, Japan

*Tomohiko SAWAZAKI[1], Mizuki ISHIDA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Yasuhiro KATO[1,2] (1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology)

2:00 PM - 2:15 PM

[T10-O-3] High-throughput spectral data analysis in laser-induced breakdown spectroscopy using the spectrum adapted ECM algorithm

*Tarojiro Matsumura[1], Tomoko Takahashi[2,4], Kenji Nagata[3], Yasunobu Ando[1], Akira Yada[1], Tatsu Kuwatani[2] (1. Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute for Materials Science, 4. The University of Tokyo)

2:15 PM - 2:30 PM

[T10-O-4] Age determination of REY-rich mud around Minamitorishima Island using ichthyolith biostratigraphy via a deep-learning-based image detection system

*Takahiro KITAZAWA[1], Kazuhide MIMURA[2,1], Kazutaka YASUKAWA[1], Junichiro Ohta[1,2], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2] (1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology)

2:30 PM - 2:45 PM

[T10-O-5] Process of hydrothermal activity estimated from independent component analysis

*Keishiro AZAMI[1], Shiki MACHIDA[2], Naoto HIRANO[3], Kentaro NAKAMURA[4], Kazutaka YASUKAWA[4], Tetsu KOGISO[5], Yasuhiro KATO[4,2] (1. Waseda University, 2. Chiba Institute of Tecnology, 3. Tohoku University, 4. The University of Tokyo, 5. Kyoto University)

2:45 PM - 3:00 PM

[2oral111-23-7add] Break

3:15 PM - 3:30 PM

©The Geological Society of Japan

[T10-O-7] Statistical analyses on global geochemical data structure of deep-sea sediments

*Masahiro Hirako[1], Kazutaka Yasukawa[1], Kentaro Nakamura[1,2], Yasuhiro Kato[1,2] （1. Univ. of Tokyo, 2. CIT）

3:30 PM - 3:45 PM

[T10-O-8] Chemostratigraphy of Minamitorishima REY-rich mud: A new approach using machine learning

*Kentaro NAKAMURA[1] （1. The University of Tokyo）

3:45 PM - 4:00 PM

[T10-O-9] Downhole variations of mineral composition and grain size in a deep-sea sediment core with three REY peaks collected from the Minamitorishima EEZ

*Yuta ODA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2] （1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology）

4:00 PM - 4:15 PM

[T10-O-10] Analysis of growth history of ferromanganese nodules using the X-ray CT and the multichemical feature map

*Shiki MACHIDA[1,2], Kentaro NAKAMURA[2,1] （1. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo）

4:15 PM - 4:30 PM

[T10-O-11] Elemental mapping of nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ using µXRF

*Makoto YAZAKI[1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Shiki Machida[2], Kazutaka Yasukawa[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Yasuhiro Kato[1,2] （1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute Technology）

4:30 PM - 4:45 PM

[T10-O-12] Elucidating the timing and characteristics of a growth hiatus of the Minamitorishima ferromanganese nodules based on age dating through Os isotope stratigraphy and elemental mapping using μ XRF

*Sota Aoyagi[1], Junichiro Ohta[1,2], Moei Yano[2], Kazuhide Mimura[2], Keishiro Azami[3], Tatsuo Nozaki[4,1,5,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka Yasukawa[1], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[1,2] （1. The University of Tokyo, 2. Chiba institute of Technology, 3. Waseda University, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Kobe University）

4:45 PM - 5:00 PM

[T10-O-13] Os isotopic record during the Early Cretaceous seawater reconstructed from the Yokonami umber

*Koichiro Fujinaga[1,2], Moei Yano[1,2], Kazutaka Yasukawa[2], Kentaro Nakamura[2,1], Junichiro Ohta[2,1], Yusuke Kuwahara[2], Ken Nakayama[3], Yasuhiro Kato[2,1] （1. CIT, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kochi Univ.）

5:00 PM - 5:15 PM

©The Geological Society of Japan

The latest genetic model and initial formation process of seafloor hydrothermal deposit revealed by drilling cruises

*Tatsuo Nozaki[1,2,3,4]

1. JAMSTEC, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kobe Univ., 4. ChibaTech

1977年のガラパゴス海嶺における海底熱水噴出孔の発見以来，世界で700を超える海底熱水サイトが報告されている．日本近海では1986年の伊平屋小海嶺東方なつしま84-1海丘における低温熱水湧水域の発見を端緒に，沖縄トラフおよび伊豆・小笠原海域から30を超える熱水サイトが発見されている．その後，船舶や探査機による調査から海底面上の試料・データに関する膨大な知見が得られているが，海底下の地球科学的事象を直接的に観察するには高コストの掘削しか手段がなく，海底下鉱化作用についてはいまだ不明な点が多い．そのような中，2010～2016年にかけて地球深部探査船「ちきゅう」による4度の掘削航海が沖縄トラフで行われた．本講演では，これらの航海から描像された海底下鉱体の成因モデル・初期形成過程について論じる．

海底下軽石置換鉱化作用の提唱：2016年11～12月に中部沖縄トラフ伊是名海穴においてCK16-05航海が行われた．本航海ではJOGMECニュースリリース (2013，2016) と同様に，北部マウンド中心に位置するHole C9027A，Bおよび北部マウンド東方のHole C9025A，C9026A，C9028A，C9032Aで硫化鉱を捉えた．特に，北部マウンド東方では層厚30～35 mの海底下鉱体を捉えたが，硫化鉱は複数枚の非変質～弱変質堆積物を挟在し，単純一様な塊状鉱体ではなかった．Hole C9025A，C9026A，C9032Aの物理検層によるガンマ線強度は類似の深度プロファイルを示し，海底下鉱体に挟在する堆積物が広く延長している．また，Hole C9025A，C9026Aにおいて，海底下鉱体とその上位の堆積物層の連続的採取に成功した．船上記載とXRD分析から，海底下鉱体の上部境界は上位～下位にかけて，硬石膏に富む中性変質粘土層⇒カオリナイトに富む酸性変質粘土層⇒重晶石に富む層 (硬石膏層に由来)⇒硫化鉱と遷移する．このような層準変化は，上部境界ほど明瞭でないが海底下鉱体の下部境界でも観察される．また，北部マウンド北方あるいは北西のHole C9029A，C9030Aからは細粒～粗粒軽石が互層するコア試料が，カルデラ底の東端よりさらに東方に位置するHole C9031Aからは半遠洋性堆積物に富むコア試料が得られている．したがって，伊是名海穴の海底下鉱体は軽石と堆積物の互層を受け皿とし，透水率の高い軽石層を置換しながら鉱化作用が進行していると考えられる．また，堆積物との境界部では硬石膏のキャップ層が形成され，海底下の熱水移動を側方規制していたと考えられる．キャップ層直上の酸性変質粘土層は，キャップ層からしばしば漏れ出る酸性流体により，pHが間欠的に低下して形成されたと考えれば調和的である．以上から，海底下鉱体は硬石膏キャップ層と外側にしばしば酸性粘土層を随伴し，熱水活動の強弱に伴いキャップ層を移動させながら成長していると考えると，コア試料の記載・岩相・構成鉱物・同位体比組成を調和的に説明できる．

鉱床の初期形成過程と微生物活動の関係：海底熱水鉱床と聞くと300度を超える熱水が噴出するイメージから，生物の生息限界温度 (122度) より高温の無機化学的反応が支配する世界を想像する．したがって鉱床学者も含め，海底熱水鉱床生成における微生物活動の寄与はマイナーであるというのが通説である．しかし，沖縄トラフの掘削コアおよびチムニー中の黄鉄鉱粒子の局所硫黄同位体比組成 ($d^{34}S$) 分析を行った結果，鉱床の初期形成過程に微生物活動が大きく寄与していることが明らかとなった． 分析には，2010～2016年に沖縄トラフで行われた4度の掘削航海のコア試料および人工熱水孔上のチムニーを用いた．マウンドおよび海底下鉱体中の黄鉄鉱は，成熟度に応じて『フランボイダル⇒コロフォーム⇒自形』組織を示す．これらの黄鉄鉱粒子の$d^{34}S$は，鉱化作用の進行に伴い，大きく負の値から正の値へと漸移する．特に，フランボイダル黄鉄鉱の$d^{34}S$は最低で-38.9‰を示し，海水硫酸 (+21.2‰) と比べて-60‰に達する同位体分別が起こっている．一方，チムニー中の黄鉄鉱は，組織・晶出順序に関わらず約0‰の$d^{34}S$を示した．海底熱水鉱床中の硫黄の起源として，(1) マグマ起源，(2) 硫酸塩鉱物や海水硫酸の熱的還元，(3) 海水硫酸の微生物還元の3つが考えられるが，(1) および (2) では-60‰に達する$d^{34}S$の分別を説明できない．また，フランボイダル黄鉄鉱は，しばしば黄銅鉱や方鉛鉱などの他の硫化鉱物に置換されており，引き続く鉱化作用で鉄や硫黄を供給する『核』と

© 2022 Geological Society of Japan

なっている．したがって，海底下鉱体の初期生成過程は微生物硫酸還元プロセスにより促進されていることが明らかとなった．

Keywords: seafloor hydrothermal deposit, subseafloor mineralization, microbial activity, drilling cruise, Okinawa Trough

© 2022 Geological Society of Japan

Mineralogical and geochemical studies of gold mineralisation in the Sado deposit, Niigata Prefecture, Japan

*Tomohiko SAWAZAKI[1], Mizuki ISHIDA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Yasuhiro KATO[1,2]

1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology

日本に存在する鉱山の多くは，既に操業を終えて閉山している．しかしながら，2016年頃からJapan Gold Corp. やIrving Resources Inc. などの海外資本が日本国内での金鉱床探査に本格的に乗り出しており，日本の金鉱床に対する注目度が再び高まっている．
金鉱床を探査する上で重要な鍵となる情報が，鉱床の成因である．世界に存在する金銀鉱床の多くは，地殻中の高温流体 (熱水) が有用な金属元素を溶解・運搬し，温度や圧力などの変化に伴って金属が沈殿することで形成された熱水性鉱床に分類される．日本で採掘された金も，その総量の9割以上は，熱水性鉱床の中でも地下浅部 (~1 km) で生成した浅熱水性鉱床から生産されたものである[1]．しかし，浅熱水性金鉱床の成因は，未だ完全に解明されているとはいえない．その原因のひとつとして，鉱床の生成年代の情報が不足していることが挙げられる．鉱床の生成年代を精確に明らかにすることは，元素の濃集を引き起こした地質学的現象が何であるかを解明するための大きな手掛かりとなり[2]，熱水性鉱床の成因に重要な制約を与えることにつながると期待される．
本研究で対象とした佐渡鉱床は，新潟県佐渡島南西部に位置する浅熱水性金銀鉱床である．佐渡鉱床の歴史は古く，1600年代前半に最盛期を迎え，年間で金を400 kg，銀を40 t以上生産し，当時の日本最大の金銀山として栄えた．佐渡鉱床の現在までの産金量は，国内では鹿児島県の菱刈鉱山に次ぐ第2位となっている [4]．しかしながら，現在も操業中の高品位鉱山である菱刈鉱山の研究は精力的に行われているのに対して，佐渡鉱床の研究は，その鉱床規模や歴史的重要度に鑑みて十分とはいえない．特に，鉱床の形成年代については，氷長石を用いたK-Ar法による年代測定から，鹿園ほか (1982) [5] は14 Ma，通産省 (1986) [6] は24 Maとするなど，複数の年代が得られており，未だコンセンサスが得られていない．
その原因のひとつとして，年代決定手法の問題が挙げられる．これまで佐渡金山を含む国内の金鉱床では，鉱石鉱物そのものではなく，脈石鉱物である氷長石を用いたK-Ar法による年代測定によって，間接的に鉱床の生成年代が求められてきた．一方，近年硫化鉱物に富む鉱床において，レニウム (Re)-オスミウム (Os) 法による年代測定によって鉱石鉱物そのものから生成年代が直接得られている [3]．そのため，金鉱化作用に関連して生成された硫化鉱物に対してもRe-Os法を適用することができれば，浅熱水性金鉱床の精確な生成年代を決定するうえで有効と考えられる．
そこで本研究では，佐渡鉱床の様々な鉱脈に産する鉱石試料について、Re-Os法による年代決定が適用可能かどうかの検討を行う．そのために，まず鉱物学的および地球化学的な特徴を把握することを第一の目的とする．こうした鉱物学的・化学的データは，佐渡鉱床に適した年代決定法を検討し，佐渡鉱床の鉱化年代を鉱脈毎に決定していくうえで重要となる．これまでに，東京大学総合研究博物館の保有している佐渡鉱床の鉱石計35試料に対して，SEM-EDSによる観察と元素マッピングおよびICP-MSによる微量元素分析を実施した．その結果，佐渡鉱床の鉱石試料は，(1) 金銀鉱物を伴わない硫化鉱物主体の低品位鉱石，(2) 銀鉱物を伴う硫化鉱物主体の中品位鉱石，(3) 金銀鉱物が主体の高品位鉱石，の3グループに分類できることが分かった．特に，(3) の高品位鉱石については，卑金属鉱物と共生する超高品位鉱石と，金銀鉱物のみの高品位鉱石へとさらに分類された．これらの鉱物組み合わせから，硫化鉱物は佐渡鉱床の鉱化作用を特徴付けており，年代決定に有用であると考えられる．本講演では，上述した佐渡鉱床の試料の鉱物学的・地球化学的特徴の詳細を述べ，今後の年代決定および鉱床成因の解明へ向けた議論を行う．

<引用文献> [1] S. Garwin et al. (2005), Econ. Geol. 891-930. [2] Yang JH et al. (2002) Geology **29** 711–714. [3] 野崎達生ほか(2014) 地球化学．**48**，279-305. [4] 渡辺寧 (2004) 地質ニュース**599**, 31-39. [5] 鹿園直建, 綱川秀夫. (1982) *鉱山地質* **32**(6), 479-482. [6] 通商産業省資源エネルギー庁 (1986): 昭和61年度広

© 2022 Geological Society of Japan

域調査報告書. 佐渡地域.

Keywords: epithermal deposit, gold mineralization, Sado deposit, ICP-MS, SEM-EDS

© 2022 Geological Society of Japan

High-throughput spectral data analysis in laser-induced breakdown spectroscopy using the spectrum adapted ECM algorithm

*Tarojiro Matsumura[1], Tomoko Takahashi[2,4], Kenji Nagata[3], Yasunobu Ando[1], Akira Yada[1], Tatsu Kuwatani[2]

1. Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute for Materials Science, 4. The University of Tokyo

レーザー誘起ブレークダウン分光法(LIBS)は，海洋底探査における海中の岩石や堆積物のオンサイトで実行可能な元素分析手法として知られている[1, 2]．しかし，水中でのLIBSによって得られたスペクトルデータの解析は，観測プラズマの寿命が短いことや激しいピークブロードニングなどにより複雑な形状のバックグラウンド成分の除去や多数のピーク成分の分離といった煩雑な作業が必要になる．このような作業は，一般に，手作業による試行錯誤を要し，短時間に多くのスペクトルデータを処理することは困難である．そのため，大量のスペクトルデータが現場で手に入ったとしても，解析作業が手に負えず，実際に取り扱えるデータの数が制限されてしまっていた．

発表者らは煩雑なスペクトルデータ解析作業の効率化を目指して，機械学習で利用されるEMアルゴリズムを応用したスペクトルデータ解析手法の開発に取り組んできた[3, 4]．最近では，拡張手法として，柔軟にフィッティングモデルを扱えるspectrum adapted ECM algorithmを提案している[4]．この手法はスペクトルデータの測定エネルギーステップに対応した強度をデータの重みとして取り扱うことによって，スペクトルデータの一次元への変換を行うことなく，計算挙動の安定化と高速化を実現している．

本発表では，Spectrum adapted ECM algorithm のさらなる拡張として，ノンパラメトリックなバックグラウンド処理手法であるBaseline estimation and denoising using sparsity[5]とSpectrum adapted ECM algorithm[4]を組み合わせたスペクトルデータ解析手法を提案する．この手法によってバックグラウンド処理と効率的なピークフィッティングを同時に実行可能とした．本発表では，この手法の概要とレーザー誘起ブレークダウン分光法におけるスペクトルデータ解析への適用例を紹介する．

引用文献

[1] Thornton, B., Takahashi, T., Sato, T., Sakka, T., Tamura, A., Matsumoto, A., Nozaki, T., Ohki, T. & Ohki, K. (2015). Development of a deep-sea laser-induced breakdown spectrometer for in situ multi-element chemical analysis. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, *95*, 20-36.

[2] Takahashi, T., Yoshino, S., Takaya, Y., Nozaki, T., Ohki, K., Ohki, T., Sakka, T. & Thornton, B. (2020). Quantitative in situ mapping of elements in deep-sea hydrothermal vents using laser-induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, *158*, 103232.

[3] Matsumura, T., Nagamura, N., Akaho, S., Nagata, K., & Ando, Y. (2019). Spectrum adapted expectation-maximization algorithm for high-throughput peak shift analysis. *Science and Technology of Advanced Materials*, *20*(1), 733-745.

[4] Matsumura, T., Nagamura, N., Akaho, S., Nagata, K., & Ando, Y. (2021). Spectrum adapted expectation-conditional maximization algorithm for extending high–throughput peak separation method in XPS analysis. *Science and Technology of Advanced Materials: Methods*, *1*(1), 45-55.

[5] Ning, X., Selesnick, I. W., & Duval, L. (2014). Chromatogram baseline estimation and denoising using sparsity (BEADS). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *139*, 156-167.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: high-throughput spectral data analysis, Spectrum adapted ECM algorithm, laser-induced breakdown spectroscopy

© 2022 Geological Society of Japan

Age determination of REY-rich mud around Minamitorishima Island using ichthyolith biostratigraphy via a deep-learning-based image detection system

*Takahiro KITAZAWA[1], Kazuhide MIMURA[2,1], Kazutaka YASUKAWA[1], Junichiro Ohta[1,2], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2]

1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology

2011年に加藤ら [1] は，レアアースを豊富に含む深海堆積物「レアアース泥」が太平洋に広く分布しており，新たなレアアース資源となりうることを報告した．さらに2013年には，南鳥島周辺の日本の排他的経済水域内において，総レアアース濃度が5,000 ppm を超える極めて高品位なレアアース泥を発見し [2, 3]，産学官による開発に向けた機運が高まっている．このレアアース泥を効率的に探査するためには，その成因を明らかにし，レアアースの濃集に必要な条件を満たす有望海域を理論的に絞りこむことが重要である [4]．この成因解明の鍵となるのが，堆積年代である．
しかし，レアアース泥が区分される遠洋性粘土は珪質・石灰質の微化石をほとんど含まず，また古地磁気の記録も不明瞭である．そのため，海底堆積物の年代決定に一般的に用いられる珪質・石灰質微化石層序や古地磁気層序といった手法を適用することができず，堆積年代の決定は非常に難しいとされてきた．そこで着目されたのがイクチオリスと呼ばれる，魚類の歯や鱗の微化石である．イクチオリスは難分解性のリン酸カルシウムで構成されているため，海底堆積物中に普遍的に存在することが知られている [5]．イクチオリスの生層序は1970ー80 年代に確立され，深海掘削計画 (DSDP) などで得られた遠洋性粘土コアの堆積年代決定に適用されてきた [6]．そして，近年の我々の研究により，イクチオリス層序がレアアース泥の堆積年代決定にも有効であることが確認された [7].
しかしながら，従来のイクチオリスを用いた手法では，顕微鏡を用いてイクチオリスを1つ1つ手作業で分類する必要があり，作業効率の低さが大きな課題であった．この問題を解決するために，我々は深層学習モデルを用いたイクチオリスの自動検出システムを構築し，顕微鏡画像からイクチオリスを効率的に観察することを可能にした [8]．このシステムを用いて，南鳥島EEZ内で採取されたコア試料 (MR14-E02 PC05) を対象にイクチオリスの検出と鑑定を行った結果，本手法が実際に年代決定に利用可能であることが示された [9]．さらなる効果的な年代制約のために，我々はこれまで行えていなかった鱗の検出を目的として，新しい物体検出モデル [YOLO-v5] の使用の検討を進めている．本発表では現在までの検討結果と今後の展望について報告する．

<引用文献>
[1] Kato et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
[2] Iijima et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
[3] Takaya et al. (2018) *Scientific Reports* **8**, 5763.
[4] 安川ほか (2018) *地球化学* **52**, 171-210.
[5] Sibert and Norris (2015) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, 8537-8542.
[6] Doyle and Riedel (1985) *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **86**, 349-366.
[7] Ohta et al. (2020) Scientific Reports, 10, 9896.
[8] Mimura et al., submitted to *Applied Computing and Geosciences*
[9] 北澤ほか (2022), 日本地球惑星科学連合.

Keywords: ichthyolith, biostratigraphy, deep learning, object detection, REY-rich mud

© 2022 Geological Society of Japan

Process of hydrothermal activity estimated from independent component analysis

*Keishiro AZAMI[1], Shiki MACHIDA[2], Naoto HIRANO[3], Kentaro NAKAMURA[4], Kazutaka YASUKAWA[4], Tetsu KOGISO[5], Yasuhiro KATO[4,2]

1. Waseda University, 2. Chiba Institute of Tecnology, 3. Tohoku University, 4. The University of Tokyo, 5. Kyoto University

海底火山活動に伴う熱水活動の中でも，熱水の温度が300℃を越える高温熱水活動は資源的価値の高い硫化物鉱床を伴うため，多くの研究がなされている [1]．一方，高温熱水活動域の周辺や小規模火山では低温（＜150℃）の熱水から鉄マンガン (Fe-Mn) 酸化物が析出する低温熱水活動が確認されているが，活動プロセスや高温熱水活動との関係など未解明な部分は多い．しかし，海底熱水活動の熱水循環システム全体を理解するためには，低温熱水活動を含めた議論が必要不可欠である．
低温熱水活動の中でも，低温熱水が堆積物中を海底面方向へ上方拡散する (diffuse flow) 活動形式の場合，堆積物-海水境界付近でFe-Mn酸化物が析出するため，(しばしば熱水変質した) 堆積物や火山砕屑物を多量に含む熱水性Fe-Mn酸化物が形成する [2]．また，活動初期に形成したFe-Mn酸化物がキャップロックとなって海底面からの熱水の流出を妨げるため，Fe-Mn酸化物は堆積物中で下方向へと成長してゆく事が知られている [3]．キャップロックによって金属を含む熱水の流出が妨げられた結果，Fe-Mn酸化物が効率よく金属を取り込み，Co, Ni, Cuの合計濃度が4%を超えた事例も報告されている [4]．このように，キャップロックの形成過程や，それによってせき止められる熱水の性質推定は，堆積物に覆われた海底面で活動する熱水活動を理解するうえで非常に重要である．
本研究では，東北日本沖で採取された熱水性Fe-Mn酸化物から，低温熱水活動の活動推移の推定を行った．試料の鉱物・化学組成から，水-岩石反応が200℃以下であり，Fe-Mn酸化物が低温熱水から析出したことが明らかになった．また，変質した砕屑物の周囲をFe-Mn酸化物が固める構造を持つことから，堆積物中を拡散した熱水からFe-Mn酸化物が析出したと考えられる．
試料の研磨片に対してμXRFを用いた元素マッピング分析を行い，得られたデータに対して独立成分分析を実施した．独立成分分析とは，複数の独立した起源に由来する信号が混ざり合った観測データから原信号を復元する統計解析手法である．元素マッピングデータに対して独立成分分析を実施することで地球化学的特徴と組織構造の双方から形成過程の推定が可能となる．独立成分分析の結果，主にMn酸化物からなるキャップロックが形成した後に，熱水の性質もしくは堆積場の環境が変化した事でFe酸化物が析出していた事が明らかになった．
今後，様々な海域の熱水性Fe-Mn酸化物に本研究の手法を適用して比較することで，低温熱水活動の特徴や有用金属を濃集する条件などを明らかにできる可能性がある．

引用文献 [1] German & Seyfried 2014, *Treatise on Geochemistry*, 191-233. [2] Hein et al. 2008, *J. Geophys. Res.*, 113(B8). [3] Yamaoka et al. 2017, *Ore Geol. Rev.*, 114-125. [4] Pelleter et al. 2017, *Ore Geol. Rev.*, 126-146.

Keywords: Hydrothermal activity

© 2022 Geological Society of Japan

3:15 PM - 3:30 PM (Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:15 PM oral room 1)

[2oral111-23-7add] Break

©The Geological Society of Japan

Statistical analyses on global geochemical data structure of deep-sea sediments

*Masahiro Hirako[1], Kazutaka Yasukawa[1], Kentaro Nakamura[1,2], Yasuhiro Kato[1,2]

1. Univ. of Tokyo, 2. CIT

レアアース (Rare-earth elements and yttrium, REY) は，特異な磁気的・光学的性質を有するため，様々なハイテク製品に不可欠であり，その消費量は年々増加している．しかしながら，陸上で採掘される既存のREY資源については，供給リスクや採掘時の環境への悪影響が世界的な問題となっている [1]．このような状況の中，REYを濃集した海底堆積物「レアアース泥」が太平洋に広く分布することが明らかとなり，新規レアアース資源として有望視されている [2].
レアアース泥を含む深海堆積物は一般に，多種多様な起源物質の混合物である．そこで，多元素組成データの全体構造から，起源物質の情報を分離・抽出し，多元素のデータが持つ地球科学的意味を適切に読み解くことで，レアアース泥の時間的・空間的な分布を支配する要素を明らかにできると期待される．このような多変量の地球化学データの解析には，独立成分分析 (Independent Component Analysis, ICA) が有用であることが近年明らかとなってきている [3]． Yasukawa et al. [3] は，レアアース泥の起源の解析を目的として，太平洋及びインド洋から得られた約4,000試料の全岩化学組成データに対して，ICAによる解析を行った．その結果，レアアースの濃集に関連する成分は海水起源マンガン酸化物, リン酸カルシウムおよび熱水起源鉄酸化水酸化物であり, いずれの成分で特徴づけられるレアアース泥であっても，資源として高いポテンシャルを有するためには，十分に遅い堆積速度の下でゆっくりとREYを濃集する必要があることが示唆された．
しかしながら，これまでの研究では，解析対象試料の採取された海域が太平洋及びインド洋に限られていた．また，試料の種類についても遠洋性粘土および炭酸塩軟泥が大多数を占めていた．深海堆積物のバリエーションの全体像を捉えるためには，より広範なデータの収集が必要と考えられる．そこで本研究では，IODP (International Ocean Discovery Program) による航海で採取された海底掘削コア試料の化学組成データが公開されている「JOIDESデータベース」を中心として，公表されている文献情報をコンパイルし，世界中の様々な海域の多様な堆積物の化学組成データセットを構築する．そして，構築したグローバルデータセットに対して，ICAをはじめとする各種統計解析を行い，深海堆積物の化学組成が示す多元素のデータ構造を包括的に理解することを目的とする．本発表では特に，深海堆積物のグローバルな化学組成データ構造の中におけるレアアース泥の位置づけについて議論する予定である．

[1] N. Dushyantha et al., *Ore Geol. Rev.*, 122, 103521 (2020).
[2] Y. Kato et al., *Nat. Geosci.*, 4, 535-539 (2011).
[3] K. Yasukawa et al., *Sci. Rep.*, 6, 29603 (2016).

Keywords: deep-sea sediments, independent component analysis, statistical analysis, REY-rich mud

© 2022 Geological Society of Japan

Chemostratigraphy of Minamitorishima REY-rich mud: A new approach using machine learning

*Kentaro NAKAMURA[1]

1. The University of Tokyo

2012年に南鳥島周辺の日本の排他的経済水域 (EEZ) 内においてレアアース泥が発見されたことで，国産レアアース資源の開発に向けた期待は高まっている [1]．特に，2013年に発見された総レアアース濃度5000 ppm以上の超高濃度レアアース泥層は，その極めて高い資源ポテンシャルから大きな注目を集めており[2]，その分布や資源量の見積りに向けた成因の解明が求められている．

堆積物の成因を考察するためには，層序に関する情報が不可欠である．しかしながら，レアアース泥を含む南鳥島EEZの深海底堆積物は，遠洋性粘土と呼ばれる記載的な特徴に乏しい堆積物であり，一般的な記載による層序区分が難しいという問題があった [3]．そこで，発表者らの研究グループでは，化学組成の特徴から層序を区分する「化学層序」の手法を，南鳥島のレアアース泥を含む深海堆積物に適用した [4]．その結果，南鳥島EEZの堆積物はユニットI～Vの5層と，それに挟在する3層のレアアースピーク (REY>2000ppm) の計8層からなることを明らかにした [4].

一方で，この層序区分においては，Unit IVとVの上下関係および第2，第3レアアースピークの層序的な位置 (Unit IV, Vとの層序的関係) が明確になっていないなど，いくつかの未解明の点も残されている．Tanaka et al. [4] における化学層序の判別は，高次元の化学組成データを2次元の元素プロットに投影し，そこに現れるデータのクラスター構造の境界を，肉眼によって見極めて判別するという手法で行われている．しかし，実際のデータは高次元のデータ空間中に分布しているため，2次元に投影されたプロット上でクラスター境界を定義することは難しい．そのため，高次元空間の中で正しくクラスター境界を見極めて判別することが必要であり，それができれば，より完全な化学層序を定義することが出来ると期待される。

そこで本研究では，Uniform Manifold Approximation and Projection (UMAP) [5] という次元削減手法とHierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (HDBSCAN) [6] というクラスタリング手法を組み合わせた新しいアプローチによって，南鳥島EEZの深海堆積物のクラスタリングを行い，その結果を元に化学層序を再定義した．発表では，新たなアプローチによって明らかになった化学層序と，それを元にしたレアアースピーク形成イベントのタイミングおよび堆積物の削剥イベントの発生位置と回数について議論を行う．

＜引用文献＞

[1] 加藤泰浩ほか，資源地質学会第62回年会講演会，O-11 (2012). [2] Iijima et al. (2016) *Geochem. J.,* **50**, 557-573. [3] 中村謙太郎ほか，日本地質学会第123年学術大会，R24-O-3 (2016). [4] Tanaka et al. (2020) *Ore Geol. Rev.*, 103392. [5] McInnes et al. (2018) *J. Open Source Softw.* **3**, 861. [6] McInnes et al. (2017) *J. Open Source Softw.* **2**, 205.

Keywords: chemostratigraphy, clustering, UMAP, HDBSCAN, Minamitorishima REY-rich mud

© 2022 Geological Society of Japan

Downhole variations of mineral composition and grain size in a deep-sea sediment core with three REY peaks collected from the Minamitorishima EEZ

*Yuta ODA[1], Junichiro OHTA[1,2], Kazutaka YASUKAWA[1], Koichiro FUJINAGA[2,1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Yasuhiro KATO[1,2]

1. School of Engineering, Univ. Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology

レアアースは，強力な永久磁石や蛍光体などの原料として，様々なハイテク・低炭素技術に不可欠の元素群である．2011年に加藤ほか [1] は，このレアアースに富む堆積物「レアアース泥」が太平洋の深海底に広く分布しており，有望なレアアースの新資源となり得ることを報告した．さらに，南鳥島周辺の日本の排他的経済水域 (EEZ) 内において総レアアース濃度が5,000 ppm を超える極めて高品位なレアアース泥が発見され [2, 3]，国産レアアース資源として期待が高まっている．今後日本のEEZ内の他の海域や公海にも対象を広げて高品位なレアアース泥の分布域を把握するには，レアアース資源ポテンシャルが高く優先的に探査すべき海域を理論的に絞り込むことが必要である．そのために，レアアース泥の成因を解明することが不可欠となる[4]. 南鳥島周辺EEZ内の深海堆積物は3層のレアアース濃集層 (総レアアース濃度が2000 ppm以上の層準) を持ち，上位の層準から1st, 2nd, 3rd REY peakと名付けられている[5]．2016年に大田ほか [6] は，南鳥島EEZ南部海域で採取されたKR13-02 PC04およびKR13-02 PC05という2本の堆積物コアを対象として，粒度分析と鉱物組成分析を実施した．その結果，1st REY peakに相当する層準において，(1) 堆積物中の魚骨片 (生物源リン酸カルシウム) の割合が最大になること，(2) 魚骨片および十字沸石 (phillipsite) の粒度が他の層準よりも大きくなること，の2点を明らかにした．そして，こうした堆積物の特徴には，強い底層流による海底堆積物の粒度選別効果が寄与していることを示唆した．さらに2020年，大田ほか [7] は, オスミウム (Os) 同位体比層序とイクチオリス (魚類の歯や鱗の微化石) 生層序を用いて，1st REY peakの生成年代が約3440万年前であることを明らかにした．この結果に基づいて大田ほか [7] は，同時期に起こった南極氷床拡大イベントに伴う海洋鉛直循環の強化により強い底層流が生じ，その底層流が海山に衝突して湧昇流が発生したと考えた．そして，この湧昇流により海洋深層の豊富な栄養塩が表層に供給されて遠洋域の生物生産性が高まり，魚類が増えたことで海底に沈積するBCPも増加し，その結果，極めて高品位なレアアース泥が生成したと結論した [7]. このように，堆積物の鉱物的特徴と堆積年代に基づいて，1st REY peakの成因については理解が進んできた．一方，南鳥島周辺の深海堆積物において2ndおよび3rd REY peakが確認されているコアは少ないため，2nd, 3rd REY peakを含めた本海域の堆積層全体がどのような鉱物組成・粒度の変遷を経てきたのかについては，未だ十分に検討されていない．またこのことが，2nd, 3rd REY peakの成因解明を阻む大きな障害ともなっている．そこで本研究では， 3つすべてのREY peakを持つMR15-E01 PC07コアに着目し，偏光顕微鏡による観察やX線回折分析を用いて，MR15-E01 PC07コアの全体について詳細な鉱物組成・粒度の情報を取得した．本発表では，当該コアにおける深度方向の鉱物組成・粒度の変遷について議論を行う．

<引用文献>
[1] Kato et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
[2] Iijima et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
[3] Takaya et al. (2018) *Scientific Reports* **8**, 5763.
[4] 安川ほか (2018) *地球化学* **52**, 171-210.
[5] Tanaka et al. (2020) *Ore Geology Reviews* **119**, 103392.
[6] Ohta et al. (2016) *Geochemical Journal* **50(6)**, 591-603.
[7] Ohta et al. (2020) *Scientific Reports* **10**, 9896.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Minamitorishima Island, mineral composition, grain size, fish debris, REY-rich mud

© 2022 Geological Society of Japan

Analysis of growth history of ferromanganese nodules using the X-ray CT and the multichemical feature map

*Shiki MACHIDA[1,2], Kentaro NAKAMURA[2,1]

1. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo

Fe–Mn酸化物は、層厚数cmに達するのに数千万年かけて“ゆっくり”成長するため、組成の濃淡が100 μmオーダーで存在する。このようなFe–Mn酸化物内部の層構造と組成変動を正確に把握するためには、成長方向に直行する断面に記録された微細な組成変動を分析・解析する必要がある。近年、微細組成変動を明らかにするための強力なツールとして微小領域蛍光X線分析装置（μXRF）が注目され、Fe–Mn酸化物試料に応用した例が多く公表されるようになった [例えば1,2,3]。ただし従来の研究では、試料を切断するか割れて現れた面を研磨して分析面を取得するにあたって、内部構造の特徴を予め考慮することは不可能であった。そのため、観察・分析した断面が、その試料の成長履歴を正しく反映しているか、または、その試料が採取した地点を代表するものかどうかを判断する術がなかった。
これらの現状を打破する方法として我々は、地質試料の非破壊内部観察の手段として有用性が高く評価されているX線CTに着目し、調査航海で採取した全試料の網羅的な構造解析 [4] を行っている。例えば、複雑な内部構造を持つマンガンノジュールは、CT値を用いることでFe–Mn酸化物層を定量的に同定することができる。非破壊で構造を3次元で把握し、そのうえで試料を代表する断面を選定して、そこを切断し分析することで、成長履歴を正確に把握することが可能となる。
一方、μXRFを用いた分析の最大のメリットは、エネルギー分散型の特性X線検出器により軽元素（Si, Al等）から重元素（Ba, Mo等）までの各元素の濃度分布（元素組成マップ）を、同時に、かつ、最大幅10 cm以上になることもある断面全体に対し100 μm程度かそれ以下の高い空間分解能で取得できることである。しかし、多元素同時分析であるがゆえのデメリットとして、分析したサンプルが持つ2次元化学層序（化学構造）の情報を客観的に把握するには多くの労力を要することが問題となる。特に、網羅的なCT解析にもとづいて多くの試料をμXRF分析の対象とした場合には、直感的に各サンプルの化学構造を把握すると同時に、多くの試料同士の対比を容易に行うことができるような工夫が必要となってくる。
そこで我々は、マンガンノジュールの分析面においてμXRF分析によって観察された複数の元素の組成分布の情報を、1枚の画像に統合（マージ）して可視化する「化学特徴マップ」を提案した [5]。そして、南鳥島周辺に分布するマンガンノジュール密集域から採取されたサンプルに対し、化学特徴マップを用いて成長履歴を解析した事例を公表した [5,6]。化学特徴マップを導入することによって、広域対比 [5] や大きさの異なる試料間の層同定 [6] が容易になり、マンガンノジュール密集域形成の地質学的な背景を考察することが可能となった。本発表では、化学特徴マップを作成するにあたり重視した点と具体的な画像統合の方法 [5] を解説し、これまでに行った解析事例 [4,5,6] を紹介するとともに、CTと化学特徴マップの組み合わせを用いた統合解析の今後の展望について議論する。

[1] Hein et al. (2020) *Nature Reviews Earth & Environment*, **1**, 158–169. [2] Usui et al. (2016) *Ore Geology Reviews*, **87**, 71–87. [3] Benites et al. (2018) *Minerals*, **8**, 488. [4] Nakamura et al. (2021) *Minerals*, **11**, 1100. [5] Machida et al. (2021) *Island Arc*, **30**, e12395. [6] Machida et al. (2021) *Minerals*, **11**, 1246.

Keywords: Ferromanganese Nodules, X-ray CT, Elemental Mapping, μXRF, Minamitorishima EEZ

© 2022 Geological Society of Japan

Elemental mapping of nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ using μXRF

*Makoto YAZAKI[1], Kentaro NAKAMURA[1,2], Shiki Machida[2], Kazutaka Yasukawa[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Yasuhiro Kato[1,2]

1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute Technology

マンガンノジュールは、マンガンクラスト、海底熱水鉱床、レアアース泥と並ぶ、主要な海底鉱物資源の1つであり、Cu, Ni, Coなど産業的に価値のある金属が豊富に含まれていることから、これらの金属の新たな供給源として注目されている [1,2]。最近、南鳥島周辺の日本の排他的経済水域 (EEZ) においても、マンガンノジュールが広範かつ高密度に分布していることが判明しており、将来の国産資源としての開発が期待される [3,4]。

将来的なマンガンノジュール開発に向けて有望海域を絞り込むためには、その形成環境と分布の支配要因を明らかにすることが重要である。マンガンノジュールは、中心に核が存在しその周りにFe-Mn酸化物が年輪状に沈積して形成される [2]。このことから、核の存在こそがノジュール形成の鍵となる要因であると考えられる。そのため、核の実態を詳細に解明することができれば、ノジュールの成長開始の条件に関する重要な情報を取得することができると期待される。

先行研究では、南鳥島のマンガンノジュール核についてX線CTスキャンとICP-MS分析を行い、形状や密度、化学組成に大きなバリエーションが存在することを明らかにしている [5,6]。さらに、核を構成する岩石には、海山起源と考えられる火山岩、鉄石、燐灰岩などが含まれることも明らかとなっている [6]。しかし、最も多数を占める「固結した堆積物からなる核」の由来は明らかになっていないなど、核の実態は未だ完全には解明されていない。

これまでの研究では、核を単純な岩塊と捉え、それらのバルク (全岩) 分析が行われてきた。しかし、マンガンノジュールの核は、実際には単純な塊ではなく、複雑な内部構造を有していることが微視的な観察の結果からわかってきた。そのため、このような核の実態を詳細に観察・分析によって解明することが、マンガンノジュールの成因を明らかにする上で重要であると考えられる。

そこで本研究では、μXRFによる核の高解像度元素マッピングを実施した。発表では、核の元素マッピングの結果を示し、南鳥島EEZのマンガンノジュールの核の岩石学的・地球化学的特徴と起源について議論を行う。

引用文献: [1] Petersen et al. (2016) Marine Policy, **70**, 175–187. [2] Hein et al. (2013) Ore Geology Reviews, **51**, 1–14. [3] Machida et al. (2016) Geochemical Journal, **50**, 539–555 [4] Machida et al. (2021) *Marine Georesources & Geotechnology*, **39**, 267–279 [5] Shimomura et al. (2018) JpGU meeting 2018. [6] Terauchi et al. (2019) JpGU meeting 2019.

Keywords: ferromanganese nodules, nuclei, elemental mapping, μXRF, Minamitorishima EEZ

© 2022 Geological Society of Japan

Elucidating the timing and characteristics of a growth hiatus of the Minamitorishima ferromanganese nodules based on age dating through Os isotope stratigraphy and elemental mapping using μXRF

*Sota Aoyagi[1], Junichiro Ohta[1,2], Moei Yano[2], Kazuhide Mimura[2], Keishiro Azami[3], Tatsuo Nozaki[4,1,5,2], Kentaro NAKAMURA[1,2], Kazutaka Yasukawa[1], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[1,2]

1. The University of Tokyo, 2. Chiba institute of Technology, 3. Waseda University, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Kobe University

マンガンノジュールは，マンガンや鉄の酸化物・水酸化物を主成分とする化学堆積岩であり，マンガンと鉄のほかに，コバルト，ニッケル，銅，希土類元素等の希少金属元素が高濃度で含まれていることから，将来の資源として開発が期待されている [1]．2010年には，南鳥島沖の日本の排他的経済水域 (EEZ) 内でも，マンガンノジュールの大規模な密集域が発見された [2]．さらに，2016年と2017年には，YK16-01航海およびYK17-11C航海がそれぞれ実施され，マンガンノジュールが南鳥島EEZの東方から南方にかけての広大な範囲に分布していることが明らかにされるとともに，それぞれ8回ずつ合計16回の潜航調査により，多くのノジュールサンプルが採取された [3]．

発表者らは，これまでに南鳥島EEZの東部から採取された2試料のマンガンノジュールに対してOs同位体層序年代決定を行い，これらのマンガンノジュールが約35 Maに成長を開始している事を明らかにするとともに，30～10 Maにかけて20 Myr程度の無堆積期間（ハイエイタス）が存在している可能性を指摘した [4]．本研究では，さらに南鳥島EEZの南東部および南部から採取されたマンガンノジュールに対してもOs同位体層序を用いた年代決定を行い，海域によるマンガンノジュールの成長履歴の違いについて比較・検討を行った．また，鉄マンガン酸化物層の微小部蛍光X線 (μXRF) 分析を実施し，ハイエイタスが存在する部分の成長構造および鉱物化学組成についての検討も行った．

Os同位体比分析は，時間・空間解像度を上げるために直径2mmのタングステンカーバイド製ドリルを用いて2mm間隔でそれぞれ約1mgの粉末試料を削り出し，千葉工業大学次世代海洋資源研究センターに設置されているMC-ICP-MSに気化法を組み合わせて実施した [5,6]．またその際，極少量の試料から高精度で同位体比を得るために，イオンカウンターを用いて測定した [6]．そして，分析によって得られたOs同位体比を海水のOs同位体比変動曲線にフィッティングすることで，年代値を制約した．フィッティングに際しては，マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) によるベイズ推定 [7] を用いることで，可能性の高い年代値を絞り込んだ．さらに，Os同位体分析用の試料を削り出した半割ノジュール試料に対して，鉄マンガン酸化物各層の年代値と化学組成の対応を見るためにμXRFによる酸化物層の元素マッピングも行った．

本発表では，得られた年代値およびμXRF分析の結果について報告し，南鳥島マンガンノジュールの成長履歴とハイエイタスの発生年代およびその原因について議論を行う．

<引用文献>
[1] Hein et al. (2013) Ore Geology Reviews 51, 1-14. [2] Machida. et al. (2016) Geochemical Journal 50, 539-555. [3] Machida et al. (2021) Marine Georesources & Geothechnology, 39, 267–279. [4] 青柳ほか (2021) 日本地質学会第128年学術大会 [5] Nozaki et al. (2012) Geostandards and Geoanalytical Research,36, 131-148. [6] Ohta et al. (in press) Journal of Analytical Atomic Spectrometry. [7] Josso et al. (2019) Chemical Geology 513, 108-119.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Manganese nodules, Os isotopic ratio, MCMC Bayesian inference, μXRF elemental mapping, growth hiatus

© 2022 Geological Society of Japan

Os isotopic record during the Early Cretaceous seawater reconstructed from the Yokonami umber

*Koichiro Fujinaga[1,2], Moei Yano[1,2], Kazutaka Yasukawa[2], Kentaro Nakamura[2,1], Junichiro Ohta[2,1], Yusuke Kuwahara[2], Ken Nakayama[3], Yasuhiro Kato[2,1]

1. CIT, 2. Univ. of Tokyo, 3. Kochi Univ.

Re-Os放射壊変系は^{187}Reがβ-壊変によって^{187}Osになることを利用した系列であり，Osに比べてReが液相に分配されやすいため，年代効果によりOs同位体比 (^{187}Os/^{188}Os) は広い変動幅を持つ．そのため，大陸地殻フラックス (^{187}Os/^{188}Os = ~ 1.4) とマントル起源・宇宙起源物質フラックス (^{187}Os/^{188}Os = ~ 0.126) は，一桁も違う極めて対照的なOs 同位体比組成を示す [1]．海水のOs同位体比はこれらのフラックスの相対強度によって決定されるため，その経年変動から陸上岩石の化学風化やマントル活動の変動のほか，隕石衝突などの短期的なイベントを捉えることが可能である．また，海水中のOsの滞留時間は25 –45 kyr [1] であり，海洋循環の時間スケール (~1 kyr) よりも十分に長いため，全海洋において海水のOs同位体比はほぼ均一な値 (現在の海水：^{187}Os/^{188}Os ＝1.06) を持つ．したがって，海水のOs同位体比はグローバルな地球表層環境の変遷を解読するための最適な地球化学的トレーサーのひとつである．
過去の海水のOs同位体比についてはこれまで，海洋底から得られたFe-Mnに富む熱水性堆積物や遠洋性粘土，遠洋性炭酸塩堆積物，Fe-Mnクラスト・ノジュールなどを用いて，80 Ma以降の連続したOs同位体比変動曲線が復元されている [2]．しかし，海洋底はプレートの沈み込みにより常に更新されているため，現在の海洋底に存在する堆積物から古海水のOs同位体比変動曲線を復元するには限界がある．その一方で，沈み込み帯における付加作用によって付加体中に取り込まれた過去の海底堆積物が，より古い時代における古海水情報を読み解くための重要な記録媒体となっている [3-9]． 日本列島は主に付加体から構成される地質体であり，数多くの層状Fe-Mn鉱床やMn鉱床，別子型鉱床などの層準規制型鉱床が分布している [10, 11]．このうち，層状Fe-Mn鉱床 (以後アンバー [umber] と呼称する) は，そのほとんどがMORB由来の玄武岩に伴われて産する重金属に富んだ泥質岩であり，一部はFeやMnの低品位資源として小規模に開発が行われていた．講演者らのこれまでの研究により，アンバーは過去の海嶺近傍で堆積した熱水性Fe-Mn堆積物であり，海水中からP，V，REY，そしてOsなどの様々な元素を吸着しながら堆積したことがわかっている [5, 6, 8, 12-14] ．
そこで本研究では，高知県南部の横浪半島に分布する白亜紀のアンバーを研究対象とした．横浪アンバーは枕状玄武岩と層状赤色チャートの境界部に狭在される赤褐色～暗赤褐色の泥質岩で，その起源は直下の玄武岩火成活動に伴う熱水性堆積物であることが指摘されている [15]．また，上位の層状赤色チャートの放散虫化石年代から，横浪アンバーの堆積年代は前期白亜紀のValanginian (137.7－132.6 Ma) と推定される [16] ．本講演では，横浪アンバーおよびその周辺岩石の詳細な地球化学的特徴を報告し，横浪アンバーの起源と堆積場について検討を行う．そして，横浪アンバーから復元した前期白亜紀の海水のOs同位体組成について議論する．

[1] Peucker-Ehrenbrink and Ravizza, 2000 *Terra Nova*, [2] Peucker-Ehrenbrink and Ravizza, 2020 *Geologic Time Scale 2020 (Chapter 8)*, [3] Ravizza et al., 1999 *Geology*, [4] Ravizza et al., 2001 *Earth Planet. Sci. Lett.*, [5] Kato et al., 2005a *Geochem. Geophys. Geosyst.*, [6] Kato et al., 2011 *Gondwana Res.*, [7] Kuwahara et al., 2021 *Goldschmidt2021*, [8] Fujinaga et al., 2022 *Ore Geol. Rev.*, [9] 矢野ほか, 2022 *JpGU2022*, [10] Nakamura, 1990 *Pre-Jurassic evolution of Eastern Asia*, [11] Sato and Kase, 1996 *Island Arc*, [12] 藤永ほか, 1999 *地質学論集*, [13] 藤永・加藤, 2001 *資源地質*, [14] Kato et al., 2005b *Resour. Geol.*, [15] Matsumoto et al., 1988 *Modern Geol.*, [16] 岡村・宇都, 1982 *高知大学学術研究報告*.

Keywords: umber, strata-bound ferromanganese deposit, hydrothermal ferromanganese sediment, Os isotopic composition, Early Cretaceous

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

[2oral314-28] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Nobuhiko NAKANO, Tatsuro Adachi, Kazuki Yoshida

Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:30 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[T1-O-18] The igneous and metamorphic evolution from Neoproterozoic to Triassic in Jangbong Island in the northwestern coastal Gyeonggi Massif on the Korean Peninsula

*Ji Wan Jeong[1], Chang Whan Oh[2], Deung-Lyong Cho[3] (1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. KIGAM, Rep. Korea)

1:30 PM - 1:45 PM

[T1-O-19] Microstructural observations of multiphase inclusions in migmatite from the Kulappara in the southern India

*Tomoki Taguchi[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Akira Miyake[3] (1. Waseda University, 2. Niigata University, 3. Kyoto University)

1:45 PM - 2:00 PM

[T1-O-20] *P-T-t* analyses on the metamorphic rocks in Brattnipene, Sø r Rondane Mountains, East Antarctica.

*Tatsuro ADACHI[1], Tetsuo KAWAKAMI[2], Fumiko HIGASHINO[2], Masaoki UNO[3] (1. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University,)

2:00 PM - 2:15 PM

[T1-O-21] Sulfide mineralogy and whole-rock sulfur isotope composition of high-grade metamorphic rocks from the Sø r Rondane Mountains, East Antarctica

*Tetsuo Kawakami[1], Satish-Kumar M.[2], Mitsubori Tokuya[2], Silpa Ammini Sasidharan[2,3] (1. Kyoto University, 2. Niigata University, 3. Shimane University)

2:15 PM - 2:30 PM

[T1-O-22] CO_2- and Cl-bearing fluid infiltration from southern Perlebandet, Sø r Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko HIGASHINO[1], Tetsuo KAWAKAMI[1], Tatsuro ADACHI[2], Masaoki UNO[3] (1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University)

2:30 PM - 2:45 PM

[T1-O-23] Metamorphic geology of Berrnabbane from the western Lü tzow-Holm Bay in East Antarctica

*Nobuhiko NAKANO[1], Sotaro BABA[2], Shin-ichi Kagashima[3] (1. Faculty of Social and Cultural Sciences, Kyushu University, 2. Univ. Ryukyus, 3. Yamagata Univ.)

2:45 PM - 3:00 PM

[T1-O-24] Metamorphic history of low-pressure garnet amphibolite in Oki-Dogo Island

*Mizuki Takahashi[1], Shunsuke ENDO[1] (1. ShimaneUniversity)

3:00 PM - 3:15 PM

©The Geological Society of Japan

[T1-O-25] Indialite-staurolite-bearing polymetamorphic hornfelses from Unazuki area, Toyama Prefecture; Evidence for rapid cooling after low-*P* and high-*T* thermal metamorphism

*Yoshikuni HIROI[1] （1. None）

3:15 PM - 3:30 PM

[T1-O-26] Emplacement processes of the Namera granite and formation of migmatite in Ryoke belt, Yanai district, Yamaguchi

*Masaaki Owada[1], Katsuma Aoki[2], Eri Akasaki[3], Atsushi Kamei[4] （1. Yamaguchi University, 2. Fujita Geology CO.LTD., 3. The Yamaguchi Prefectural Museum, 4. Shimane University）

3:30 PM - 3:45 PM

[T1-O-27] High-temperature metamorphic belt formed around huge felsic plutonic body: an example from the Mt. Raizan of the Sefuri Mountains to the Itoshima Peninsula

*Kazuhiro Miyazaki[1], Yayoi Muraoka[1] （1. Geological Survey of Japan）

3:45 PM - 4:00 PM

[2oral314-28-11add] Break

4:00 PM - 4:15 PM

[T1-O-28] Development of dynamic recrystallization of quartz and change in water contents

*Junichi FUKUDA[1], Takamoto OKUDAIRA[1], Yukiko OHTOMO[2] （1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Education, Art and Science, Yamagata University）

4:15 PM - 4:30 PM

[T1-O-29] Deformation-enhanced dehydration of antigorite in Nagasaki serpentinite: An experimental study using a solid-medium apparatus

Sakurako Okude[1], *Ichiko Shimizu[1], Mugen Ogata, Katsuyoshi Michibayashi[2] （1. Kyoto University, 2. Nagoya University）

4:30 PM - 4:45 PM

[T1-O-30] Paleostress recorded in the Paleo-Mesozoic limestones of NE Japan

*Saki NOGUCHI[1], Hirataro IMAI[2], Osamu NISIKAWA[3] （1. Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd., 2. OYO Corporation, 3. Akita Univ.）

4:45 PM - 5:00 PM

[T1-O-31] Short-wavelength Bouguer anomaly and folding with disclination in the northeastern Japan

*Mitsuhiro Hirano[1], Hiroyuki Nagahama[1] （1. Tohoku Univ.）

5:00 PM - 5:15 PM

[T1-O-32] A mechanism for cyclic back-arc spreading

*Kazuhiko Ishii[1], Simon R. Wallis[2] （1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo）

5:15 PM - 5:30 PM

©The Geological Society of Japan

The igneous and metamorphic evolution from Neoproterozoic to Triassic in Jangbong Island in the northwestern coastal Gyeonggi Massif on the Korean Peninsula

*Ji Wan Jeong[1], Chang Whan Oh[2], Deung-Lyong Cho[3]

1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. KIGAM, Rep. Korea

The geological correlation between the Korean Peninsula and China Cratons is important for the interpretation of the tectonic evolution of Northeast Asia. Jangbong Island is located in the northwestern coastal area of the Gyeonggi Massif on the Korean Peninsula. Combining with previous studies, this study interprets the tectonic evolution of the northern Gyeonggi Massif by analyzing the age of intrusion and metamorphism of the mafic igneous rocks in Jangbong Island. The basement of Jangbong Island consists of Paleoproterozoic gneiss and is covered by Neoproterozoic metasedimentary rocks. These rocks were intruded by mafic dikes that were metamorphosed into amphibolite. All rocks in Jangbong Island were intruded by Triassic gabbro and granite, and Jurassic granites. The U-Pb dating analysis on zircon analysis using LA-ICP-MS gives the intrusion ages of 917-873 Ma for amphibolites. The whole-rock geochemical analysis indicates that amphibolites are all alkaline and tholeiitic basalts formed in a within-plate tectonic setting. Two metamorphic ages of 254.4±2.8 Ma and 231.5±1.9 Ma were obtained from amphibolite with an intrusion age of 873 Ma. On the other hand, one metamorphic age was obtained for two amphibolites which give metamorphic ages of 255±12 Ma and 229.8±1.4 Ma, respectively. Zircons with metamorphic ages of 255-254 Ma have lower trace element contents and Th/U values than zircons with metamorphic ages of 231-229 Ma. During the Permo-Triassic continental collision between the North China Craton and South China Craton, Jangbong Island experienced intermediate-P/T peak metamorphism (680-630 ° C/8.6-7.3 kbar) at ca. 255 Ma and then underwent low-P/T retrograde metamorphism (600-560 ° C/5.7-3.1 kbar) at ca. 230 Ma. The Triassic gabbro gives an intrusion age of 229.1±0.57 Ma and formed in a post-collisional tectonic setting with Triassic granite. Together with previous data, this study supports the tectonic correlation between the northern Gyeonggi Massif and the North China Craton and the Permo-Triassic collision within the Gyeonggi Massif.

Keywords: Korean Peninsula, Northwestern Gyeonggi Massif, Jangbong Island, Neoproterozoic Amphibolites, Triassic Metamorphism

© 2022 Geological Society of Japan

Microstructural observations of multiphase inclusions in migmatite from the Kulappara in the southern India

*Tomoki Taguchi[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Akira Miyake[3]

1. Waseda University, 2. Niigata University, 3. Kyoto University

世界各地のグラニュライトやミグマタイトなどの高度変成岩類から、部分溶融に起源をもつ包有物（ナノ花崗岩、珪長岩包有物）が相次いで報告されている（e.g. Cesare et al., 2009 Geology; Hiroi et al., 2014 Gondwana Res.）。これら包有物は主にザクロ石やジルコン中に認められ、多様な鉱物組み合わせを有する。そのため、部分溶融メルトの生成時期や化学組成を決定する手掛かりとして注目を集めている（Nicoli & Ferrero 2021 Geosci. Front.）。さらに近年、ナノ花崗岩の起源メルトと同時期に捕獲されたC-O-H流体包有物、及びその析出結晶（多相包有物）が見出された（Carvalho et al., 2019 J. Metamorph. Geol.）。この流体包有物の存在は、部分溶融現象と流体挙動の関係究明の新たな手掛かりとなることが期待される。本研究では、南インドKerala Khondalite BeltのKulapparaに産出するミグマタイト質片麻岩から、C-O-H流体起源と推定される多相包有物をザクロ石中に発見したので、その微細組織観察の結果を報告する。

Kulappara地域に産する高度変成岩類は、コンダライト（ザクロ石や珪線石に富む泥質片麻岩）やミグマタイト質片麻岩である。当該岩石のピーク変成条件は、熱力学的解析によりP/T = 0.60–0.90 GPa/830–925 ℃と見積もられている（Blereau et al., 2016 J. Metamorph. Geol.）。また先行研究では、ジルコン中にナノ花崗岩様包有物も記載されている（Harley & Nandakumar 2014 J. Petrol.）。

多相包有物が今回見出されたザクロ石は、ミグマタイト質片麻岩の優白質部に存在する。以下の記載は、偏光顕微鏡での観察に加え、微小鉱物はSEM-EDS及びラマン分光分析により同定した。優白質部における主要鉱物組み合わせは、斜長石＋カリ長石＋石英＋ザクロ石である。ザクロ石は粗粒（数cm程度）かつ他形の結晶をなし、アルマンディン成分に富む。さらに、粗粒な石墨（数mm～cm程度）が優白質部内に存在する。副成分鉱物としては、イルメナイト＋アパタイト＋ジルコンに加え、微小スピネル（約100 μm）も稀に確認される。スピネルは光学顕微鏡下で暗緑色であり、石英と接して出現する。なお優白質部の縁では、粗粒な黒雲母も観察される。ザクロ石中の包有物としては、今回着目する多相包有物に加え、CO_2に富む流体包有物やナノ花崗岩様包有物（斜長石＋アパタイト＋イルメナイト＋白雲母）が存在する。多相包有物は100 μm以下の不定形を呈し、クラックを伴わない。その鉱物組み合わせは、主に炭酸塩鉱物（シデライト、アンケライト）、微細粘土鉱物、石英である。今回、シデライト＋アンケライト＋石英＋微細粘土鉱物からなる多相包有物について、透過型電子顕微鏡による電子回折像の解析も行った。その結果、微細粘土鉱物はカオリナイトであることが判明した。多相包有物を構成する固相は、C-O-H流体がザクロ石へ包有された後、二次的に生成された可能性がある。近年、C-O-H流体存在下の部分溶融は大陸地殻で一般的に起こる可能性が提唱されているが（Ferrero et al., 2014 J. Metamorph. Geol.; Cesare et al., 2015 Lithos; Carvalho et al., 2019 J. Metamorph. Geol.）、本研究で見出された多相包有物はこの説を支持する証拠と考えられる。

Keywords: Multiphase inclusion, Garnet, Migmatite , Carbonate mineral

© 2022 Geological Society of Japan

P-T-t analyses on the metamorphic rocks in Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica.

*Tatsuro ADACHI[1], Tetsuo KAWAKAMI[2], Fumiko HIGASHINO[2], Masaoki UNO[3]

1. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University,

東南極セール・ロンダーネ山地は，ゴンドワナ超大陸の形成に伴う造山運動によって形成された高度変成岩類や貫入岩から構成される（Shiraishi, 1997 Antarctic Geol. Map Ser.）．これらの変成岩類は，変成履歴および砕屑性ジルコンの年代分布によって北東テレーンと南西テレーンに区分され，650-600Maに北東テレーンが南西テレーンに衝上することで形成されたと考えられている（Osanai et al., 2013 Precambrian Res.）．両テレーンには，約600Maのグラニュライト相に達する変成条件の痕跡を残す岩石と，約550Maの角閃岩相以下のピーク変成条件を保持するが約600Maの年代を記録していない岩石が分布する．これまで後者は前述の衝上運動時に地殻浅部にあったためにグラニュライト相変成作用を免れたと考えられてきたが，最近前者が後者の構造的上位に分布する例が南西テレーンのブラットニーパネ・親指尾根で見いだされた（Adachi et al., 2021, JpGU）．そこでは低角の延性剪断帯を境に構造的上位に泥質変成岩が，下位に珪長質変成岩が分布する．本発表は，Adachi et al. (2020, 2021, NIPR sympo.)で変成条件を検討したザクロ石ー黒雲母ー珪線石片麻岩（試料番号0703B）とザクロ石ー単斜輝石片麻岩（0701B）について*in-situ*ジルコン年代測定の分析結果を加えてより詳細に*P-T-t*履歴を制約することを目的とした．

構造的上位に分布する0703Bはザクロ石，黒雲母，珪線石，斜長石，石英からなり，少量のチタン鉄鉱，ルチル，燐灰石，ジルコン，モナズ石を含む．また後退変成作用で形成されたと考えられる菫青石，緑泥石，白雲母，藍晶石，紅柱石が認められる．ザクロ石のリム部には針状の珪線石を含む．またザクロ石は割れ目に沿って菫青石＋黒雲母＋石英に置換されている．さらにこの菫青石と黒雲母は緑泥石＋白雲母によって置換されており，藍晶石と紅柱石はこの緑泥石と白雲母に伴ってのみ産する．これらの組織から，ピーク変成作用のあとに等温減圧し，その後藍晶石/紅柱石の相転移条件付近で加水後退変成作用を受けたと考えられる．

この岩石に含まれるジルコンは，オシラトリー累帯構造を示すコア部とそれを取り囲み暗いCLのリム部からなる．ザクロ石のリム部に含まれるジルコンのリム部からは，588-682Ma（n=4, Th/U=0.01-0.05, Gd_{cn}/Yb_{cn} =4.2-11.1）が得られた．これはザクロ石の成長が少なくとも590Maまで継続していたことを示す．マトリックスに含まれるジルコンのリム部からは，534-646Ma（n=14, Th/U=0.01-0.16, Gd_{cn}/Yb_{cn} =0.3-3.1）が得られた．菫青石と黒雲母に部分的に包有されるジルコンは，一点のみであるが538Ma（Th/U=0.16, Gd_{cn}/Yb_{cn}=0.5）を示し，マトリックスのジルコンの最も若い年代と一致する．このことはピーク変成作用後の等温減圧が約540Ma以降に起きたことを示唆する．

構造的下位に分布する0701Bは，ザクロ石，単斜輝石，斜長石，石英，チタン鉄鉱を含み，少量のホルンブレンド，燐灰石，ジルコンを含む．ザクロ石と単斜輝石は互いに包有し合っており，同時期に形成されたと考えられる．また後退変成作用を示す組織は認められない．

この岩石に含まれるジルコンは，オシラトリー累帯構造を示すコア部と，それを取り囲む明るいCLのマントル部および暗いCLのリム部からなる．ザクロ石に包有されるジルコンもリム部を持っている．変成作用で形成されたと考えられるマントル部とリム部はそれぞれ，約573Ma（n=9, Th/U=0.15-0.49, Gd_{cn}/Yb_{cn} =5.2-14.5），約557Ma（n=7, Th/U=0.08-0.20, Gd_{cn}/Yb_{cn}=1.5-6.6）を示す．リム部が示す1程度のGd_{cn}/Yb_{cn}はザクロ石と共存して成長したことを示唆するため，この岩石のピーク変成作用の時期と解釈できる．

今回の結果に基づくと，構造的上位の泥質変成岩では少なくとも590Maまでザクロ石の成長が継続し，その後約540Maに等温減圧を経験したことが示唆される．この等温減圧のタイミングは，構造的下位の珪長質変成岩のピーク変成作用（約560Ma）と近い．このことは，約560Maに泥質変成岩のユニットが珪長質変成岩のユニットに衝上し，その後削剥されたことによって，泥質変成岩に等温減圧の温度圧力変化が記録されたことが想定される．これはGrantham et al. (2013　Precambrian Res.)で提案されたテクトニックモデルがセール・ロンダーネ山地中央部にも適応できる可能性を示唆する．

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: East Antarctica, Sør Rondane Mountains, Kuunga Orogen, in-situ dating

© 2022 Geological Society of Japan

Sulfide mineralogy and whole-rock sulfur isotope composition of high-grade metamorphic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Tetsuo Kawakami[1], Satish-Kumar M.[2], Mitsubori Tokuya[2], Silpa Ammini Sasidharan[2,3]

1. Kyoto University, 2. Niigata University, 3. Shimane University

東南極セール・ロンダーネ山地には、約6.5－5億年前の大陸衝突帯の下部地殻岩石が広く露出している。衝突境界と考えられているMTBを境にして、北東側のNEテレーンにはグラニュライト相の変成岩類が、南西側のSWテレーンにはグラニュライト相の変成岩類と角閃岩相以下の変成度の変成岩類が主として分布する[1]。これらの変成岩類のうち、硫化鉱物が多く含まれる岩相は、主としてブラットニーパネ地域とバルヒェン地域に分布していることがわかった。硫化鉱物の大部分は磁硫鉄鉱と黄鉄鉱であり、岩石のマトリクス部分の粒界に不定形で産することが多い。一部の試料では、ザクロ石や単斜輝石中にもわずかに硫化鉱物が包有される。本研究では、これらの硫化鉱物を含む試料の全岩硫黄同位体組成（^{32}S、^{33}S、^{34}S、^{36}S）を測定した。測定値は、マトリクスの硫化鉱物の硫黄同位体組成を反映していると考えられる。分析の結果、質量非依存同位体分別は見られず、ザクロ石－黒雲母片麻岩、ザクロ石-珪線石片麻岩などの珪長質片麻岩類はδ^{34}Sが－7.0から+12.0まで広い値をとった。これは現世の堆積性硫化鉱物や花崗岩質岩の示す値[2]に整合的である。一方、ザクロ石-直方輝石-黒雲母片麻岩やザクロ石－角閃石片麻岩などの苦鉄質片麻岩類は、一試料を除き、－6.0から+3.9までの値をとり、玄武岩や斑レイ岩の示す値[2]に整合的であった。苦鉄質片麻岩のうち玄武岩や斑レイ岩の示す値から大きく離れたδ^{34}S値（+12.8）を与えた試料は、ブラットニーパネ地域から得られた。この試料は、面構造を切るザクロ石－角閃石脈を有するザクロ石－直方輝石－角閃石片麻岩の、壁岩部分である。[3][4]は、ザクロ石－角閃石脈の周囲に塩素による拡散プロファイルを見い出し、この脈が後退変成期の塩水流体活動の痕跡であると解釈した。詳細な岩石学的研究[4]により、脈周辺の壁岩部分も塩水流体活動の影響を受けたことがわかっているため、本研究で得られた硫黄同位体組成は、ザクロ石－角閃石脈形成に関与した、硫黄を含む塩水流体活動の痕跡である可能性が高い。高いδ^{34}S値（+12.8）は、海水中の硫酸塩が示す値、ないしは、堆積性硫化鉱物や花崗岩質岩の値[2]に近い。ザクロ石－角閃石脈に類似した、面構造を切る角閃石や黒雲母の脈は、セール・ロンダーネ山地一帯に広く分布し、セール・ロンダーネ山地一帯で後退変成期の塩水流体活動が起きたことを示唆する。本研究の結果は、こうした後退変成期の塩水流体が、海水ないしは花崗岩質マグマや珪長質片麻岩の部分融解メルトの結晶化に伴い放出された流体である可能性を示す。実際、本研究で高いδ^{34}S値（+9.1）が得られたブラットニーパネの珪長質片麻岩のマトリクスには、後退変成期の流体流入によって、硫化鉱物＋菫青石を含む鉱物組み合わせがザクロ石を置換する組織が観察される[5]。従って、苦鉄質片麻岩のみならず、高いδ^{34}S値を示す一部の珪長質片麻岩も、ザクロ石－角閃石脈形成に関与した流体と同様の、後退変成期の塩水流体の流入の影響を受けていると考えられる。

[6]は、バルヒェンに産する珪長質片麻岩中の、ザクロ石の酸素同位体組成ゾーニングを詳細に調べ、ザクロ石リムでδ^{18}Oが著しく低下することを見出した。これをもとに、ザクロ石リムに包有される塩素に富む黒雲母の形成にかかわった流体が、低いδ^{18}O値をもつと推定されることから、その起源を苦鉄質岩に求めた。本研究で求めたこの試料のδ^{34}S値は+5.4であった。したがって、面構造を切る角閃石や黒雲母の脈の場合と同様に、海水中の硫酸塩起源の硫黄を含む流体の関与を考えることもできる。

以上のように、セール・ロンダーネ山地に産する塩素に富む鉱物の形成にかかわった流体活動は、変成段階によって異なる可能性がある一方、海水中の硫酸塩起源の硫黄を含む流体（海水そのものを含む）の流入として、統一的に理解することができる可能性もある。今後、より多くの試料について、複数の同位体組成を用いた検証が必要である。

引用文献

[1] Osanai et al. (2013) *Precam. Res.* 234, 8-29.

© 2022 Geological Society of Japan

[2] Giacometti et al. (2014) *Geochem. Geophys. Geosyst.* 15, doi:10.1002/2014GC005459
[3] Higashino et al. (2015) *JMPS*, 110,166–178.
[4] Higashino et al. (2019a) *J. Pet.* 60, 329–358.
[5] Ikeda et al. (2021) JpGU abstract, R8-11.
[6] Higashino et al. (2019b) *J. Metamorph. Geol.* 37, 1037–1048.

Keywords: Sulfur isotope, geofluids, saline fluids, sulfide minerals, collision zone

© 2022 Geological Society of Japan

CO_2- and Cl-bearing fluid infiltration from southern Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko HIGASHINO[1], Tetsuo KAWAKAMI[1], Tatsuro ADACHI[2], Masaoki UNO[3]

1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University

東南極セール・ロンダーネ山地は、原生代後期からカンブリア紀の中部～下部地殻に相当する高温変成岩類が広く露出する (e.g., Shiraishi et al., 1997 Antarctic Geol. Map)。同山地は、変成履歴と砕屑性ジルコン年代の違いから、時計回りの温度圧力履歴を示す北東テレーンと、反時計回りの温度圧力履歴を示す南西テレーンに区分される (Osanai et al., 2013 Precam. Res.)。また、同山地では塩素に富む黒雲母および角閃石が東西 200 km に渡って産することが報告され、大規模な塩水活動が示唆されている (Higashino et al., 2013 Precam. Res.; 2019 J. Pet.)。その活動時期は、変成ピーク時から後退変成期まで様々であり、個々の試料において、温度ー圧力ー時間ー流体履歴を解析する必要がある。
パーレバンデは、同山地最西部に位置する約10km規模のヌナタクであり、南部では変成岩の構造的下位に花崗岩が露出している。パーレバンデ北部からは反時計回りの温度圧力履歴と、昇温期の塩素に富む流体流入が報告されている (Kawakami et al., 2017 Lithos)。本研究では、パーレバンデ南部に産する泥質片麻岩を用いて、変成流体活動履歴の解析を試みた。
本研究試料は、ザクロ石ー珪線石ー黒雲母片麻岩であり、片麻状構造を切るように主に黒雲母から成る幅 <1 mmの黒いクラックが存在する。クラックの黒雲母は塩素に富み (~0.7 wt% Cl)、母岩との反応組織内に紅柱石が産する。これは、後退変成期に紅柱石安定領域下で、塩素を含む流体が局所的に流入したことを示唆する。また、母岩では、ザクロ石リムが菫青石と黒雲母のインターグロウスに分解する組織が観察される。分解組織内には珪線石が産し、さらに、この組織は上述のクラックに切られることから、ザクロ石分解反応が先に珪線石安定下で起きたと考えられる。その温度圧力条件は、~750 ℃、~0.3 GPa と見積もられた (cf. Spear et al., 1999 CMP)。インターグロウス中の黒雲母は~0.2-0.3 wt%の塩素を含み、菫青石にはラマン分光分析でH_2OとCO_2のピークが見られたことから、ザクロ石分解反応は、H_2O-CO_2-Cl流体の流入で起きたと考えられる。Kaindl et al. (2006 EJM) の手法を用いると、菫青石に含まれるCO_2濃度は~1.3-1.7 wt% と見積もられた。さらに、インターグロウス中の黒雲母と共存する流体の塩素濃度を、メルト共存下および非共存下で見積もると、それぞれ~30 wt% Cl、~12 wt% Clを得た (Chevychelov et al., 2008 Geochem. Int; Aranovich, 2017 Petrology)。これらの値は、流体中のNaCl濃度の上限値と考えられる。これをH_2O-CO_2-NaCl系の相図 (Shmulovich & Graham, 2004 CMP) と比較すると、~750 ℃、~0.3 GPaの条件下では、塩素を含む流体とCO_2流体が一相で存在していた可能性を示す。
さらに、本試料のマトリクスにはパーサイト組織を持つカリ長石が産する。パーレバンデ北部のピーク圧力条件より (Kawakami et al., 2017 Lithos)、圧力を0.8 -1.0 GPa と仮定し、長石温度計 (Fuhrman & Lindsey, 1988 Am. Min.; Kroll et al., 1993 CMP; Benisek et al., 2004 Am. Min.) を適用すると、800-900℃の温度条件が得られた。また、同じ露頭に産するザクロ石ー黒雲母片麻岩にも、同様の温度条件を示すパーサイト組織が存在する。このザクロ石ー黒雲母片麻岩中のザクロ石およびマトリクスに産するモナズ石には、部分溶融の直接的証拠であるナノ花崗岩類が包有される。
以上より、パーレバンデ南部ではピーク変成時に部分溶融が起き、その後、後退変成期に珪線石安定領域でH_2O-CO_2-Cl流体の流入によってザクロ石の分解反応が起きた後、紅柱石安定領域で塩素を含む流体が流入するという、複数段階の流体活動が起きていたと分かった。本露頭では、反時計回りの温度圧力履歴を支持する観察結果は得られていないが、本研究で見出された後退変成期の変成履歴は、構造的下位に位置する花崗岩類の影響を受けている可能性がある。したがって、パーレバンデ北部で見出された変成履歴と本研究試料の構造的関係性については、今後慎重に議論していく必要がある。

Keywords: metamorphic fluid, high-temperature metamorphic rock, CO2- and Cl-bearing fluid

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

Metamorphic geology of Berrnabbane from the western Lützow-Holm Bay in East Antarctica

*Nobuhiko NAKANO[1], Sotaro BABA[2], Shin-ichi Kagashima[3]

1. Faculty of Social and Cultural Sciences, Kyushu University, 2. Univ. Ryukyus, 3. Yamagata Univ.

東南極リュツォ・ホルム湾からプリンスオラフ海岸までの東西400 km以上にわたり分布するリュツォ・ホルム岩体は，原生代末期～カンブリア紀の変動，いわゆるゴンドワナ超大陸形成期のパンアフリカン変動を記録した地質体として，長らく日本の南極地域観測隊により研究が行われてきた．近年は特に年代学的な解析が精力的に行われ，原岩形成時期や砕屑性ジルコン年代に基づいた詳細な岩体区分が進んでいる（Takamura et al., 2018; Takahashi et al., 2018; Dunkley et al., 2020）．一方で，南極特有の限定された露岩分布やアクセスの困難さから，岩体区分の詳細やその境界について，必ずしも統一した見解が得られているわけではない．このような最近のリュツォ・ホルム岩体の研究動向や約940 Maの変成年代をしめす異地性ブロックの存在（Baba et al., 2022）は，同岩体のテクトニクスやゴンドワナ復元時の近隣地質体への延長解読のためのより高密度な調査・データ取得の必要性をしめしている．本年3月末に帰国した第63次南極地域観測隊では，これまで未踏査であった複数の小露岩域の調査を実施した．本発表ではその1つであるベルナバネについて報告する．
ベルナバネは，リュツォ・ホルム湾西岸，アウストホブデの東南東約7 kmに位置する東西・南北とも700 m程度の小露岩である．Takamura et al. (2018)の区分では南部リュツォ・ホルム岩体と中部リュツォ・ホルム岩体の境界部に位置し，Dunkley et al. (2020)の区分ではアウストホブデとともにルンドボークスヘッタ小岩体を構成する．いずれにしても，リュツォ・ホルム岩体において想定されている最高温度軸付近に位置しており，スリランカ・ハイランド岩体や南インド・トリバンドラム岩体との関連を考える上でも最重要地点の一つといえる．変成岩類は露岩域最西端を除き，広域的に西北西–東南東の走行をしめし，中～高角度で北傾斜する．主要な岩層は角閃石–黒雲母トーナル岩質片麻岩であり，まれに単斜輝石を含むことがある．同片麻岩は，露岩南部において直方輝石角閃岩のレンズおよび多数の変成輝岩のブロックを含む．変成輝岩は直方輝岩から単斜輝岩まで多様である．露岩中央部には3枚のザクロ石–黒雲母片麻岩レイヤーが産し，その最大幅は100 mにおよぶ．ザクロ石はしばしばスピネルや珪線石を包有し，基質には珪線石または直方輝石を含む場合がある．また，黒雲母に乏しいコンダライト質片麻岩も認められる．これらの泥質片麻岩類は，複数地点で比較的大規模なザクロ石を含むマフィックグラニュライトブロックを包有する．マフィックグラニュライト中のザクロ石，角閃石，直方輝石の存在量はブロックにより異なるが，一般に単斜輝石に富み石英を含む．斜長石は直方輝石または単斜輝石とのシンプレクタイトとして認められる．単斜輝石にはJd成分は含まれない．
これらのベルナバネの構成岩類は，下部地殻（もしくは上部マントル）から表層までの様々な深度を起源とする原岩が，高圧グラニュライト相程度の変成作用を被ったことをしめしている．また，周囲の露岩域と同様にピーク条件から等温・減圧する変成履歴が想定される．ザクロ石–珪線石–黒雲母片麻岩およびザクロ石–直方輝石–黒雲母片麻岩からの予察的なEPMA分析により，基質部に580–520 Maをしめすモナズ石，ザクロ石中に1.9–1.8 Gaをしめすモナズ石の存在を確認した．このことは，同地域の複変成作用の可能性や堆積上限年代に重要な新知見をもたらす可能性がある．発表では，より詳細な岩石学的・年代学的検討を加え，同露岩域に認められた岩相の形成過程やテクトニックな位置づけについて議論する予定である．

引用文献：[1] Baba et al. (2022) Gondwana Res., 105, 243–261. [2] Dunkley et al. (2020), Polar Sci., 26, 100606. [3] Tahakashi et al. (2018), J. Asian Erth Sci., 157, 245–268. [4] Takamura et al. (2018), Geosci. Frontiers, 9, 355–375.

Keywords: metamorphism, Berrnabbane, Lützow-Holm Complex, East Antarctica

© 2022 Geological Society of Japan

Metamorphic history of low-pressure garnet amphibolite in Oki-Dogo Island

*Mizuki Takahashi[1], Shunsuke ENDO[1]

1. ShimaneUniversity

島根県隠岐島後に分布する隠岐変成岩は，近年の年代学的研究(Cho et al., 2021; Kawabata et al. 2022)から古原生代造山帯の一部であったと考えられる．隠岐変成岩の砂泥質片麻岩中には苦鉄質グラニュライトや角閃岩といった苦鉄質変成岩がレンズ状に含まれる(Hoshino, 1979)．本発表では，苦鉄質グラニュライトおよび新たに見出したザクロ石を含む角閃岩の岩石学的解析により，ザクロ石形成反応を特定し，変成履歴を検討する．苦鉄質グラニュライトの両輝石の平衡温度はHoshino(1979)と同様に，800℃以上を示す．苦鉄質変成岩の基質を構成するCa角閃石はTi鉱物と共生し，岩種に関わらず褐色のコア(Hbl)と淡青色のリム(Ts)からなる累帯構造をもつ．TiO_2に富む褐色のコアは，Ti-in-Ca角閃石温度計により800℃以上を示したことからグラニュライト相ステージとみなせる．ザクロ石は自形のものと苦鉄質鉱物(Fe-Mg角閃石仮像)と斜長石の粒界にコロナ様に生じるものが観察され，Fe-Mg角閃石やCa斜長石を包有する．この反応組織と
Fe+Mg+Mn：Ca=2：1に近いほぼ均質なザクロ石の組成から，次のザクロ石形成反応が特定できる．
Fe-Mg角閃石+斜長石=ザクロ石+石英+H_2O
実際に，ザクロ石を含む角閃岩の全岩化学組成を用いてシュードセクションを計算したところ，この反応が角閃岩相でのザクロ石初出線となることが確認された．この反応は，右辺が高圧で，530-750℃の温度範囲で0.55-0.65GPaの圧力範囲を示すゆるい正の傾きをもつ不連続反応であることから，この苦鉄質変成岩中ではグラニュライト相から角閃岩相にかけて低圧(低P/T)かつ等圧冷却に近いP-T経路(後退変成作用)を経てザクロ石が形成されたと考えられる．北中国地塊東部の古原生代造山帯であるJiao-Liao-Ji beltでは，同様な後退変成時のP-T経路が報告されているが，それ以前の履歴において，藍晶石安定領域からの等温減圧(時計回り)を示すタイプと，低P/Tの昇温(反時計回り)を示すタイプが報告されている(Zou et al. 2018)．隠岐変成岩からは中圧型(藍晶石安定領域)の変成条件を示すような直接的な証拠は見つかっていないが，隠岐変成岩の形成テクトニクスを議論するためには，後退変成以前の履歴を解明する必要がある．

引用文献：Cho et al. (2021) Lithos 396-397, 106217; Kawabata et al. (2022) J. Metamor. Geol. 40, 257-286; Hoshino (1979) J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 74, 87-99; Zou et al. (2018)　Precambr. Res. 311, 74-97.

Keywords: Oki metamorphic rock, Paleoproterozoic, Garnet amphibolite

© 2022 Geological Society of Japan

Indialite-staurolite-bearing polymetamorphic hornfelses from Unazuki area, Toyama Prefecture; Evidence for rapid cooling after low-*P* and high-*T* thermal metamorphism

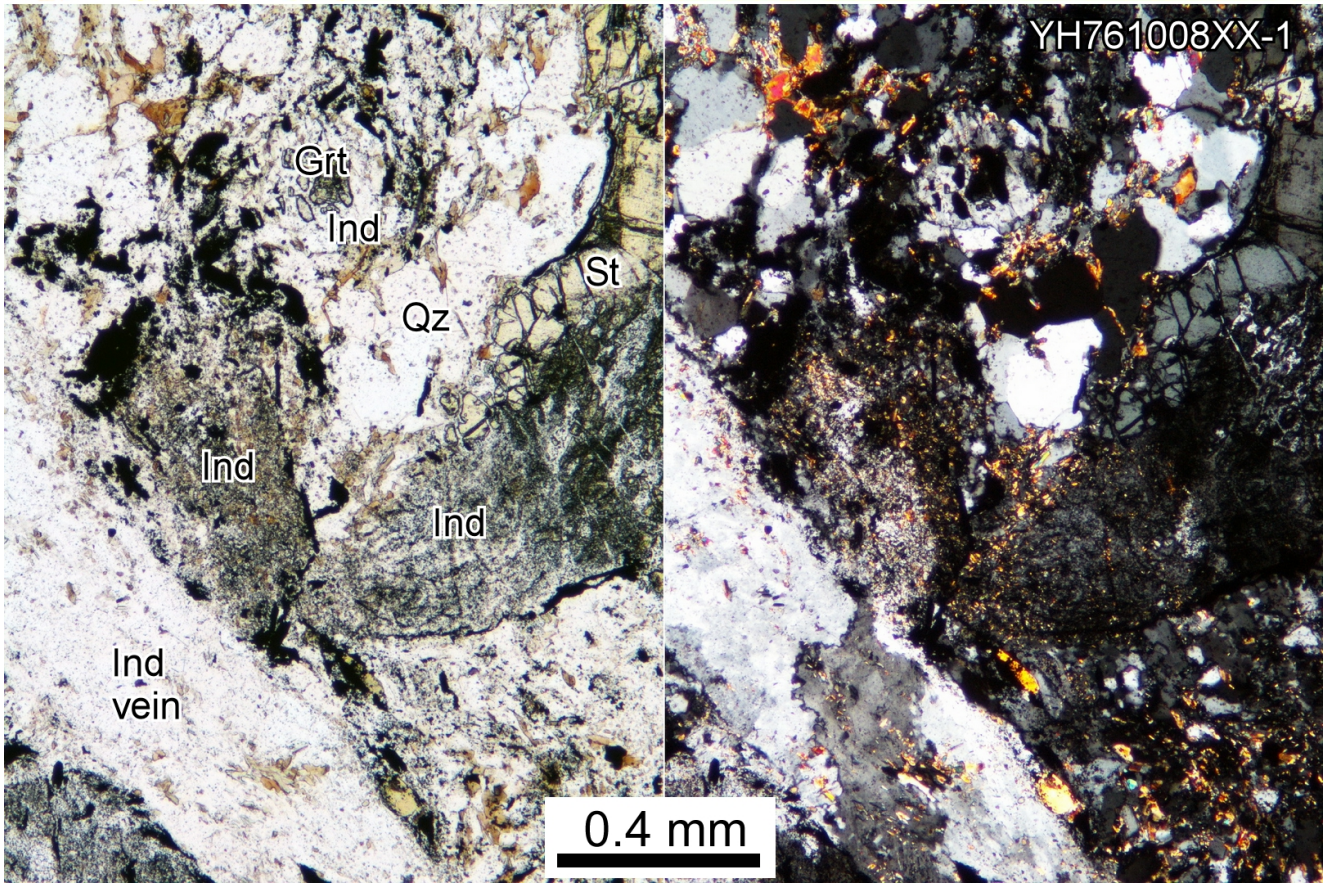
*Yoshikuni HIROI[1]

1. None

富山県の宇奈月地域に産出する変成岩と深成岩の区分、分布、同位体年代値等について近年著しく情報量が増した。しかし特に花崗岩類の区分と年代値に関しては混乱が見られる（例えば、Horie et al. (2018)と竹内ら（2021））。西上原ら（2005）は中谷上流地域の苦鉄質鉱物に乏しく、マイロナイト化した紅色花崗岩から約250 MaのCHIME年代値を報告するとともに（図参照）、深成岩中の捕獲岩になった宇奈月片岩から約250～180 MaのCHIME年代値も報告している。ここでは中谷上流地域で採集した捕獲岩（多くは転石で、産状の詳細は不明）、特にインド石と十字石を含む複変成泥質ホルンフェルスの記載岩石学的特徴について改めて報告し、花崗岩類の区分と年代値に関する混乱解決の一助とする。 ① 中谷の流域は限定的で、上流部には苦鉄質鉱物に乏しく様々な程度にマイロナイト化した紅色の花崗岩が広範に分布する。この他に少量の角閃石斑レイ岩～閃緑岩も産出する。これらの深成岩中に宇奈月片岩が様々な大きさの捕獲岩となっている。 ② 少なくとも1980年までは、中谷上流部には砂防提や車の通行可能な道はなく、外部の岩石がこの流域に搬入された可能性はない。 ③ 捕獲岩には鉱物の定向配列や角礫化などの変形の痕跡が見られることが多く、熱変成作用時に変形作用があったことを示唆する。 ④ 捕獲岩には多量の白雲母や緑泥石、電気石などを含むものからそれらをほとんど含まないものまであり、「後退変成効果」は多様である。 ⑤ インド石-十字石含有複変成ホルンフェルスには、宇奈月十字石片岩と同様に、石墨を含むものと含まないものとがある。十字石は石墨を含む岩石の方に多量に出現（残存）するが、ホルンフェルス中の十字石は十字石片岩中のもの（長径数㎜から１㎝以上）に比べて細粒である（数㎜以下）。 ⑥ 主要なAl_2SiO_5鉱物は紅柱石であり、少量の珪線石や藍晶石も出現することがある。紅柱石は十字石を置換する場合でも針状～長柱状結晶の集合体のような産状を示すことが多い。珪線石はフィブロライトとして局所的に産する。藍晶石はインド石や黒雲母によって置換された残晶の産状を示す。 ⑦ コランダムが出現し、アルカリ長石と直接していることがある。 ⑧ 十字石とザクロ石はインド石や紅柱石、スピネル、コランダム、黒雲母などによって置換された残晶状の産状を示す（図参照）。 ⑨ インド石は十字石やザクロ石を置換する産状に加えて、細粒の珪線石、紅柱石、黒雲母、白雲母などを含む不規則な脈状の産状を示す（図参照）。インド石には偽双晶の関係を示す菫青石ラメラが見られ、インド石結晶中で菫青石が核形成し、成長したことを示している（Kitamura＆Hiroi, 1982）。 この中でもっとも注目すべき点はインド石の産状と「保存」である。インド石は菫青石の高温型の多形で、火事が起きたインドの炭田の他に火山岩に伴って産する。一方、深成岩体の周辺のホルンフェルス中では、インド石として成長した場合も後に菫青石に転移している（例えば、Kitamura & Yamada, 1987）。したがって中谷の深成岩中の捕獲岩にインド石が産出することは例外的であり、低圧高温での熱変成後、急冷したことを示唆する。この点は、古生代後期の原岩形成後、250Maころの短期間（0.8－9.2Ma）に広域変成作用と熱変成作用が順次進行したとするHorie et al. (2018)の解析結果と調和的である。 **引用文献**　Kitamura & Hiroi, 1982, CMP, 80, 110-116; Kitamura & Yamada, 1987, CMP, 97, 1-6; 西上原ら, 2005, 地質学会講演要旨O-262; Horie et al., 2018, Chemical Geology, 484, 148-167; 竹内ら, 2021, 地質調査研究報告, 72, 41–64.

Keywords: Unazuki schists, granitic rocks, medium P-type regional metamorphism, low-P and high-T thermal metamorphism, indialite, staurolite

© 2022 Geological Society of Japan



© 2022 Geological Society of Japan

Emplacement processes of the Namera granite and formation of migmatite in Ryoke belt, Yanai district, Yamaguchi

*Masaaki Owada[1], Katsuma Aoki[2], Eri Akasaki[3], Atsushi Kamei[4]

1. Yamaguchi University, 2. Fujita Geology CO.LTD., 3. The Yamaguchi Prefectural Museum, 4. Shimane University

山口県東部，岩国－柳井地域には，領家帯に属する白亜紀低圧高温型変成岩類と白亜紀花崗岩類が広く分布する（東元ほか，1983）．変成岩類と深成岩類は密接に伴って産し，領家帯深成－変成複合岩体を形成する（宮崎ほか，2016）．花崗岩類のジルコンU–Pb年代は，106–92 Maと幅広い年代値を示す (Skrzypek et al., 2016; Mateen et al., 2019).

累進変成作用は北から南へ温度が上昇し，最高変成温度のざくろ石－菫青石帯では，グラニュライト相に達する (Ikeda, 2002)．Skrzypek et al. (2016)は，岩国－柳井地域の累進変成作用が花崗岩の活動に伴う広域的な接触変成作用によって形成され，変成帯の構造的上位（浅部）に貫入した花崗岩マグマ (105 Ma)の接触変成作用の後，構造的下位（深部）に花崗岩マグマが貫入 (99 Ma)し，この地域全域の古地温勾配が形成されたとするモデルを提案した．岩国－柳井地域に分布する滑花崗岩は，この地域で最初に活動した花崗岩マグマで，上部地殻の温度構造を形成した岩体の一つと考えられている(Skrzypek et al., 2016)．そのため滑花崗岩の岩石学的特徴や定置過程を検討することは，この地域の低圧高温型累進変成作用を理解する上で重要である．

滑花崗岩貫入母岩の泥質片麻岩は菫青石，カリ長石および白雲母を含み，しばしば紅柱石を伴う．また，滑花崗岩体に接するところでは，しばしば珪線石（フィブロライト）を伴う．片麻岩はカリ長石－菫青石帯に属し，590－670 C，100－300 MPaの変成温度・圧力条件が見積もられている (Ikeda, 2004)．後述するように滑花崗岩との境界部にはDiatexite状のミグマタイトが分布する．滑花崗岩は中～細粒で，岩体の東部では弱い面構造が発達し，北西－南東走向で10－30北東へ傾斜する．岩体と変成岩類の面構造はほぼ調和的である．主な構成鉱物は石英，アルカリ長石，斜長石，黒雲母および白雲母で，ざくろ石や菫青石を伴う．色指数は3–12%である．また，珪線石をしばしば含む．この珪線石は白雲母や斜長石に包有され，黒雲母やざくろ石を伴うことがある．岩体周辺部は，有色鉱物が3%未満で優白質な岩相が卓越する．SiO_2含有量は70–78 wt%で，優白質相がやや高い含有量を示す．また，Sr–Nd同位体組成（105 Maで補正）は，領家帯の泥質変成岩類と異なり，周辺に産する領家帯花崗岩類と同じ値を示す．ミグマタイトは，滑花崗岩体との接触部のみに分布する．ミグマタイトは面構造が弱いことで変成岩類と区分でき，細粒で色調が濃いことによって花崗岩と区別できる．ミグマタイトの鉱物組み合わせは，泥質片麻岩と基本的に同じであるが，斜長石，菫青石および紅柱石は自形結晶として産する．また，しばしば自形性の強い電気石を含むことから，滑花崗岩の貫入によって，接触部の温度が上昇すると共にホウ素 (B)を含む流体が関与することで部分溶融を引き起こしたと考えられる．

上述のように滑花崗岩中の珪線石は白雲母や斜長石に包有されている．周囲の変成岩中には，少量のフィブロライトを伴うこともあるが，大部分は紅柱石である．従って，珪線石は母岩からの捕獲結晶とは考えにくい．この珪線石は黒雲母やざくろ石を伴うことから，珪線石－カリ長石帯に由来する捕獲結晶の可能性がある．そうだとすれば，Skrzypek et al. (2016)の見解と異なり，滑花崗岩が上昇を開始する105 Ma以前に広域的な熱構造が形成したことになる．産状，鉱物組み合わせおよび同位体組成を含む全岩化学組成から，滑花崗岩はマグマ上昇過程で泥質岩を取り込み，過アルミナ質の組成を獲得して上部地殻に定置したと推察される。

東元ほか（1983）5万分の1地質図幅「岩国」，地質調査所，79p．宮崎ほか（2016）20万分の1地質図幅「松山」第2版．Skrzypek et al. (2016) Lithos, 260, 9–27. Mateen et al. (2019) Geosci Jour, 23, 917–931. Ikeda (2002) Island Arc, 11, 185–192. Ikeda (2004) Contrib Mineral Petrol, 146, 577–589.

Keywords: Ryoke granite, Iwakuni–Yanai district, Namera granite, Migmatite, Progressive metamorphism

© 2022 Geological Society of Japan

High-temperature metamorphic belt formed around huge felsic plutonic body: an example from the Mt. Raizan of the Sefuri Mountains to the Itoshima Peninsula

*Kazuhiro Miyazaki[1], Yayoi Muraoka[1]

1. Geological Survey of Japan

九州北部に分布する糸島花崗閃緑岩体は，東西約60 km, 南北約35 kmにわたる巨大珪長質深成岩体である．この岩体のルーフには，グラニュライト(大和田ほか，2005，地質雑; Adachi et al.,2012,Jour Geol. Soc. Japan)や角閃岩(大和田ほか，2000，地質学論集; Yamada et al., 2008, JMPS）などが分布し，高温型変成帯の存在が示唆される．以下では，脊振山系雷山稜線から糸島半島にかけて分布する巨大珪長質深成岩体周囲の高温型変成帯の形成について調べた結果を報告する．

[雷山ユニット]雷山周辺に分布．主に苦鉄質変成岩からなり，泥質変成岩などを伴う．本ユニットには，糸島花崗閃緑岩(ジルコンU-Pb年代: 106.1 ±0.9Ma，105.0 ±1.4Ma； 村岡，2021，地質学会要旨）が貫入する．本岩は，片麻状構造を有し，貫入境界は，変成岩及び本岩の片麻状構造に平行かわずかに斜交する．本ユニットには，東西走向のアンチフォームとシンフォームが形成され，糸島花崗閃緑岩もこの褶曲に参加する．見かけ上部から下部へ片岩，片麻岩，ミグマタイトと組織が急激に変化する．

[野北ユニット]糸島半島に分布．主に苦鉄質片岩からなり，少量の泥質片岩などを伴う．北側に北崎トーナル岩(ジルコンU-Pb年代: 111.5 ±1.3Ma；村岡，2021，地質学会要旨）が，南側に糸島花崗閃緑岩が貫入する．北崎トーナル岩と変成岩の境界には，主片理と大きく斜交する非調和貫入境界が存在する．一方，南側の糸島花崗閃緑岩との境界は両者に発達する主片理ないし片麻状構造とほぼ調和的である．

[浜ユニット]糸島半島野北付近に分布．主に泥質片岩からなる．見かけ上位の野北ユニットとの間には，強い片理が発達し，多数の珪質片岩レンズを挟む延性剪断帯が存在する．

[原岩年代]DensityPlotter (Vermeesch, 2012, Chem. Geol.)で求めた変成泥岩中の砕屑性ジルコン粒子の最若U-Pb年代成分は，浜ユニットで229.6 ±6.4Ma, 野北ユニットで376.3 ±6.6Ma，雷山ユニット下部で426.7 ±18.4Maであった.雷山ユニットと野北ユニットは，蓮華変成岩を原岩とすることと矛盾しないが，浜ユニットは周防変成岩を原岩とする可能性が指摘できる．

[変成温度圧力]Grt-Bt温度計（Hodges and Spear, 1982, Amer. Mineral.)とGPBQ圧力計(Hoisch,1990, Contrib. Mineral. Petrol.)を用いると，浜ユニットで，3.8 kbar，622 ℃，雷山ユニット上部で，3.5 kbar，679 ℃，雷山ユニット下部で，5.5kbar，710 ℃であった．

[変成年代]雷山ユニット下部の泥質ミグマタイトの変成ジルコンU-Pb年代で，126–98 Ma, 加重平均103.7±3.6Ma，MSWD=22.5であった.

[考察]今回得られた雷山ユニット下部の温度圧力条件は，水に飽和した泥岩の固相線より高温であり，泥質ミグマタイトが分布することと調和的である．この温度圧力条件で糸島花崗閃緑岩マグマが貫入した場合，マグマの含水量を3.8wt%とすると，メルト量は約40vol%となる．温度圧力図上で，メルト量，系の自由エネルギー，流体量を見積もると，上述の温度条件から数十℃の温度低下により急激なメルトの固化，潜熱と流体の放出が起きることが示される．花崗閃緑岩マグマが周囲の高温変成岩の変成作用の熱源及び反応と変形を促進させる流体源であったことを示唆する．

雷山ユニットの温度圧力測定を行った2つの試料は，直線距離で2.6 kmしか離れていない．従って，泥質ミグマタイトが，延性変形を被りながら薄化上昇したことが示唆される．地殻深部で巨大なマグマ溜が形成されていた場合，上昇するのに十分な浮力を獲得でき，高温型変成岩上昇の駆動力となり得る．Miyazaki et al. (2018, Int. Geol. Rev.)の数値計算から類推すると，深度20kmから深度10km程度まで，数Myrで上昇できる可能性がある．北部九州では，105Ma頃の火成活動の活発化と巨大珪長質マグマ溜の形成が，地殻深部での高温型変成作用と延性変形の進行，及び高温型変成帯の上昇を促進したと考えられる．巨大珪長質マグマ溜が熱源となり，その周囲で広範囲な変成作用と延性変形が進行する点は，同時期に形成された領家変成帯の形成と共

© 2022 Geological Society of Japan

通する．即ち，原岩を別にすると，地理的位置関係から，糸島花崗閃緑岩体周囲の高温型変成岩及び変成帯は，領家変成帯の西方延長と見なすことが可能である．

Keywords: Metamorphic rocks, Plutonic rocks, Ryoke, Itoshima, Raizan

© 2022 Geological Society of Japan

4:00 PM - 4:15 PM (Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:30 PM oral room 3)

[2oral314-28-11add] Break

©The Geological Society of Japan

Development of dynamic recrystallization of quartz and change in water contents

*Junichi FUKUDA[1], Takamoto OKUDAIRA[1], Yukiko OHTOMO[2]

1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Education, Art and Science, Yamagata University

大陸地殻の主要構成鉱物である石英について、結晶構造水や流体包有物として含まれる水は、石英の塑性変形を促進させることが知られている。しかし、天然の石英中の水の形態や含水量、およびこれらと塑性変形との関係性ついて不明な点が多い。そこで本研究では、阿武隈山地東縁から採取した異なる変形様式を示す割山花崗岩に含まれる石英について、赤外分光法を用いて水の分析を行った。

分析試料は1. ほぼ原岩、2. 弱変形、3. 強変形試料、の3種を用いた。1.のほぼ原岩試料では、偏光顕微鏡下において、領域によっては石英の粒界でバルジングが起こっており、10 μm程度の粒子が一つまたは数個生成しているが、全体の組織としては大方原岩の状態を保持している。2.の弱変形試料では、試料は弱い面構造を示し、ホスト石英粒子の近傍に、バルジングや亜粒界回転によって生成した動的再結晶粒子が最大数百μmの領域で見られる。長石類もポーフィロクラストとなっている。3.の強変形試料では、強い面構造を示し、石英領域は100 μm程度のホスト粒子とその内部に発達した10 μm程度の若干の亜粒子が見られる領域もあるが、ほぼ動的再結晶が完了しており、細粒石英粒子が基質を占める。

上記のような3種の変形度を示す試料について、赤外分光法面分析を用いて、石英含水量の2次元分布を測定した。試料の厚みは100 μm前後で、十分なシグナルを示す赤外スペクトルが測定でき、かつ偏光顕微鏡下で試料の微細構造も観察できる。面分析領域は最大400 x 400 μm、空間分解能=アパーチャーサイズは最小25 x 25 μmで分析を行った。ほぼ原岩試料は石英一粒子内部、弱変形試料はホスト石英粒子と動的再結晶石英領域、強変形試料は動的再結晶石英領域を分析した。

分析結果を以下に述べる。ほぼ原岩試料の石英粒内の赤外スペクトルは波数2800-3800 cm^{-1}に幅広い吸収帯を示し、流体包有物として分子状の水が含まれている。含水量は不均質で、一つの粒内で、数十wt ppm H_2O から1500 wt ppmまで幅広く変化する。弱変形試料では、ホスト石英粒子内部の含水量はほぼ原岩試料と同様に不均質であった。一方、動的再結晶領域は強変形試料と共に分子状の水の吸収帯を示し、含水量は200-350 wt ppm、平均250 wt ppmとほぼ均質であった（下図）。このような水は動的再結晶石英粒内と粒界に存在していると考えられる。

以上の分析結果は、Fukuda et al. (2012)で見られた、長石の溶解-沈殿機構による細粒化が起こる際、ホスト粒子（150-2200 wt ppm）からの水の放出と、含水量が均質な細粒長石領域の生成（150-300 wt ppm）とよく似た結果となった。一方、Fukuda and Shimizu (2019)の三波川変成岩中の石英集合体領域で見られた含水量分布とは相反する。Fukuda and Shimizu (2019)では、石英粒径が150 μmから30 μmへと減少するに従って、含水量は40 wt ppmから300 wt ppmへと増加した。これは石英の粒界の面積が相対的に増加し、粒界により多くの水が保持されていることを示唆する。三波川変成岩中の石英の場合では、動的再結晶による細粒化が起きたのか、元々粒径が異なるのかは不明であるが、粒界がより多くの水のリザーバーになっている。一方、本研究での割山花崗岩の場合では、ホスト粒子よりも低い含水量が細粒石英領域の粒内、粒界に含まれており、水はホスト石英粒子の動的再結晶時に放出されたことを示唆する。

引用文献

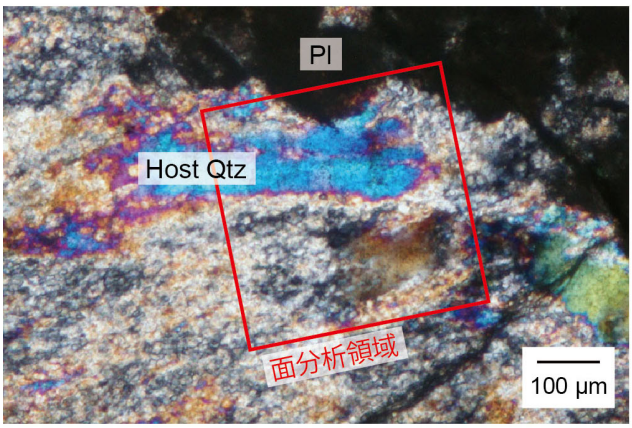
Fukuda J., Okudaira T., Satsukawa T., Michibayashi K. (2012) Solution-precipitation of K-feldspar in deformed granitoids and its relationship to the distribution of water. Tectonophysics, vol. 532-535, pp. 175–185

Fukuda J. and Shimizu I. (2019) Water distribution in quartz schists of the Sanbagawa Metamorphic Belt, Japan: Infrared spectroscopic mapping and comparison of the calibrations proposed for determining water contents. Earth, Planets and Space, vol. 71:136, pp. 1–14

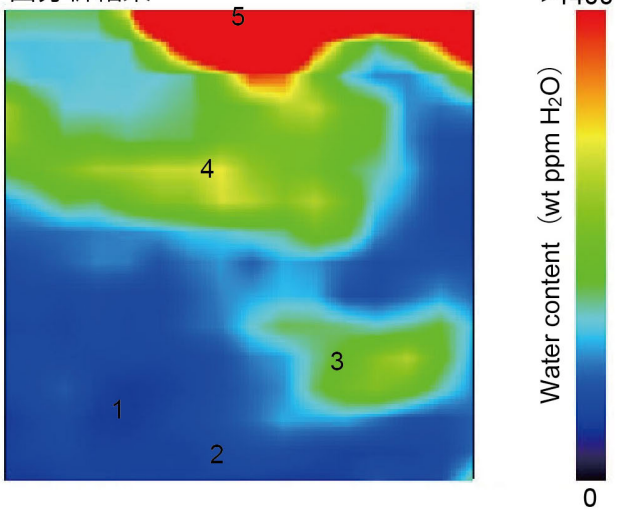
© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Quartz, Dynamic Recrystallization, Plastic Deformation, Water Contents, Infrared Spectroscopy

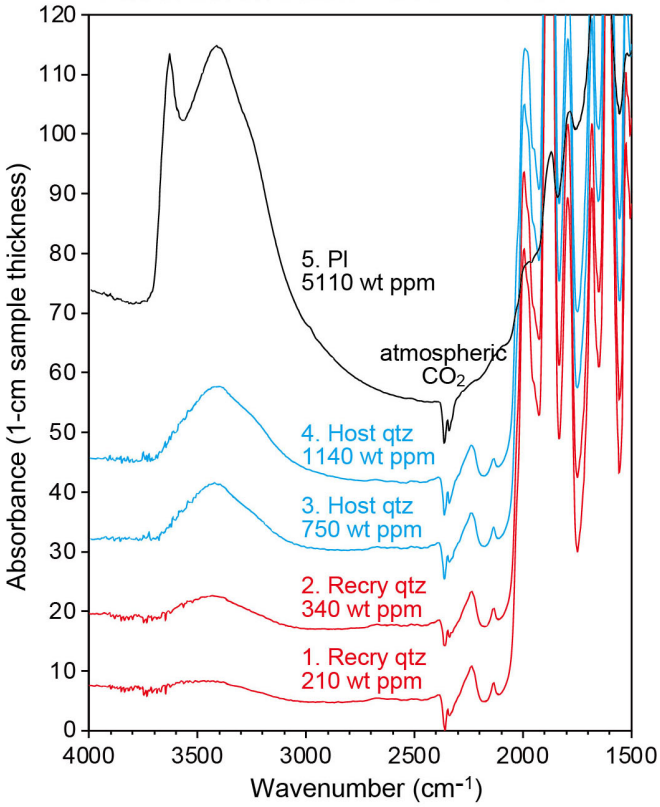
弱変形割山花崗岩、試料厚み : 103 μm



面分析結果



面分析結果数字箇所の赤外スペクトル



© 2022 Geological Society of Japan

Deformation-enhanced dehydration of antigorite in Nagasaki serpentinite: An experimental study using a solid-medium apparatus

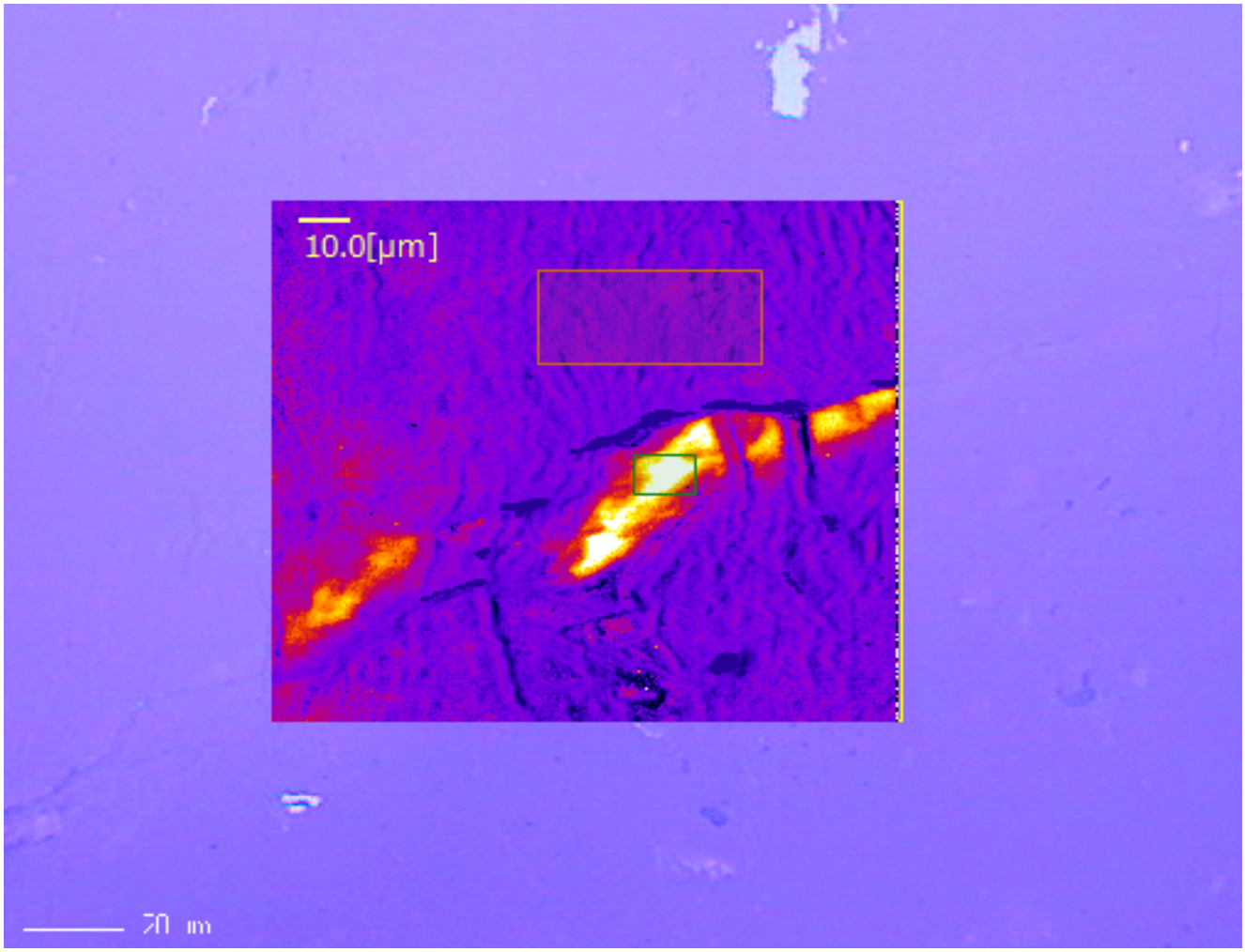
Sakurako Okude[1], *Ichiko Shimizu[1], Mugen Ogata, Katsuyoshi Michibayashi[2]

1. Kyoto University, 2. Nagoya University

沈み込み帯で起こる深発地震の発生メカニズムとして，相転移や脱水脆性化，熱的塑性不安定性が議論されてきた。特に深さ200 km までの中深発地震についてはスラブマントルの蛇紋岩の脱水脆性化が議論されてきたが、実験の温度圧力条件や、用いる蛇紋岩の構成鉱物や組織の多様性などにより異なる力学挙動が報告されている。本研究では、長崎変成帯のアンチゴライト蛇紋岩をもちいて、深さ60 km のやや深発地震の発生域を含む温度圧力条件下で、蛇紋岩の力学特性を調べるために変形実験をおこなった。試料は、直径 8 mm、高さ約 14 mm の円柱に成形して用いた。実験は熊沢型固体圧式試験機を用いて封圧0.6–1.7 GPa の範囲でおこなった。蛇紋岩の脱水前と脱水後の挙動を比較するために， 温度は500℃ と700℃ でおこない、歪速度一定（$3.3\times10^{-5}sec^{-1}$）で圧縮試験を行った。　500℃、1.2 GPa でおこなった実験では、試料は完全に降伏せず歪硬化が続いた。実験後の試料には脱水反応はみられず、試料を貫く共役断層による変形がみられた。700℃では脱水軟化（降伏後、定常クリープ）がみられたが、高圧(1.7 GPa)では降伏しないこともあった。降伏した実験試料は、準脆性変形を示し実験回収試料のSEM-EDS観察では実験中に生じた断層に沿ってMg やFe の濃集がみられた。同じ場所のラマン分光イメージではカンラン石（フォルステライト）が集中して生成していることが確認された（図）。700℃，1.7 GPa の実験回収試料には、断層剪断帯に輝石（エンスタタイト）や赤鉄鉱も生成していることも確認された。断層の形成や剪断変形が脱水反応を促進したと考えられる。しかし，同じ条件で行った検証実験では，試料は明瞭な降伏を示さず歪硬化がつづき，脱水反応もほとんど進行していなかった。沈み込むスラブの高圧条件での力学挙動は，蛇紋岩の初期不均質（微小クラックの存在）に大きく影響されると考えられる。 1.7 GPa の実験試料についてX線CT解析をおこない，σ_1軸に対する断層の真の傾斜角を求めたところ，モール円は断層生成時の高い(>1 GPa)間隙圧を示唆する。スラブマントルのゆっくりした昇温過程でも、反応と変形の相互促進により蛇紋岩の脱水変形による大きな強度低下が起こり、周囲のカンラン岩の地震を誘発した可能性が示唆される。

Keywords: serpentinite, dehydration reaction, high-PT deformation experiment, brittle-ductile transition, Raman spectroscopic imaging

© 2022 Geological Society of Japan



© 2022 Geological Society of Japan

Paleostress recorded in the Paleo-Mesozoic limestones of NE Japan

*Saki NOGUCHI[1], Hirataro IMAI[2], Osamu NISIKAWA[3]

1. Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd., 2. OYO Corporation, 3. Akita Univ.

地質体が過去に経験した応力状態を明らかにすることは，構造発達史を理解する上で重要な手がかりとなる．しかし，日本列島のような変動帯に位置する中古生代の基盤岩類は複数のテクトニックイベントを受けている可能性があり，重複の恐れのある変形構造を利用した古応力解析の結果は複雑で，その解釈は困難であると予想されていた．多重逆解法 (山路, 2000 JSG)は複数の応力を分離することができるため，複数の応力イベントを経験した古い地質体への適用が期待できる．応力逆解法では，小断層のスリップデータを用いることが一般的であるが，方解石双晶の方位データも利用できる(Jaya and Nishikawa, 2013)．方解石双晶を用いた応力解析では， 一つのサンプルから容易に多数のデータを収集することができることが利点である．また，花崗岩などの貫入による熱的影響で再結晶すると，双晶がリセットされるため，熱変成を受けた石灰岩や方解石脈に対しては，検出された応力の年代を制約できる場合がある．

東北日本の中古生界は，北部北上帯，根田茂帯，南部北上帯，阿武隈帯に区分され，それぞれ異なった年代および構造発達史を示す（Ehiro et al., 2016; Kojima et al., 2016 など）．また，これらの地質帯には前期白亜紀に花崗岩類が貫入し，周囲に熱的な影響を与えている（Nakajima , 2016など）．本研究では北部北上帯（尻屋・八戸・安家地域），南部北上帯（旭の又，住田，東山，気仙沼，登米，相馬立石地域），阿武隈帯（滝根地域）において採取した計36個の石灰岩および大理石中に発達した方解石双晶に多重逆解法を適用し応力解析を行った．一つのサンプルから互いに直交する三つの面の薄片を作成し，ユニバーサルステージを用いて一サンプルにつき60~150個の方解石粒子の双晶ラメラの極とc軸方位の測定を行った．

各試料の方解石双晶データから検出された応力の多くは，N-S~E-W方向水平にσ，N-S～NE-SW方向鉛直にσが配置され，0～0.6（軸性圧縮～3軸応力状態）の応力比を持つ．阿武隈地域の主要な応力クラスターには応力比が大きいものもあり，南北引張の応力が検出された．北部北上帯および南部北上帯の石灰岩には褶曲によって折りたたまれた層理面やスレートへき開などの面構造が発達する．検出された応力は，面構造の発達方向から推測される応力配置と非調和的なものが多いが，北部北上帯の尻屋，八戸地域，南部北上帯の気仙沼地域では，面構造に垂直な方向にσ_1のクラスターが認められる．北部北上帯安家地域では，小断層のスリップデータや石英脈の方向から推測される応力配置と調和的な応力も検出された．

NW-SE方向にσ_1が配置される応力は，前期白亜紀花崗岩の貫入の影響で方解石が再結晶している地域においても検出されることから，東北日本に分布する中古生代の石灰岩に記録された応力は主として前期白亜紀以降の応力場であることが示唆される．東北日本では白亜紀にNNW-SSE方向の大規模な左横ずれ断層がいくつも活動しており，本研究で得られた主要な応力のNW-SE圧縮の応力場は，この左横ずれ運動と調和的となる．

文献：

Ehiro, M. et al., 2016. *In* Moreno, T. et al., eds., *Geology of Japan*, Geol. Soc. London，25-60.
Jaya, A and Nishikawa, O., 2013. JSG，55，34-49.
Kojima, S., et al., 2016. *In* Moreno, T. et al., eds., Geology of Japan, Geol. Soc. London，61-100.
Nakajima, T., et al., 2016. *In* Moreno, T. et al., eds., Geology of Japan, Geol. Soc. London，251-272.
Yamaji, A., 2000. JSG, 22，441-452

Keywords: Mesozoic, Paleozoic, calcite twin, paleostress reconstruction, Multiple Inverse Method

© 2022 Geological Society of Japan

Short-wavelength Bouguer anomaly and folding with disclination in the northeastern Japan

*Mitsuhiro Hirano[1], Hiroyuki Nagahama[1]

1. Tohoku Univ.

3 Ma 以降から活発な圧縮応力場が伴う東北日本弧において、断層運動をはじめとする地殻変動と短波(< 160 km) ブーゲ重力異常の間に特徴的な関係があることが報告されている[1-4]。先行研究によると、活断層が負の異常領域に分布する傾向があり、それは断層転位の蓄積によるクラックや体積歪に起因していると考えられている[1-4]。特に、活発な活断層や複褶曲を伴う歪集中帯では、断層転位の蓄積が負の異常帯を形成し、東北日本弧全体の短波ブーゲ重力異常のパターンに影響を与えている可能性が指摘されている[4]。本発表では、この概念をさらに拡張し、構造欠陥の一つである回位を伴う褶曲の幾何学的観点から東北日本弧全体に沿った正負の異常帯について議論する。

褶曲は、部分空間（例えば、3次元ユークリッド空間）から包括空間（例えば、3次元リーマン空間）へのはみだしを定義するオイラー・スカウテン曲率によって記述される[5]。地震の発生密度は地殻の塑性的な褶曲変形の曲率（オイラー・スカウテン曲率）に比例し、断層転位もその曲率が大きい地域に蓄積する[6-8]。断層転位の列（蓄積）は回位と等価であり、回位密度はオイラー・スカウテン曲率から導かれるリーマン・クリストッフェル曲率から表現される[9, 10]。一対の回位を伴う角ばった褶曲はキンク褶曲と呼ばれ、回位周辺に質量損失領域や質量過剰領域を形成する[11]。東北日本弧における歪集中帯では、複数の断層に囲まれた起伏のある領域（断層ブロック）が確認されており[12]、それらはキンク褶曲とみなすことができる。この考えに基づくと、地殻内の回位の存在により、質量損失域による負の異常領域だけでなく、質量過剰域による正の異常領域が東北日本弧に沿って存在すると推察される。故に、東北日本弧に沿った重力異常の正負の異常帯は、回位が伴う地殻の幾何学的な状態を反映していると考えられる。

[1]萩原, 1979測地学会誌, [2]萩原, 1980測地学会誌, [3]Yamasaki & Nagahama, 1999 Acta Geophys. Pol. [4]Hirano et al., 2022 Terra Nova [5] Schouten, 1995 Ricci-Calculus [6] Nagumo, 1969 Bull. Earthq. Res. Ins. [7]Nagahama, 1996 Geol. Rundsch. [8] Kikuchi et al., 2014Episodes [9]Kondo, 1952 Proc. 2nd Japan Nat. Congr. Applied Mech. [10] Kleinert, 2011 Electron. J. Theor. Phys. [11]大崎ほか, 2011第60回理論応用力学講演会 [12]Awata & Kakimi, 1985 Earthq. Predict. Res.

Keywords: Northeastern Japan arc, Gravity anomaly, Active fault, Folding, Disclination

© 2022 Geological Society of Japan

A mechanism for cyclic back-arc spreading

*Kazuhiko Ishii[1], Simon R. Wallis[2]

1. Department of Geosciences, Osaka Metropolitan University, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

トンガ弧の南フィジー海盆とラウ海盆やマリアナ弧のパレスベラ海盆とマリアナトラフの周期的な拡大に見られるように，背弧拡大は非定常的な過程である（文献1，2）。これらの背弧拡大は，火山弧でのリフティングに始まり，典型的な背弧拡大に移行する。本研究では，プレート沈み込みの2次元数値モデルを用いて，周期的背弧拡大のメカニズムとそれに必要な条件について検討した。モデルは，水平距離7000km，深さ2900kmの領域で，深さ410 kmと660 kmの相転移を考慮し，温度・圧力依存の粘性，圧力依存の摩擦強度，および最大降伏応力を組み合わせた構成則を用い，低粘性かつ低密度のマントルウェッジを仮定している。また，上盤の大陸プレートはモデル側面に固定しているのに対し，沈み込む海洋プレートは密度と粘性の分布に応じて自由に動くように設定している。本研究では，沈み込む海洋プレートの年齢，スラブの最大降伏応力，島弧リソスフェアの強度をパラメータとして，その効果を検討した（文献3）。

海洋プレート年齢100Ma，最大降伏応力200MPaの条件では，ほぼ鉛直に傾斜するスラブが660 km不連続面に衝突したときに，傾斜方向の圧縮応力がスラブに沿って上方に伝わり，島弧リソスフェアに引張応力が生じることにより背弧拡大が始まる。背弧拡大に伴う海溝の後退によって，スラブの傾斜が減少しスラブが座屈すると背弧拡大は停止する。座屈したスラブのほぼ鉛直に傾斜した‘踵’が再び660 km境界に衝突したときに，リフティングが再び始まる。この2回目のリフティングは島弧で始まるが，次第に背弧域に移動し，新しい背弧拡大となる。島弧リソスフェアの応力状態は，拡大停止時から島弧リフティングの時期に引張で，背弧拡大時はニュートラルから弱い引張である。また，周期的背弧拡大に伴って，海洋プレートの移動速度も周期的に変化する。我々のモデルでは，スラブの曲げに対して中程度の抵抗力をもつ，厚く（年齢が古く）弱い（最大降伏応力が小さい）スラブの沈み込みが周期的な背弧拡大になることが予測される。対照的に，曲げに対する抵抗力が大きい厚く（年齢が古く）強い（最大降伏応力が小さい）スラブでは連続的な背弧拡大が予測され，曲げに対する抵抗力が小さい薄く（年齢が若く）弱い（最大降伏応力が小さい）スラブでは背弧拡大が起こらないと予測される。

これらの結果は，①海洋プレートの沈み込みを駆動するスラブの負の浮力のほか，②低粘性かつ低密度のマントルウェッジの存在と③スラブとマントル遷移層との相互作用に伴う島弧リソスフェアの応力状態の変化が，周期的背弧拡大に重要な役割を果たすことを示している。本研究の2次元モデルでは考慮していないスラブ端の側方を回り込むマントルの流れ，浮揚性リソスフェアの衝突，第三のプレートとの相互作用などの過程が，特定の状況での周期的背弧拡大に重要な役割を果たす可能性がある。しかし，約2000万年という共通する時間スケールの存在は，すべてではないにしても多くの沈み込み帯に共通する普遍的なメカニズムが背弧海盆形成に寄与していることを示唆している。本論文の新しいモデルは，トンガーケルマデック弧とカラブリア弧に見られる周期的な背弧拡大と現在のスラブの形状（文献4，5）の関係を説明することができる。

文献
1）Sdrolias, Mu¨ller, 2006, doi:org/10.1029/2005G C0010 90
2）Clark et al., 2008, doi:org/10.1016/j.pepi.2008
3）Ishii, Wallis, 2022, doi:org/10.1186/s40645-022-00486-3
4）van de Lagemaat, et al., 2018, doi:org/10.1029/2017T C0049 01
5）Piromallo, Morelli, 2003, doi:org/10.1029/2002J B0017 57

Keywords: Cyclic back-arc spreading, 660 km boundary, Numerical model, Stress, Subduction dynamics

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

[2oral412-21] T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

Chiar:Natsuko ADACHI, Hirokazu Kato, Fumito SHIRAISHI
Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 4:45 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T11-O-19] Paleoclimatic Analyses of the Past 200 years Using Cascade Tufa and Stalagmite in Tokunoshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan

*Akira Murata[1], Hirokazu Kato[1], Akihiro Kano[1] (1. The University of Tokyo)

1:30 PM - 1:45 PM

[T11-O-20] Interpretation of isotopic records of the Japanese stalagmite and quantification of the amount effect

*Akihiro Kano[1], Hirokazu Kato[1], Akira Murata[1], Kenji Kashiwagi[2] (1. The University of Tokyo, 2. The University of Toyama)

1:45 PM - 2:00 PM

[T11-O-21] Climatic records in Heinrich events revealed from Japanese stalagmites

*Hirokazu Kato[1], Taiki Mori[2], Akihiro Kano[1] (1. The University of Tokyo, 2. Chuo Kaihatsu Corporation)

2:00 PM - 2:15 PM

[T11-O-22] (Invited) Coralogy

*Tsuyoshi Watanabe[1] (1. Faculty of Science, Hokkaido University)

2:15 PM - 2:45 PM

[2oral412-21-5add] Break

2:45 PM - 3:00 PM

[T11-O-23] Decompositional processes of microbial carbonates in Lagoa Vermelha, Brazil

*Fumito SHIRAISHI[1], Yusaku HANZAWA[1], Jiro ASADA[2], Leonardo Fadel CURY[3], Anelize Manuela BAHNIUK[3] (1. Hiroshima University, 2. INPEX Solutions, 3. Federal University of Parana)

3:00 PM - 3:15 PM

[T11-O-24] Changes in sedimentary environments and mechanisms of the Upper Pleistocene Ryukyu Group related to relative sea level fall in the western part of Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan -Preliminary results-

*Hiroki Matsuda[1], Masahide Hayashida[2], Yuuka Kumagae[2], Kazuki Tokushige[2], Yoshihiro Tsuji[3], Keiichi Sasaki[4] (1. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 2. Faculty of Science, Kumamoto University, 3. KIKAI Institute for Coral Reef Sciences, 4. Faculty of Economic Informatics, Kanazawa Gakuin University)

3:15 PM - 3:30 PM

©The Geological Society of Japan

[T11-O-25] Roles in reef construction of microencrusters in the Panthalassan Torinosu Limestone (Upper Jurassic) from Yura area, Wakayama Prefecture

*Taiki FUNABA[1], Yoichi EZAKI[2], Natsuko ADACHI[2] （1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University）

3:30 PM - 3:45 PM

[2oral412-21-9add] Break

3:45 PM - 4:00 PM

[T11-O-26] Bryozoans of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone: Roles in reef building

*Shota SUGAMA[1], Yoichi EZAKI[2], Mitsuru MASUI[1], Koki SHIMIZU[1], Koichi NAGAI[4], Tetsuo SUGIYAMA[3], Natsuko ADACHI[2] （1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University, 3. Fukuoka University, 4. formerly University of the Ryukyus）

4:00 PM - 4:15 PM

[T11-O-27] Sponge-related, microbialite-like rocks in the upper Cambrian of North China

*Yoichi EZAKI[1], Natsuko ADACHI[1], Jianbo LIU[2] （1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ.）

4:15 PM - 4:30 PM

[T11-O-28] Growth forms and distribution patterns of the microstromatolites from the Bayan Gol Formation (lower Cambrian), western Mongolia

*Natsuko ADACHI[1], Yoichi EZAKI[1], Jianbo LIU[2], Mahito WATABE[3], Gundsambuu ALTANSHAGAI[4], Batkhuyag ENKHBAATAR[4], Dorj DORJNAMJAA[4] （1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ., 3. Waseda Univ., 4. Inst. of Paleontol., Mongolian Acad. of Sci.）

4:30 PM - 4:45 PM

©The Geological Society of Japan

Paleoclimatic Analyses of the Past 200 years Using Cascade Tufa and Stalagmite in Tokunoshima Island, Kagoshima Prefecture, Japan

*Akira Murata[1], Hirokazu Kato[1], Akihiro Kano[1]

1. The University of Tokyo

石灰岩地帯の河川で堆積するトゥファは炭酸カルシウムを主成分とし、年縞を持つことから、高解像度の古気候記録媒体として期待されている(Kano et al., 2003; Kawai et al., 2006)。しかし、河川で発達するトゥファを対象とした研究では、トゥファの堆積に伴う流路変化によって記録が数十年を超えず、断続的になるという問題点が指摘されていた。一方で、滝から流れ落ちた水によって同じ地点でマウンド状に形成されるカスケード型トゥファは、石筍のように長期間かつ連続的な記録を保持すると期待される。
本研究では、鹿児島県徳之島の小原海岸に広く発達するカスケード型トゥファを対象とした。連続堆積が期待できるサンプルを2地点から採取し、内部に形成された年縞を詳細に観察することで堆積期間を217年(Site 2, 長さ20 cm)、192年(Site 3, 長さ50 cm)であると決定した。その上で、酸素・炭素同位体分析を行った。
また、小原海岸から北東1 kmほどに位置する小島鍾乳洞からは長さ15 cmの石筍を採取した。内部に発達する年縞とU-Th年代から、約140年間の記録を持つことが確認された。
トゥファの酸素同位体比は2地点で一致した変動を示し、約20年の周期性を持っていた。また、石筍とトゥファの酸素同位体比は変動パターンが異なり、石筍の方が明らかに高い値を示した。これは、洞窟内の気温が外気温に比べて一年を通した変化が小さく、特に夏季の気温が低いことを反映している。今後、雨水記録や継続的なデータ採取、凝集同位体比の活用などから詳細な古気候の解釈へとつなげていく。

Kano, A., Matsuoka, J., Kojo, T., & Fujii, H. (2003). Origin of annual laminations in tufa deposits, southwest Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *191*(2), 243–262. https://doi.org/10.1016/0031-0182(02)00717-4
Kawai, T., Kano, A., Matsuoka, J., & Ihara, T. (2006). Seasonal variation in water chemistry and depositional processes in a tufa-bearing stream in SW-Japan, based on 5 years of monthly observations. *Chemical Geology*, *232*(1–2), 33–53. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.02.011

Keywords: Tufa, Stalagmite, Paleoclimate

© 2022 Geological Society of Japan

Interpretation of isotopic records of the Japanese stalagmite and quantification of the amount effect

*Akihiro Kano[1], Hirokazu Kato[1], Akira Murata[1], Kenji Kashiwagi[2]

1. The University of Tokyo, 2. The University of Toyama

石筍の酸素同位体記録は後期更新世以降の陸域古気候記録として極めて重要である。特に，2000年代以降に中国から報告された過去60万年間の記録は世界的標準として認知されている。
原理的に酸素同位体比は方解石の形成温度と環境水の酸素同位体比の２つの要素に依存するが，これまで報告されてきた石筍記録の多くは環境水すなわち雨水の酸素同位体比への依存度が高く，降水現象を反映していると解釈されてきた。中国の記録では夏の降水強度を示すと考えられ，その解釈は「強い雨ほど酸素同位体比が低くなる」という量的効果との整合性で補強された。
中国から10年遅れて，日本産の石筍記録も公表されるようになった。広島産石筍の研究では，中国石筍記録との相同性が強調されたが，変動幅が小さいことから量的効果が弱かったとも指摘された (Shen et al., 2010)。新潟産石筍の研究では，冬季の降雪強度とともに日本海の汽水化が重要であると解釈された (Sone et al., 2013; Amekawa et al., 2021)。一方，三重産石筍の過去8万年間の記録は，酸素同位体比の振幅が著しく小さく，水蒸気ソースである海水の値と同調した長期的変動を示すことから，温度変化と海水の酸素同位体比変動だけで説明できると解釈された (Mori et al., 2018)。この研究では量的効果の重要性に対して疑問が呈され，中国石筍の大きな振幅は海水変動に伴う東シナ海の陸化による内陸度（海岸線からの距離）の変化も影響している可能性が示唆された (Mori et al., 2018)。
石筍酸素同位体比記録の解釈は量的効果の評価に依存する。そこで，日本国内で採集された雨水酸素同位体比を用いて量的効果の定量的評価を試みた。Amekawa et al. (2021) が用いたいたモンテカルロ的な統計処理の結果は量的効果を認定する。しかし，その効果は弱い。石筍同位体比記録を量的効果のみで解釈すると，過去において年間2000mL以上の大きな幅で降水量が変化したことになり，別の要因も影響していたと考えられる。

Amekawa et al., 2021. PEPS, 8, 1-15.
Mori et al., 2018. QSR, 192, 47-58.
Shen et al., 2010, QSR, 29, 3327-3335.
Sone et al., 2013. QSR, 75, 150-160.

Keywords: stalagmite, oxygen isotopes, paleoclimate

© 2022 Geological Society of Japan

Climatic records in Heinrich events revealed from Japanese stalagmites

*Hirokazu Kato[1], Taiki Mori[2], Akihiro Kano[1]

1. The University of Tokyo, 2. Chuo Kaihatsu Corporation

大西洋への氷山流出に端を発するハインリッヒイベントは、最終氷期を通じて、大規模な寒冷化イベントを周期的に引き起こした。本邦におけるハインリッヒイベントの影響を明らかにした研究成果は限定的であるが、中村ほか（2013）は、野尻湖堆積物の音波探査による過去4.5万年間の湖水位変動記録から、ハインリッヒイベントに伴う寒冷期に、冬季アジアモンスーン（EAWM）が強化し、冬季降水量が増加したと推定している。
発表者らは、鍾乳洞で発達する石筍の安定酸素同位体比（$\delta^{18}O$）と炭酸凝集同位体（Δ_{47}）による温度指標を併用し、最終氷期から現在までの、日本陸域における古気温変化と、降水変動を明らかにする研究を行なっている。本発表では、これまでに分析した複数の石筍データから、ハインリッヒイベントに関連した気候変動記録を紹介したい。
日本の気候は、東アジアモンスーンの影響を強く受けている。夏季アジアモンスーン（EASM）は、太平洋側から日本の広い範囲に、高$\delta^{18}O$の降水をもたらし、冬季アジアモンスーン（EAWM）は、日本海側から低$\delta^{18}O$の降水をもたらす。EASMとEAWMは、季節的に変化する海洋／陸域間の熱コントラストによって駆動され、両者の強度には、数百年規模では負の相関関係があることが知られる。
岐阜県の大滝鍾乳洞から採取された石筍OT02（Mori *et al.*, 2018）は、４度のハインリッヒイベントの記録を含む。OT02石筍のΔ_{47}値は、ハインリッヒイベントに対応した数℃の寒冷化を記録しており、また、石筍$\delta^{18}O$とΔ_{47}温度から復元される降水の$\delta^{18}O$は、寒冷期に低い値をとる。ハインリッヒイベントに伴う寒冷期には、EASMの弱化とEAWM強化により、低い$\delta^{18}O$をもつ冬季の降水量比が相対的に上昇したことで、年平均的な降水$\delta^{18}O$が低下したものと考えられる。
一方、広島県幻鍾乳洞産の石筍Hiro-1（Shen *et al.*, 2010; Hori *et al.*, 2013, 2014; Kato *et al.*, 2021）は、ハインリッヒ氷期（HS1）に成長量が著しく低下しており、洞窟環境の乾燥化を示唆した。幻鍾乳洞地域は、中国山地によって日本海側からの水蒸気流入が阻まれ、冬季の降水が非常に少ない。ハインリッヒイベントによる寒冷期には、EAWM強化による冬季降水量の増加は限定的である一方、EASMの弱化により、年降水の大きな割合を占める夏季降水量が減少した結果、年降水量が著しく減少した可能性がある。

引用文献

Hori *et al.* (2013) Prior calcite precipitation and source mixing process influence Sr/Ca, Ba/Ca and $^{87}Sr/^{86}Sr$ of a stalagmite developed in southwestern Japan during 18.0 4.5 ka. Chem. Geol. 347, 190–198.
Hori *et al.* (2014) Rare earth elements in a stalagmite from southwestern Japan: A potential proxy for chemical weathering. Geochem. J. 48, 73–84.
Kato *et al.* (2021) Influences of temperature and the meteoric water $\delta^{18}O$ value on a stalagmite record in the last deglacial to middle Holocene period from southwestern Japan. Quat. Sci. Rev. 253, 106746.
Mori *et al.* (2018) Temperature and seawater isotopic controls on two stalagmite records since 83 ka from maritime Japan. Quat. Sci. Rev. 192, 47–58.
中村ほか (2013) 長野県野尻湖における過去4.5万年の湖水位変動とその要因. 第四紀研究 52, 203–212.
Shen *et al.* (2010) East Asian monsoon evolution and reconciliation of climate records from Japan and Greenland during the last deglaciation. Quat. Sci. Rev. 29, 3327–3335.

Keywords: stalagmite, oxygen isotopes, carbonate clumped isotopes, paleo climate, Heinrich events

© 2022 Geological Society of Japan

Coralogy

*Tsuyoshi Watanabe[1]

1. Faculty of Science, Hokkaido University

地球上に広範囲に分布する炭酸塩岩には海洋生物の骨格が含まれるものが多く、それらの特性や形成過程を理解することにより、地球環境変動を詳細に知る手がかりとなる。その中でもサンゴは過去数億年間の様々な地質記録から産出され、現在においても深海から浅海域まで幅広い生息域を持っている。現在の沿岸域においては、六射サンゴが炭酸カルシウム（アラレ石）からなる骨格に年輪を刻みながら付加成長し、それらの骨格からなるフレームワークは他の生物遺骸や堆積物を捕捉しながらサンゴ礁と呼ばれる独特の地形を形成する。サンゴ礁では、自然の防波堤である礁嶺が外洋からの波浪のエネルギーを吸収し造礁サンゴと体内に生息する褐虫藻が織りなすミクロコズム（準閉鎖生態系）が物質循環を支えることにより、サンゴ生態系の豊富な生産性と生物多様性を支えている。サンゴ礁内には、造礁サンゴと同様に共生藻類を体内に保持して分厚い殻を形成するシャコガイや共生藻類を持たずに海底洞窟などに生息する硬骨海綿などが生息しており、それぞれ日輪や年輪を刻みながら生息時の様々な情報をその骨格の中に閉じ込めている。これらの高時間解像度の地質記録は、様々な地質時代において当時の環境と生物の関係を切り取る“時代窓”、或いは、精巧なタイムマシーンとして用いることができる。サンゴ礁の多くが分布する熱帯域、亜熱帯域はエルニーニョ現象などに代表されるように、地球規模の気候変動に大きな影響を与える”駆動部”に位置しており、地球温暖化や二酸化炭素濃度の上昇、海洋酸性化といった百年スケールの大気海洋の変化やその影響を捉えるには重要な海域である。また、火山噴火や地震・津波、台風といった短期間に起こる環境事変を捉えることができる。一方で、サンゴ礁は、近年頻発している白化現象などに見られるように地球温暖化やそれに伴う海洋酸性化などのグローバルな環境ストレス、土地開発などによる土砂の流入や富栄養化、海洋汚染などのローカルなストレスによる複合的な要因による生育環境の劣化が指摘されている。サンゴは数億年の地球環境の激しい変動の中で敏感に応答し、進化や適応を繰り返してきた。また、サンゴのもつ多様性と可変性、そして多元的な物質循環はサンゴ礁生態系に高い生物多様性を維持させている。このサンゴ礁生態系のもつ"敏感性"と"強靭性"の二つの相反するように見える特性はどのように生まれて維持されてきたのか、また、人間活動がもたらす急激で複合的な環境ストレスは将来の人とサンゴの関係性にどのような影響を与えるのか、現代において人類は、サンゴからの恵みを享受するのと同時に大きな影響を与えうる存在になっている。サンゴ礁という人と生物、そして環境が多次元で絡み合う複雑系を理解しようとする時、我々研究者は何ができるだろうか。また、これらの課題は広く地球環境と人類の関係性を考える上でも重要な示唆を与えるものである。奄美群島の喜界島に著者らは2014年からフィールド研究の拠点を形成してきた。喜界島では過去10万年前から現在までの様々な地球環境において形成されたサンゴ礁段丘が観察でき、完新世以降の陸上にはサンゴ石灰岩に蓄えられた湧水と地下水、サンゴ礁から得られた食資源や石材を活用した集落が古い歴史と多様性を保ちながら存在する。このような恵まれた立地もあり自然科学の一研究者の学術的な関心で始まったフィールド拠点は、現在では人文科学や社会科学を含む様々な研究分野の研究者、子どもから大学院生までの幅広い世代の学生、多種多様な生業を営む島の住民と地域から国政を担当する行政や政治関係者などのステークホルダー、演劇から音楽、舞踊など様々な表現方法を持つアーティストが集まり、過去から現在、そして未来の人と環境の関係性という問いへの探究を目指している。これらの現象もサンゴ礁のもつ魅力と特性よるものと捉え、それら一体の研究と活動をサンゴロジーと呼んでいる。本講演では、著者の専門である炭酸塩骨格を用いた地球環境変動研究の現状と問題点から、多分野異文化の人々を巻き込んだ総合的な観点からのサンゴ礁と地球環境の問題につながった研究と実践への発展を概観する。

Keywords: coral, carbonate rock, geological record

© 2022 Geological Society of Japan

2:45 PM - 3:00 PM (Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 4:45 PM oral room 4)

[2oral412-21-5add] Break

©The Geological Society of Japan

Decompositional processes of microbial carbonates in Lagoa Vermelha, Brazil

*Fumito SHIRAISHI[1], Yusaku HANZAWA[1], Jiro ASADA[2], Leonardo Fadel CURY[3], Anelize Manuela BAHNIUK[3]

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

ブラジルのラゴアベルメーリャにおいて，微生物炭酸塩の分解に対する環境変化の影響を理解するため，ラグーンに見られるストロマトライトと塩田に見られる微生物マットを調査した．ストロマトライトは主にMg方解石とあられ石からなり，ドロマイトを含む炭酸塩クラスト上に発達していた．多くのストロマトライトが水面まで侵食されていたが，いくつかの小さな緑色のストロマトライトは，水面下でドーム状形態を保持していた．しかしながら，ストロマトライト表面では岩内性シアノバクテリアが卓越しており，それらによって多数の微小穿孔が形成されていた．また，微生物の好気呼吸は暗条件で炭酸塩の溶解を引き起こしており，多細胞動物はストロマトライト内部を削り取って糞源ペレットを排出していた．これは，恐らく近年のラグーン水化学組成の変化によってストロマトライトの形成が停止し，それらが分解していることを示している．一方，炭酸塩と石膏を沈殿している塩田では，厚さ約3 cmの微生物マットが発達しており，石英・方解石・あられ石・石膏が含まれていた．本研究の調査時点では$CaCO_3$の沈殿は見られず，従属栄養菌が光合成菌よりも優勢であるために，むしろ溶解が起こっていた．これは，塩田で蒸発が進行することでシアノバクテリアの個体数が低下し，その結果として光合成による$CaCO_3$沈殿が抑制されたためと考えられる．ラゴアベルメーリャにおけるこれら2つの微生物炭酸塩から得られた結果は，グレージングと微小穿孔に加えて微生物代謝も微生物炭酸塩を分解するための重要なプロセスであること，また塩分濃度変動などの環境変化によって炭酸塩を形成する微生物群集から炭酸塩を破壊する微生物群集へと変化しうることを示している．

© 2022 Geological Society of Japan

Changes in sedimentary environments and mechanisms of the Upper Pleistocene Ryukyu Group related to relative sea level fall in the western part of Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan -Preliminary results-

*Hiroki Matsuda[1], Masahide Hayashida[2], Yuuka Kumagae[2], Kazuki Tokushige[2], Yoshihiro Tsuji[3], Keiichi Sasaki[4]

1. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 2. Faculty of Science, Kumamoto University, 3. KIKAI Institute for Coral Reef Sciences, 4. Faculty of Economic Informatics, Kanazawa Gakuin University

鹿児島県喜界島には，サンゴ礁複合体堆積物からなる中・上部更新統琉球層群が広く分布する．喜界島は，我が国でも隆起速度が最も大きい地域の一つであり，最終間氷期（MIS 5）以降，汎世界的な海水準の低下と相まって，島の最高地点である百之台（標高212m）を含め複数の時代のサンゴ礁複合体が形成されてきた．その結果，島の段丘地形に応じて，より高位の段丘にサンゴ礁を構成するサンゴ石灰岩が，より低位の段丘に同じ時代の島棚外側から島棚斜面上部で堆積したコケムシに富む淘汰の悪い生砕性石灰岩や石灰藻球石灰岩が対をなして分布することが知られている（大村ほか，2000）．しかしながら，島周縁部において，相対的海水準低下に伴い，島棚斜面上部から浅海域へと堆積環境が変化していく過程の詳細についてはよく判っていない．そこで著者らは，喜界島における最終間氷期以降の堆積環境と堆積メカニズム，加えてそれらと海水準との関係を明らかにするために，この数年にわたり調査・研究を進めてきた．本発表では，喜界島西部の坂嶺から湾，ならびに水天宮山から手久津久にかけて分布する上部更新統琉球層群の岩相と堆積環境の変化，ならびにそれらと海水準の関係について新たに得られた知見について報告する．

調査地域の上部更新統琉球層群は，主に淘汰の悪い生砕性石灰岩，特にコケムシに富む生砕性石灰岩（以下，コケムシ質石灰岩）と，淘汰の良い生砕性石灰岩からなる．コケムシ質石灰岩は，島西岸の坂嶺から池治にかけてと南西部の上嘉鉄北方から手久津久北方にかけての標高8～40mに分布する．中部更新統琉球層群を不整合に覆い，粗粒砂～細礫サイズのコケムシ片，大型有孔虫*Amphistegina* sp.，軟体動物片や棘皮動物片などの生物骨格粒子を主体とする未固結～半固結grainstoneからなる．コケムシは，網目状，太枝状，ならびに細枝状の群体形の遺骸片が卓越する．また石灰藻球を伴い，まれに中礫サイズのサンゴ礫を含む．坂嶺周辺ではしばしば 平板型斜交層理が発達し，同一層準に逆方向の平板型斜交層理が観察される場合もある．これらの特徴から，コケムシ質石灰岩は，宮古島西方沖現世海底堆積物におけるコケムシ質堆積物相（辻ほか，1993）に相当し，MIS 5a（約80ka）の礁前縁相堆積物（大村ほか，2000）に対比される．またコケムシの群体形（Bone and James, 1993）や喜界島南西沖現世試料から，堆積環境は水深130～170m程度の島棚外側から島棚斜面上部と考えられる．さらに平板型斜交層理から，島の伸長方向に沿う北東－南西方向の潮汐流影響下の島棚外側から島棚斜面上部で堆積したと推定される．

淘汰の良い生砕性石灰岩は，主にコケムシ質石灰岩より島外縁側の標高8～50mに分布し，サンゴ片，石灰藻，大型有孔虫*Baculogypsina* sp.などの粗粒の生物骨格粒子を主体とする未固結～半固結grainstoneからなり，しばしば平板型ならびにトラフ型斜交層理を伴う．まれに大礫サイズのサンゴ礫を含む．またよく円磨されたサンゴ円礫も観察され，池治では最上部に約51kaを示す造礁サンゴを含む（大村ほか，2000）．これらの特徴から，淘汰の良い生砕性石灰岩は， MIS 5a 以降，相対的海水準が低下し，MIS 3（約50ka）前後以降に礁原から礁斜面上部で堆積したと推定される．また北東－南西方向ないし北方向への流れを示す平板型斜交層理の存在から，潮汐流の影響下にあるものの礁微地形に規制された流れにより堆積したと推定される．

各岩相の関係は，坂嶺西部では，平板型斜交層理のよく発達するコケムシ質石灰岩から，上位に向け径1～2cm程度の石灰藻球を含むようになり，さらにサンゴ礫を含む淘汰の悪い生砕性石灰岩へと変化するサクセションが観察される．手久津久北方から水天宮山南方にかけての一帯でも，同様の岩相変化が観察される．また赤連南東では，径1～2cm程度の石灰藻球をまれに含む淘汰の悪い生砕性石灰岩から，上位に向けサンゴ石灰岩へと変化するサクセションが観察され，さらにその上位に風成砂丘砂層が重なる．これらの岩相変

© 2022 Geological Society of Japan

化は，上方あるいは外側への側方浅海化を示しており，最終間氷期以降の相対的な海水準の低下に伴って，島周縁側へ向けてサンゴ礁複合体がオフラッピングしていく過程を表したものと考えられる．

今後は，さらに調査を進めると共に，より詳細に堆積環境の変化を明らかにするために，構成生物遺骸粒子，特に大型有孔虫の解析と年代値の決定を行うことが重要であろう．

Bone and Jame, 1993, *Sediment. Geol.*, **86**, 247–271.
大村明雄ほか，2000，第四紀研究，**39**，55–68.
辻　喜弘ほか，1993，石油公団石油開発センター研究報告，no.24，55–78.

Keywords: Kikai-jima, Upper Pleistocene Ryukyu Group, bryozoan, tidal current, uplift rate, sea level change

© 2022 Geological Society of Japan

Roles in reef construction of microencrusters in the Panthalassan Torinosu Limestone (Upper Jurassic) from Yura area, Wakayama Prefecture

*Taiki FUNABA[1], Yoichi EZAKI[2], Natsuko ADACHI[2]

1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University

後期ジュラ紀の礁はテチス海と古太平洋に広く分布しているが，従来，ヨーロッパに分布するテチス海の礁の形成様式が重点的に研究されてきた(e.g., Leinfelder et al., 1993)．後期ジュラ紀に特徴的な礁の形成様式や海洋環境を理解するためには，両海域からの情報が必要である．本発表では，古太平洋で形成された鳥巣石灰岩の中でも，大型造礁骨格生物の産出が豊富な和歌山県由良地域に着目し，被覆性微生物類が礁の構築に果たす役割を検討する．

由良地域からは，層孔虫や六射サンゴ，ケーテテスなどの大型造礁骨格生物が豊富に産出する．被覆性微生物類として，*Lithocodium*，*Bacinella*，*Girvanella*，*Ortonella*，*Thaumatoporella*が認められるが，その中で*Lithocodium*が最も占有的である．*Lithocodium*は，内部の袋状構造とそこから複数分岐するフィラメント構造が発達する周囲のミクライト質の壁によって特徴付けられる．*Lithocodium*は，主に層状ケーテテスの側面及び成長末端部を被覆するが，塊状群体六射サンゴの側面にも認められる．成長末端部を被覆する*Lithocodium*が微生物起源のミクライトと繰り返し累積したり，さらに層孔虫によって被覆される場合も観察される．*Bacinella*は，スパーセメントで充填された不規則な網目状構造で特徴付けられる．*Bacinella*は，ケーテテスの側面及び成長末端部を被覆する*Lithocodium*の袋状構造及びフィラメント構造を穿孔する場合がある．また，ドーム状層孔虫を放射状に分岐しながら穿孔する*Bacinella*を，さらに層状の層孔虫や微生物起源のミクライトが被覆する場合もある．*Girvanella*はフィラメント状で特徴付けられる．*Girvanella*は，層状ケーテテス内部の空隙の側面を成長方向に沿って充填する場合が認められ，その成長末端部で顕著である．*Ortonella*は，フィラメントが束状に集合しドーム状を示す．*Ortonella*は，層孔虫の側面を直接被覆する場合が観察される．最後に，*Thaumatoporella*は，小胞が側方に連なる壁状の構造を示す．*Thaumatoporella*と層状に広がる微生物起源のミクライトが繰り返し被覆する場合が観察される．

*Lithocodium*などの被覆性微生物類は，ケーテテスや六射サンゴなどの大型造礁骨格生物や他の種類の微生物類を被覆または穿孔する場合が認められ，骨格生物の枠組みを強固にする役割を果たしたと考えられる．さらに，層孔虫などの大型造礁骨格生物によって*Lithocodium*や*Bacinella*が被覆されることから，被覆性微生物類は大型造礁骨格生物が固着・被覆するための基盤を提供したと推察される．被覆性微生物類間などに認められる微生物起源のミクライトも被覆性微生物類と同程度に豊富であり，礁の構築には量的にも重要な役割を果たしている．

今後，さらに由良地域に分布する鳥巣石灰岩を広く検討し，被覆性微生物類の生態やそれらと大型造礁骨格生物の相互関係（例えば，*Lithocodium*とケーテテスの優先的な被覆関係)及び礁の形成に果たした役割をより詳しく検討していく必要がある．

引用文献

Leinfelder, R.R., Nose, M., Schmid, D.U., & Werner, W. (1993). Microbial crusts of the Late Jurassic: composition, palaeoecological significance and importance in reef construction. *Facies*, *29*, 195-229.

Keywords: Late Jurassic, Panthalassa, reef, Torinosu Limestone, micoencrusters

© 2022 Geological Society of Japan

3:45 PM - 4:00 PM (Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 4:45 PM oral room 4)

[2oral412-21-9add] Break

©The Geological Society of Japan

Bryozoans of the Carboniferous (Bashkirian) organic reefs from the Akiyoshi Limestone: Roles in reef building

*Shota SUGAMA[1], Yoichi EZAKI[2], Mitsuru MASUI[1], Koki SHIMIZU[1], Koichi NAGAI[4], Tetsuo SUGIYAMA[3], Natsuko ADACHI[2]

1. Osaka City University, 2. Osaka Metropolitan University, 3. Fukuoka University, 4. formerly University of the Ryukyus

秋吉石灰岩は石炭紀前期からペルム紀中期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，層孔虫やケーテテス，サンゴといった大型骨格生物に注目し，礁の構築様式の検討が行われてきた．しかし，コケムシの役割は秋吉生物礁では十分に検討されていない．本発表では，Sugiyama and Nagai（1994）による石炭紀バシキーリアン期の礁環境区分（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）に従い，石炭紀バシキーリアン期の礁形成におけるコケムシの役割を考察する．

下部礁縁では，層孔虫が卓越し，その成長中断面を固着基盤としてコケムシが被覆している．コケムシは成長中断面を広く被覆しているわけではなく，散点的な産状を示す．上部礁縁では，層孔虫と*Ozakiphyllum*, *Pseudopavona*などのサンゴが主な枠組みになり，コケムシはそれらの表面を被覆する．また，コケムシが枠組みの中で占める割合は下部礁縁より大きい．一方，コケムシは礁嶺と外側礁原では極めてまれである．内側礁原では層孔虫の成長中断面，背礁斜面ではケーテテスの表面のごく一部でコケムシの被覆が認められる．以上のように，コケムシは礁環境の外洋側で多く産出する傾向がある．

下部礁縁でコケムシが豊富に見られるのは，層孔虫が卓越する環境の下で，汚損物質の堆積などによって一時的に成長中断が生じ，その上面を固着基盤としてコケムシが活用して成長したためと考えられる．上部礁縁でコケムシが繁栄したのは，層孔虫やサンゴが形成する枠組み内の空隙空間を二次的に活用し，被覆することで成長したためと考えられる．上部礁縁における層孔虫の成長形態が掌状で，層状やドーム状の層孔虫よりも空隙が多く，複雑な枠組み構造を持つ事も関係する．また，礁縁環境がいずれも外洋側であることから栄養塩の供給が豊富であったことも大きく関与している．一方，礁嶺環境でコケムシが極めてまれであるのは，層孔虫とケーテテスが相互に被覆し合い堅牢な枠組みを形成するためにコケムシの固着基盤が乏しく，コケムシが発達する余地がなかったことが考えられる．これらのことから，コケムシは特に，下部礁縁，上部礁縁環境において大型骨格生物による礁の構築に補助的な役割を果たしていたと考えられる．

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，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 (GroupCarboniferous), Southwest Japan. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 172 : 231-240.

Keywords: Carboniferous, Bryozoans, Limestone, Reef

© 2022 Geological Society of Japan

Sponge-related, microbialite-like rocks in the upper Cambrian of North China

*Yoichi EZAKI[1], Natsuko ADACHI[1], Jianbo LIU[2]

1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ.

カンブリア紀後期の芙蓉世（Furongian）は“カンブリア爆発”とオルドビス紀の生物大放散（GOBE）に挟まれ，生物の多様性が見かけ上低い時期に相当する．その初期段階（排碧期）には，有機炭素の埋没率の増加や無酸素水塊の発達に起因するSPICE事変（炭素同位体比の正の偏位）が生じている．本発表では，北中国のカンブリア系上部で形成され微生物岩に酷似する岩石の特性を紹介する．

北中国の山東省には，炒米店層で代表される芙蓉統（排碧階から第十階）の地層が広く分布している．下位のGushan層（古丈階）は，頁岩や石灰質扁平礫岩で特徴付けられるが，炒米店層の下部ではストロマトライトに酷似した堆積岩からなる礁が顕著である．石灰質扁平礫岩がそれらの礁の基盤になっている場合が多い．露頭やスラブレベルの観察では，典型的な柱状ストロマトライト様の堆積岩の他に，複雑に分岐する微生物岩様やドーム状ストロマトライト様・スロンボライト様の堆積岩が認められる．炒米店層の上部では三葉虫，棘皮動物，腕足類，頭足類の生砕片からなるグレインストンが発達する．ワッケストンでは生物擾乱作用が顕著である．ストロマトライト様の堆積岩のコラム部は選択的にドロマイト化作用を被っているが，ラミナ組織が識別される場合が多い．石灰質微生物類はまれで，わずかに*Girvanella*が認められる．ストロマトライト様のコラム内や，コラム間で，骨針を欠くバーミフォーム状の海綿組織が主体の岩石（keratolite: Lee and Riding, 2021）が頻繁に認められる．海綿組織がコラム部をまたぐように側方に分布する場合もある．海綿本体の外形は不明瞭である．海綿組織の周辺でミクライトの集積やスパーセメントの充填を伴うことが多い．keratoliteは，石灰質微生物類（*Epiphyton*など）や大型骨格生物（lithistid海綿：*Rankenella*やサンゴ類：*Cambroctoconus*）が豊富な下位層の張夏層（鳥溜期後期～古丈期前期）でも認められるが，そこでの産出頻度は高くない．

従来，カンブリア系上部から下部オルドビス系には，“複雑に分岐するスロンボライト”（“maceriate thrombolite”）が汎世界的に分布すると考えられていた（Shapiro and Awramic, 2006）．ごく最近，「keratose海綿–微生物コンソーシアム（keratose sponge–microbial consortium）」で，海綿と微生物類が協働し合い，純粋なストロマトライトに見かけ上類似したkeratoliteを形成することが報告されている（Lee and Riding, 2021）．keratoliteは，低酸素環境が想定されるペルム紀末の大量絶滅層準直上の最下部トリアス系からも多産する（Wu et al., 2022）．骨格生物礁の発達が抑制されていたと考えられていたカンブリア紀後期には，広域的にkeratoliteが形成されていた可能性が高い．keratoliteが卓越したのは，keratose海綿の耐性が強く，無酸素水塊の発達などの環境下でも当該の海綿は排他的に生存し得たことを示している．今後，海綿自体や海綿と共存する微生物類が，どのような相互作用を通じてストロマトライトに類似した堆積岩を形成するのかを明らかにしていく必要がある．

［引用文献］

・Lee, J.H. and Riding, R. (2021) Keratolite–stromatolite consortia mimic domical and branched columnar stromatolites. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 571, 110288.

・Shapiro, R.A. and Awramik, S.M. (2006) *Favosamaceria cooperi* new group and form: A widely dispersed, time-restricted thrombolite. Journal of Paleontology, 80, 411-422.

・Wu, S., Chen, Z.Q., Su, C., Fang, Y., and Yang, H. (2022) Keratose sponge fabrics from the lowermost Triassic microbialites in South China: Geobiologic features and Phanerozoic evolution. Global and Planetary Change, 211, 103787.

Keywords: sponge, upper Cambrian, North China, Paibian, microbialite

© 2022 Geological Society of Japan

Growth forms and distribution patterns of the microstromatolites from the Bayan Gol Formation (lower Cambrian), western Mongolia

*Natsuko ADACHI[1], Yoichi EZAKI[1], Jianbo LIU[2], Mahito WATABE[3], Gundsambuu ALTANSHAGAI[4], Batkhuyag ENKHBAATAR[4], Dorj DORJNAMJAA[4]

1. Osaka Metropolitan Univ., 2. Peking Univ., 3. Waseda Univ., 4. Inst. of Paleontol., Mongolian Acad. of Sci.

ストロマトライトは，ラミナ組織で特徴付けられる微生物岩である (Riding, 2000)．その形成は，シアノバクテリアによる粒子の捕捉や結束，光合成活動によって誘導された炭酸カルシウムの沈殿作用が強調されている．しかし，光に乏しい隠棲環境でも，ストロマトライトは形成される．モンゴル西部地域に分布するカンブリア系下部のBayan Gol層のスロンボライト層に不随して，赤褐色を呈する微小ストロマトライトが特異的に産出する．本発表では，微小ストロマトライトの形態的な特徴や分布様式をもとに，その成因を検討する．

微小ストロマトライトは，Bayan Gol層下部の特定層準で観察される．スロンボライトは野外で，暗灰色を示し，石灰質微生物類 (*Epiphyton*, *Renalcis*) を豊富に含む小規模ドーム状構造 (直径数十 cmから約1 m) を形成する．スロンボライト間には，石灰質微生物類や微小骨格生物群の破片，緑泥石などからなる堆積物が堆積する．一方，微小ストロマトライトは，赤褐色を示し，スロンボライト内や間に二次的に形成された隠棲環境に発達する．光学顕微鏡下での成長形態や微細組織に基づいて，３タイプの微小ストロマトライトが識別される．タイプ 1: 最も豊富に認められ，暗褐色を示す層 (約0.2 mm) と赤褐色から白色を示す層 (約0.5 mm) が互層し，層状・ドーム状・層状–柱状形態を形成する．タイプ2: 暗褐色を示す樹状形態 (直径約0.05 mm，高さ最大1 cm) で特徴付けられ，層状・柱状の密集部を形成する．タイプ3: 内部に不明瞭なラミナが発達する暗褐色の柱状から樹状形態 (直径0.03–0.05 mm，高さ約1 mm) を示す．Maslov (1960) が*Frutexites*と命名したものに相当する．タイプ 1から3のいずれからも微生物類の痕跡 (フィラメント等) は認められない．また，各タイプは，スロンボライト層内で以下の分布を示す．スロンボライト内に形成される数十cm規模の空隙では，タイプ 1や2の発達が特に顕著である．タイプ 1は空隙の底面から上方へ，または，空隙の側壁・天井を被覆して側方・下位方向へと発達する．タイプ 1からタイプ2へと上位方向に移行する場合がある．空隙の底部には，生砕物を含まない細粒の石灰泥が堆積する．一方，スロンボライト間ではタイプ 1や3の発達が認められる．しかし，特に，タイプ３は，スロンボライト間の数十cm規模の空隙だけでなく高さ数mmの極小規模の空隙の天井や側壁，凹凸のある底面も被覆し，上位・側方・下位方向に発達する場合が明瞭である．

ドーム状スロンボライトは，石灰質微生物類が開放的な空間で，上位・側方へと選択的に成長することで形成された．一方，微小ストロマトライトは，スロンボライト内だけでなく，堆積物が充填するスロンボライト間が部分的に侵食されたり，溶解することに起因する窪地・空隙・亀裂内の壁面を活用して，上位・側方・下位方向へと発達した．そのような空間は，光や堆積物の流入，酸素の供給が抑制された隠棲環境となり，鉄バクテリアの活動が促進され，特異的に赤褐色を示す鉄質ストロマトライトが形成された可能性が高い．各タイプの微小ストロマトライトが，具体的にどのような微生物類の代謝活動や成長によって形成されたのかは，電子顕微鏡観察や地球化学分析をもとに検討する必要がある．さらに，Bayan Gol層でスロンボライトは広く分布するものの，微小ストロマトライトの発達は特定層準に限定されている．微小ストロマトライトの発達が，どのような地域的・広域的なイベント (堆積場や海洋環境の変化等) を反映しているのかについても考察が必要である．

[引用文献]

・ Maslov, V.P., 1960. Stromatolites. Trudy Instituta geologicheskikh nauk Akademiya nauk SSR 41, 188p.
・ Riding, R., 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. Sedimentology 47, 179–214.

Keywords: stromatolite, iron bacteria, cryptic space, Cambrian, Mongolia

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | G1-3. sub-Session 03

[2oral511-19] G1-3. sub-Session 03

Chiar:Takeshi Yoshida, Hidekazu Yoshida, Shinji Takeuchi

Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 3:45 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G3-O-5] Groundwater basin management and water cycle as a site condition for Industrial Waste Landfill

*Yoshiyuki TAMURA[1] （1. Chiba Prefectural Enviromnet Foundation）

1:30 PM - 1:45 PM

[G3-O-6] Flood mitigation dam (FMD) is not fewer impacts because of its devoiding the course of a flood, depositing the fine sediments and increasing the turbidness of downstream river environment

*Takayuki Kawabe[1], Osamu Abe[2], Makoto Seino[2], Jun'ichi Takakuwa[2], The Group to save the clear Mogami-Oguni River[3] （1. ex Yamagata University, 2. The Group to save the clear Mogami-Oguni River, 3. c/o Masaaki Kutsuzawa, Josai-cho 5-37, Shinjo City, 96-0076 Japan）

1:45 PM - 2:00 PM

[G3-O-7] The Dammed-up topography formation processes and sedimentation mechanisms

*Hiroshi TAKASHIMA[1] （1. Daiichi Insutitute of Technology）

2:00 PM - 2:15 PM

[G3-O-8] Geological conditions in land subsidence part during 10 years on the Liquefaction-Fluidization area: from a geological survey for land damage by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on northern part of Tokyo bay reclaimed land

*Osamu Kazaoka[1], Takahiro Kojima[1], Itaru Ogitsu[2], Atsushi Kagawa[1], Hisashi Yabusaki[1], Naoto Ito[1], Takeshi Yoshida[1] （1. Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2. Water Quality Division of Environmental and Community Affairs Department）

2:15 PM - 2:30 PM

[G3-O-9] Characteristics of mass transport within the Toki granite, central Japan: Result of through diffusion experiment

*Eiji Sasao[1], Hiroaki Murakami[1], Yusuke Ozaki[3], Takashi Yuguchi[2] （1. Tono Geoscience Center, JAEA, 2. Faculty of Science, Yamagata University, 3. Horonobe Underground Research Center, JAEA）

2:30 PM - 2:45 PM

[G3-O-10] Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution (Continuation)

*Makoto KAWAMURA[1], Hua JIA[2], Yukiko KOIZUMI[2], Masakazu NIWA[1], Koji UMEDA[3] （1. JAEA, 2. Mitsubishi Materials Techno, 3. Hirosaki Univ.）

2:45 PM - 3:00 PM

[G3-O-11] A study on middle and/or long-term forecasting volcanic events

Minori MATSUI[1], *Koji UMEDA[2] （1. Hirosaki University, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University）

3:00 PM - 3:15 PM

[G3-O-12] Hydro-mechanical characterization of calcium carbonate concretions

*Shinji Takeuchi[1], Satoshi Goto[1], Sachiko Nakamura[2], Hidekazu Yoshida[2] （1. Nihon University,

©The Geological Society of Japan

2. Nagoya University)

3:15 PM - 3:30 PM

[G3-O-13] In-situ sealing feasibility experiment of flow-paths factures learnt from spherical carbonate concretion formation

*Hidekazu Yoshida[1], Koshi Yamamoto[1], Koichi Karukaya[2], Hiroya Matsui[3] (1. Nagoya University Museum, 2. Sekisui Chemical Co.Ltd., 3. Japan Atomic Energy Agency)

3:30 PM - 3:45 PM

©The Geological Society of Japan

Groundwater basin management and water cycle as a site condition for Industrial Waste Landfill

*Yoshiyuki TAMURA[1]

1. Chiba Prefectural Enviromnet Foundation

はじめに

産業廃棄物最終処分場の設置については、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」において技術上の基準が定められている。その基準に地質環境に関係する立地条件はない。その他、「千葉県廃棄物処理施設の設置及び維持管理に関する指導要綱」に廃棄物処理施設の立地等に関する基準がある。その基準のうち、地質に関係する立地環境等としては、急傾斜地崩壊危険区域、砂防指定地、地すべり防止区域を含まない等の項目がある。また、地下水などの水環境については、「廃棄物処理施設生活環境影響調査指針」で評価するが、立地基準とはなっていない。

一方、地下水を含む水循環としての法律として、水循環基本法の一部が改正され、令和3年6月16日に公布、施行された。今回の法改正により、地下水の適正な保全及び利用を図るために必要な措置を講ずるよう努める規定が追加された。その他、「水源地域保全条例」、「水道水源保護条例」により規制している自治体があり（一般財団法人地方自治研究機構webサイトhttp://www.rilg.or.jp/htdocs/　の条例の動き参照）、千葉県では、我孫子市、君津市等で「水道水源保護条例」を制定している。条例では、対象となる事業としてゴルフ場、最終処分場等を対象とし、排水基準による規制のみで、立地規制とはなっていない。本発表では千葉県内の産業廃棄物最終処分場を取り巻く地質環境の概況、地質災害との関連性及び埋立地の維持管理上で発生している問題点について述べる。

概況

千葉県における産業廃棄物最終処分場は、図-1に示したように9箇所ある（https://www.pref.chiba.lg.jp/haishi/shorigyou/meibo.html）。安定型、管理型の設置位置は、人口密集地である千葉県の東京湾岸、東葛飾でなく、房総半島の南側に集中している。このうち、管理型処分場の立地している地質環境を以下に示す。

管理型１

地形：標高215ｍ前後の上総丘陵及び南北方向に延びる谷地形。処分場の北側隣接地に地すべり地形がある。

地質：上総層群黄和田層。地質構造は概ね北西へ20～10度傾斜している単斜構造。処分場北西側と東側には向斜軸、また北西側向斜軸の北側に低角な断層がある。

水文環境：処分場は湊川に流入する支流である高宕川の上流部である。処分場周辺の水道水源は表流水で、処分場から北西へ約10kmの地区では地下水が水道水源である。

管理型２

地形：標高90ｍ前後の上総丘陵及び南北方向に延びる谷地形。処分場付近に地すべり地形、急傾斜地の区域はない。

地質：上総層群梅ヶ瀬層。地質構造は概ね北西へ約12度傾斜している単斜構造。

水文環境：処分場は小櫃川に流入する支流の最上流部である。また、処分場から北へ約6kmの位置には平成の名水百選の1つである久留里の生きた水として知られる自噴井戸群がある。

管理型３

地形：標高58ｍ前後の埋立地。もとは南側に開いた谷地形である。処分場南側には海食崖がある。

地質：下総層群香取層、犬吠層群名洗層、飯岡層。地質構造は、北西方向へ緩く傾斜している単斜構造で、上位の香取層とは不整合関係にある。

水文環境：もとは谷地形で、水路が南側に向かっていたと推定される。処分場のある自治体の水道水源は全て表流水である。

管理型４

地形：東京湾岸部の標高1ｍ前後の埋立地。

© 2022 Geological Society of Japan

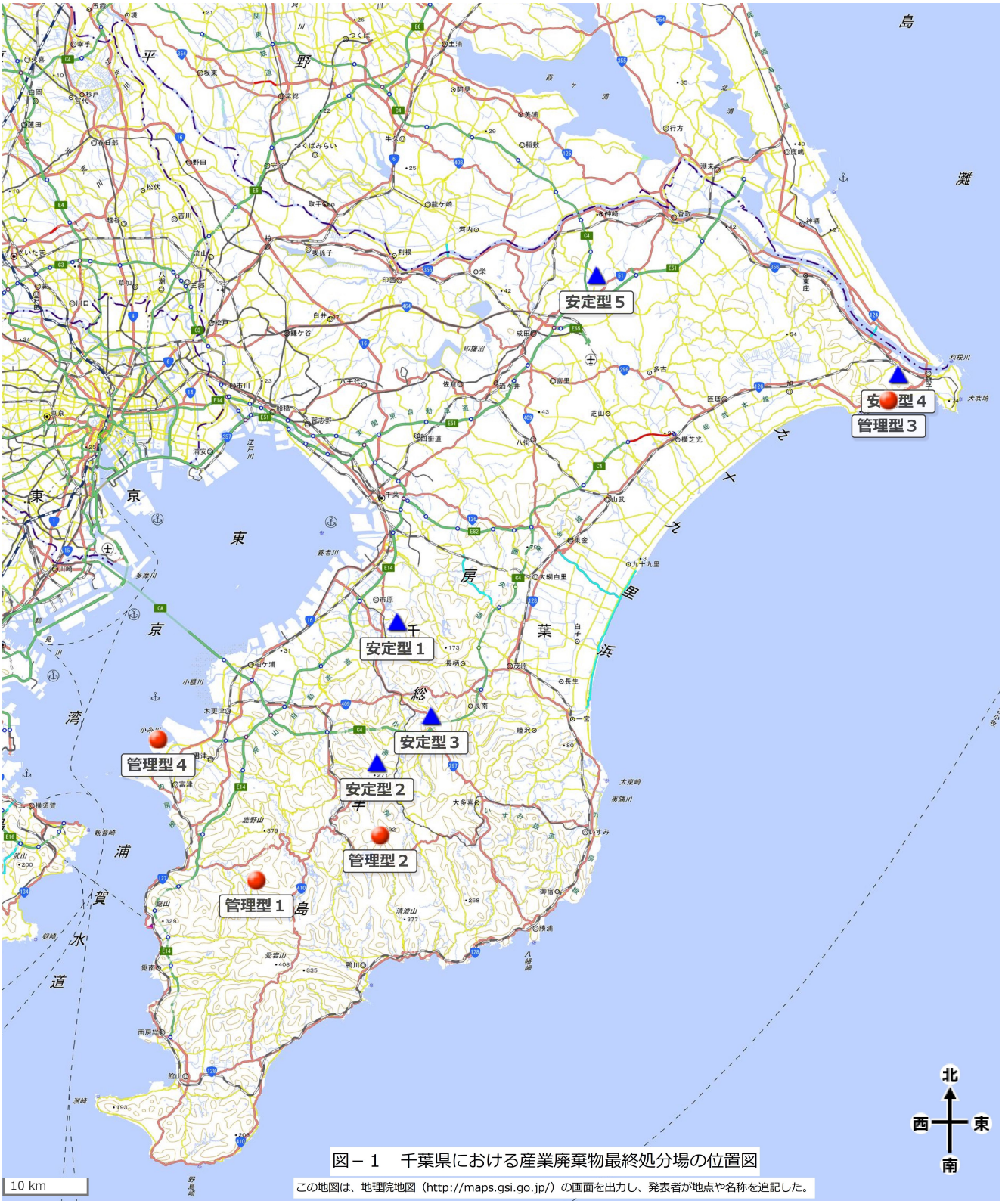
地質：人工地層。震度5強の地震で処分場のほとんどの場所で液状化として“ややしやすい”と予測されている。
水文環境：処分場の周囲は東京湾である。処分場は高潮浸水想定区域図より、1.0ｍ～3.0ｍ未満の浸水予測が分布している。また、津波浸水予測図より、房総半島東方沖地震で50～80cm程度の浸水が予測されている。

管理型処分場の諸問題

現在、千葉県で稼働している管理型最終処分場のうち、管理型１及び管理型２で、高濃度の塩化物イオンがモニタリング井戸で検出された。
管理型１は、不透水性の地層である黄和田層を埋立底面とし、人工的に構築した遮水構造物がない状態で、廃棄物の埋立が行われている。モニタリング井戸で高濃度の塩化物イオンが検出された原因は、埋立層中の保有水が黄和田層の火山灰鍵層Kd38が透水性がよいため、火山灰層を経由して処分場外に流出したとされている。現在、埋立地の下流側に揚水井戸を多数設置して、高濃度の塩化物イオンを含む地下水が流出を防止する対策を講じている。
管理型２は、埋立底面に遮水シート等を人工的に構築した遮水構造と漏洩検知システムも備えている。モニタリング井戸で高濃度の塩化物イオンが検出された原因は、埋立上面から保有水が土堰堤等から埋立地外へ流出したとされている。本事例では一時的な保有水の流出と位置付けられ、モニタリング井戸による継続した水質監視のみで対応している。

Keywords: Industrial Waste Landfill, groundwater basin management, water cycle, the Water Cycle Basic Act, recharge area

© 2022 Geological Society of Japan



図－１　千葉県における産業廃棄物最終処分場の位置図

この地図は、地理院地図（http://maps.gsi.go.jp/）の画面を出力し、発表者が地点や名称を追記した。

© 2022 Geological Society of Japan

Flood mitigation dam (FMD) is not fewer impacts because of its devoiding the course of a flood, depositing the fine sediments and increasing the turbidness of downstream river environment

*Takayuki Kawabe[1], Osamu Abe[2], Makoto Seino[2], Jun'ichi Takakuwa[2], The Group to save the clear Mogami-Oguni River[3]

1. ex Yamagata University, 2. The Group to save the clear Mogami-Oguni River, 3. c/o Masaaki Kutsuzawa, Josai-cho 5-37, Shinjo City, 96-0076 Japan

近年，「防災と環境の調和」を目指して環境に優しいという触れ込みで「穴あきダム」（流水型ダム；以下，穴あきダムと表記）の建設が各地で進められようとしている（池田ほか，2017）．現在までに5基が完成し，4基が建設中，さらに川辺川ダムをはじめ，今後nの治水対策で穴あきダムが選ばれようとしている．

池田ほか（2017）の穴あきダムのモデル（図1左）では，平常時もしくは常用洪水吐より低い洪水時には，流れはダムが無いのと同じで，常用洪水吐を越える激しい洪水時には，ピークカットして水を貯め，ダム湖ができる．その際，洪水流の土砂や泥はダム湖に堆積するが，ダム湖の水位の低下中の流れで，それらは侵食されてダムから排出され，ダムには堆積物はほとんど残らない．僅かに残った堆積物は人為的に排出する必要がある．

2020年度に完成した山形県最上郡最上町の最上小国川に建設された穴あきダムの上流域には，約200万年前の赤倉カルデラ湖に堆積した火山ガラスを主体とする非常に淘汰良い火山灰の二次移動堆積物からなる地層が広く分布し，従来から頻繁に崩壊して下流に濁流をもたらしてきた．しかし平均河床勾配が1/77.5と急なため濁流は下流まで一気に流下し，雨が収まると翌日には清流に戻ると言われていた．実際，途中で細粒堆積物がトラップされることは無かった．

しかし，我々の調査で，ダムができたために河床の状況は一変したことが明らかになった（図右）．すなわち，ダム建設中の2019年10月台風19号と2020年1月29日豪雨の際には，いずれもダムの約3.8km上流のヘアピン状の曲流の攻撃斜面で崩壊が起こり高濃度の濁流が流下した．ピークカットでできたダム湖に流れ込むと，粗粒粒子は水中扇状地または三角州を作って堆積する一方で，細粒堆積物は，厚さ5～3mの密度流状の堆積物重力流となって約1.6km下流のダム提体まで，植生の有無によらず，ダム湖底一面に広がって流れ下り，細粒堆積物を沈殿・堆積させた．これにより，ダムからは7～8日の間下流に濁流が流下した．さらに堆積した粒子はその後の降雨で徐々に流出して下流を濁らせる．

このように，下流での長期の濁りは，ピークカットで水の流れを止めるという穴あきダムの本質に伴い発生する現象であり，穴あきダムは濁りを持続させる点で，環境に優しくないということができる．

文献：池田ほか(2017)流水型ダム–防災と環境の調和に向けて–．技報堂出版，270p.

Keywords: dry dam, flood mitigation dam, not fewer impacts, trap the fine sediments, increasing the turbidness of downstream river environment

© 2022 Geological Society of Japan

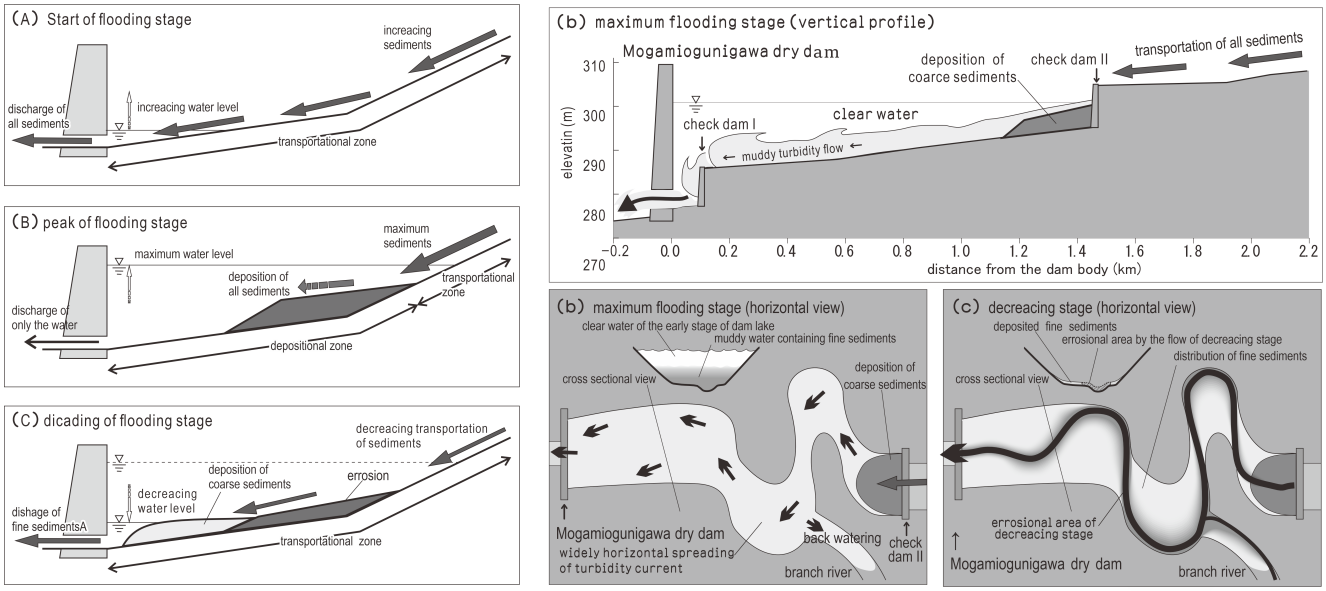


Fig.1 Difference of sediments behavior model at the dry dam by Ikeda et al.(2017) and by our result of survey at the Mogamiogunigawa dry dam

© 2022 Geological Society of Japan

The Dammed-up topography formation processes and sedimentation mechanisms

*Hiroshi TAKASHIMA[1]

1. Daiichi Insutitute of Technology

「人工地層」は人為の働きによって形成される地層と定義される（Nirei,et,al, 2012）．人の地質体への働きかけは拡大の一途をたどり，都市地質の主体は人工地層である．さらに，人為による土地改変は都市の地形や水循環を大きく変容させている．
髙嶋・吉富（2021）は，陸域において形成される盛土アソシエーション（楡井，1995）の発達状況と都市地形の解析を行い，土地改変箇所の地形的上流側や周辺の開発箇所との間において，未開発地などが残され，プール状に地形的凹地が形成される現象を確認した．開発行為では，流水調整はなされるものの，地形的連続性や整合性までは問われない．開発地とそれ以外の土地において，人為的かつ非意図的に不連続な地形的凹地が形成されることから，これを堰き止め地形と定義している（髙嶋・吉富, 2021）．
盛土アソシエーションは，それぞれ盛土の目的に合致した盛土材で形成されるが，形成された人工地層の層序及び層相の観察から，人の意図を判別するのは，極めて難しい．しかし，航空写真や現場報告書などの記録に残る特性を有しており，「人が作成した情報」を活用することにより，解析が可能である（髙嶋・楡井, 2019）．一方，直径数ｍの地下浸透池と30haを超える堰き止め地形の形成では，施工方法や期間も大きく異なり，開発の規模や目的によって，地層の形状や層相に違いが発生することが想定される．そこで，堰き止め地形の航空写真判読を実施し，地層の形成過程の検証を行った．解析時間スケールは，航空写真が撮影された数年～10年オーダーの変化である．
千葉県野田市では，下総層群の洪積台地に発達した谷津低地の河川接続部において，高規格堤防が建設され，堰き止め地形が形成されている（髙嶋・吉富, 2021）．高規格堤防は北側の座生地区が1995年に，また南側の堤台地区が2002年に開発が開始され，それぞれ1998年，2004年に完了している．堤台地区では，1995年に水路沿いの道路部分に盛土され，2002年に全面で盛土が開始されている．また，この間，地下化される堤台幹線が掘削され，構築された．盛土の際は，転圧をかけるため，施工区ごとに何層もの転圧層が形成されたと推定される．なお，隣接する座生地区の盛土アソシエーションの一部は，2002年の盛土で覆われている．開発区域外との関係は，敷地境界で仕切る場合と旧地形面にかぶせる形態が存在するものと考えられた．
一方，鹿児島県霧島市の国分平野の調査地では，1946年以前に天降川の旧河道低地を東西に横断する形で，調査地北側に日豊本線の線路が，また，西側には農業用水路が，南北に続く盛土アソシエーション上に構築された．南側の県道は1970年から1975年までの間に3期にわたり盛土して直線化された．農業用水路の西側の天降川との間では，1970年代から造成が開始され，水路の付け替え工事ののち，北側隣接地では圃場整備が行われた．1975年より盛土と共に大規模工場が建設され，1978年には工場の東側隣接地でも盛土が実施された．これにより，工場敷地から農業用水路まで一体化されている．1989年には，工場北側の圃場整備地も含めすべて工場敷地として造成されている．一方，1970年以降，県道両脇では，沿道サービスの開発が行われた．このため，盛土アソシエーションは細かなパッチワーク状に広がっている（吉富他, 2021）． いずれの開発においても，開発の対象となる土地の区割りに基づき，盛土が実施されるため，パッチワーク状に人工地層が形成されることが判明した．

楡井　久, 鈴木喜計, 佐藤賢司, 古野邦雄, 1995, 地質環境における新しい単元の形成, URBAN KUBOTA 34, 2-9.

Nirei, H., Furuno, K., Osamu, K., Marker, B. & Satkunas, J. 2012. Classification of man made strata for assessment of geopollution. Episodes, 35, 333-336.
高嶋 洋・楡井 久,2019,人工地層の観察と人為堆積物との比較による層序特性, 第29回社会地質学シンポジウム論文集, 149-152.

© 2022 Geological Society of Japan

高嶋　洋・吉冨 邑弥, 2021, 人工地層による堰き止め地形, 第31回社会地質学シンポジウム論文集,59-62.
吉冨 邑弥・田中 龍児・高嶋　洋, 2021, 霧島市国分野口地区における人工地層の発達過程と堰き止め地形, 第31回社会地質学シンポジウム論文集,63-66.

Keywords: Human-made strata, Dammed-up topography, Dumped Association, Urban aera, water cycle

© 2022 Geological Society of Japan

Geological conditions in land subsidence part during 10 years on the Liquefaction-Fluidization area: from a geological survey for land damage by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on northern part of Tokyo bay reclaimed land

*Osamu Kazaoka[1], Takahiro Kojima[1], Itaru Ogitsu[2], Atsushi Kagawa[1], Hisashi Yabusaki[1], Naoto Ito[1], Takeshi Yoshida[1]

1. Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2. Water Quality Division of Environmental and Community Affairs Department

はじめに：

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の際，東京湾岸埋立地北部では斑状の液状化ー流動化に伴う地盤の沈下が多数発生した．この中には，被害から10年経た現在でも地盤の沈下が継続し，地表の変形が進んでいる部分が存在する．その中の浦安市高洲9丁目にて地質調査を行った結果を述べる．

調査地付近では，東日本大震災直後2011年3月～4月の地表調査により，液状化ー流動化に伴い45～80cmの建築物の抜け上がりがみられていた（千葉県環境研究センター，2011）．その後，グーグルアースの時系列航空写真によれば，2012年4月にはそれらの敷地全体は平らに補修されたが，2016年12月には再び抜け上がりがみられるようになった．2022年3月の実測では，17～18cmにも及んでいる．

オールコアボーリングは抜け上がりがみられた施設から約6m離れた場所（北緯35度37分46秒，東経139度55分3秒，標高3.0m）で深度22.45mまで行った．また，この周囲で4mから8m間隔に動的コーン貫入試験（斜面調査用簡易貫入試験）を深度約9～10mまで行った．

地層構成：

深度9.58mに人自不整合があり，これより上位は人工地層，下位は沖積層である．

沖積層は，層相上，下部（深度17.93m以深）・中部（深度17.93～11.24m）・上部（11.24～9.58m）に細分され，下部は厚さ0.5～7cmの極細粒砂～細粒砂層をまれに挟む黒褐～灰オリーブ色のシルト層，中部は厚さ0.2～1.4mの灰オリーブ色の極細粒砂～細粒砂層と厚さ0.1～0.8mの黒褐～暗灰黄色の泥勝ち砂泥互層との交互層，上部は生痕が多くみられる灰オリーブ～オリーブ黒色の極細粒砂～中粒砂層から構成される．

中部の厚さ0.2m以上の砂層の一部では斜交葉理が不明瞭ないし変形がみられ，これ以外の砂層の多くは斜交葉理が明瞭にみられる．

人工地層は，深度0.69mを境にこの上位が盛土アソシエーション，下位が埋立アソシエーションである．

埋立アソシエーションは，砂層からなる最下部バンドル（深度9.58～8.50m），泥層からなる下部バンドル（深度8.50～7.67m），細粒砂層主体の中部バンドル（深度7.67～4.58m），泥層主体で砂層を挟む上部バンドル（深度4.58～2.00m），貝殻質砂層主体の最上部バンドル（深度2.00～0.69m）から構成される．

最下部バンドルは，オリーブ黒色の塊状の中粒砂層から構成され，硬さはNc=15～30（簡易貫入試験値を以後「Nc=」と略す）とゆるい～中位である．**下部バンドル**は，灰オリーブ色の泥層から構成され，硬さはNc=6～10と軟らかい～中位である．**中部バンドル**は，厚さ約0.1mのシルト層をしばしば挟む灰色の極細粒砂～細粒砂層を主体とする．砂層は泥質で，塊状ないし葉理が不明瞭であり変形を伴う．下半部は塊状な砂層が優勢でNc=6～10と非常にゆるい．上半部は葉理が不明瞭な砂層が多くNc=6～15とゆるい場合が多い．**上部バンドル**は，灰黄褐～暗灰黄色の泥層を主とし，厚さ0.3～1mの灰色の細粒～中粒砂層を挟む．砂層中の葉理は不明瞭ないしほぼ消失している．泥層はNc=3～6と非常にやわらかい～やわらかい．砂層はNc=6～20と非常にゆるい～ゆるい．**最上部バンドル**は，シルト礫や貝殻片を含む黄褐～オリーブ褐色ないし灰色の葉理がみられる細粒砂～中粒砂層から構成される．硬さはNc=5～15と非常にゆるい～ゆるいが，側方で貝殻片を多く含みNc=25～40となる．地下水面は本層中の深度約1.5mである．

盛土アソシエーションは，灰色の砕石層と黄褐～にぶい黄色の細粒砂層ないし極粗粒砂層との互層である．硬さはNc=10～25とゆるい～中位である．

© 2022 Geological Society of Japan

液状化ー流動化に関して：

液状化ー流動化の判定は，風岡ほか（1994）・風岡（2003）に基づき，地層断面における初生的な堆積構造の状態により判断した．埋立アソシエーションの最下部・中部・上部バンドルの砂層の大部分では，葉理が不明瞭ないし消失していることから，この部分が液状化ー流動化したものと考えられる．特に，中部バンドルの下半部の砂層は現在でも非常にゆるく，この上位の厚い泥層である難透水層により，地震時に上昇した間隙水圧の減衰速度が規制され，沈下が継続している可能性が考えられる．

引用文献：

千葉県環境研究センター，2011，千葉県環境研究センター報告，G-8, 3-1～3-25.
風岡 修・楠田 隆・香村一夫・楡井 久・佐藤賢司・原 雄・古野邦雄・香川 淳・森崎正昭，1994，日本地質学会第101年総会･討論会 講演要旨，125-126.
風岡 修，2003，液状化・流動化の地層断面．アーバンクボタ40号，5-13.

Keywords: human made strata, liquefaction-fluidization, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Tokyo bay reclaimed land, Anthropocene sediments, land subsidence

© 2022 Geological Society of Japan

Characteristics of mass transport within the Toki granite, central Japan: Result of through diffusion experiment

*Eiji Sasao[1], Hiroaki Murakami[1], Yusuke Ozaki[3], Takashi Yuguchi[2]

1. Tono Geoscience Center, JAEA, 2. Faculty of Science, Yamagata University, 3. Horonobe Underground Research Center, JAEA

はじめに

地下深部では，物質移動経路周辺の母岩への元素のマトリクス拡散や収着により，物質の希釈や移動の遅延が起こるため，マトリクス拡散の理解は重要な課題の一つである。

岐阜県南東部に分布する土岐花崗岩では，岩石ブロックを用いた拡散試験が行われ，岩石ブロックの中心部に設置されたトレーサー添加孔にウラニン（フルオレセンナトリウム）を添加してから約13か月後にトレーサー添加孔から数十mm の範囲でウラニンが分布すること，ウラニンは主に斜長石内部で認められることが明らかにされている（石橋ほか，2016）。この結果は，鉱物内部の微小空隙が数cm以上にわたって連結することを示唆する。

土岐花崗岩では，主に斜長石とカリ長石の内部に微小空隙が見出されている（Yuguchi et al., 2019，2022）。そこで，鉱物中の微小空隙が物質移動特性に及ぼす影響を明らかにするための最初のステップとして，空隙率測定と透過拡散試験を行った。本発表では，その結果を報告する。

実施内容

本研究では，岐阜県瑞浪市に所在した瑞浪超深地層研究所の換気立坑に沿って掘削されたボーリングコア，13試料を使用した。試料は地表からの深度約200m～約530mの範囲のもので，すべて土岐花崗岩である。空隙率測定と透過拡散試験には，採取したコアから直径25mm，厚さ5mmの円盤状に加工・研磨した試料を使用した。

空隙率は，山口ほか（1999）に従い，水飽和法で測定した。

透過拡散試験では，アクリル製の試料ホルダーにエポキシ樹脂を用いて測定試料を固定した後，試料ホルダーの両側に2つの容器（高濃度側リザーバー・低濃度側リザーバー）を密着させた。高濃度側リザーバーにはトレーサーとして塩化ルビジウム（RbCl）・塩化バリウム（$BaCl_2$）を各1mmol/Lとウラニンを500mg/Lを含む溶液を, 低濃度リザーバーには超純水を各々約100 mL満たした。試験中の濃度変化は，低濃度側リザーバーから5mL溶液を分取し，ウラニン，Ba，Rb，Clの濃度測定により把握した。なお，低濃度リザーバーから溶液を分取した後は水頭差が出ないよう，超純水を5mL添加し，希釈されたトレーサー濃度は計算で補正した。透過拡散試験は151日間（3623時間）行い，この間に12回，溶液を採取した。

結果

透過拡散試験の結果から得られた低濃度側リザーバーの各トレーサーの濃度変化を１次元有限差分法で計算し，計算結果と観測結果の誤差を最小化することで実効拡散係数Deと収着容量αを算出した。誤差の最小化処理はNelder-Mead法（Nelder and Mead 1965）に基づいた.

各トレーサーのDeの平均値は以下の通りとなった（括弧内は最小値と最大値を示す）；ウラニン：3.0×10^{-13}（3.5×10^{-14}～1.1×10^{-12}），Ba：3.7×10^{-13}（1.0×10^{-13}～1.0×10^{-12}），Rb：1.3×10^{-12}（4.4×10^{-13}～2.3×10^{-12}），Cl：8.6×10^{-13}（2.6×10^{-13}～1.9×10^{-12}）。また，αの平均値は以下の通りである；ウラニン：0.003（0.00002～0.02），Ba：0.44（0.00001～0.92），Rb：0.53（0.00002～1.33），Cl：0.001（0.00001～0.02）。

この結果，ウラニンのDeが比較的小さく，RbのDeは比較的大きいことがわかった。また，αについては陽イオンで大きく，ウラニンと陰イオンで小さい。陽イオンのαが高いのは，微小空隙周辺に収着されることによる陽イオン加速の効果のためと考えられる。また，陰イオンのαが低いのは，微小空隙周辺に収着されず，かつ鉱物表面の電気二重層表面が負に帯電していることによる陰イオン排除効果のためと考えられる。

© 2022 Geological Society of Japan

一方で，空隙率とDeやαとの間には相関は認められなかった。この点については，今後，鉱物レベルでの空隙の分布や連続性を調査し，鉱物中の微小空隙と物質移行の関係を検討する予定としている。

本研究はJSPS科研費21H01865の助成を受けたものです。また，元素分析は原子力機構東濃地科学センター年代測定技術開発グループの皆様にお願いしました。ここに記して感謝します。

文献

石橋ほか（2016）原子力バックエンド研究，23，121–130.
Nelder and Mead（1965）Comput. J.，7，308–313.
山口ほか（1999）放射性廃棄物研究，3，99–107.
Yuguchi, et al.（2019）Am. Mineral.，104，536–556.
Yuguchi, et al.（2022）Am. Mineral.，107，476–488.

Keywords: Toki granite, through diffusion experiment, transport

© 2022 Geological Society of Japan

Data Collection and Predictive Analysis of Volcanic Dykes Distribution (Continuation)

*Makoto KAWAMURA[1], Hua JIA[2], Yukiko KOIZUMI[2], Masakazu NIWA[1], Koji UMEDA[3]

1. JAEA, 2. Mitsubishi Materials Techno, 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、地層処分のサイト選定や安全評価における重要な火山・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。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。そのため西山ほか（2022）などでは、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より、岩脈分布のモデル化および火道安定性評価の検討している。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、岩脈の広がりを評価するうえで重要となる。そこで我々は、産業技術総合研究所発行の地質図幅が丹念な地表踏査の結果を記載したものとして着目し、地質図幅から「岩脈類」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。本試みは昨年度から実施しており（川村ほか，2021）、本報告はそれの続報である。

【実施内容】
昨年度に引き続き、中国、四国地方及び北海道南部渡島半島の20万分の1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。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。また、中国、四国地方では古い火山活動の痕跡であるコールドロンが存在しており、それらの位置を文献情報に基づきGIS化するとともに「最寄りコールドロン名、コールドロン重心からの距離」もデータ化した。

【結果】
抽出された火山岩岩脈等の数は、中国地方593、四国地方228及び北海道南部渡島半島308であった。全体的には岩脈の長軸長は1 km未満のものが半数以上を占め、2 km未満まで含めると80%を超える。10 kmを超える岩脈もあるが、これはコールドロンの外周に分布しているものである。すなわち過去に形成された火山の地下部の痕跡であると考えられ、活動当時に火山近傍に形成されたものであり、火山から離れた場所に形成されたものではない。

これら3地域において地表に露出している第四紀の岩脈分布は第四紀火山から10 km以内に限られる。第四紀よりも古い岩脈については、第四紀火山と岩脈との距離、その方位と岩脈の伸長方向のなす角の関係を検討し、第四紀よりも古い岩脈と第四紀火山との関係性は低いと考えられた。

四国の石鎚コールドロンを事例として、先第四紀（新第三紀）の火山活動と、それと関連するとされている岩脈との距離についても検討した。その結果、石鎚コールドロンの場合、関連する岩脈との距離は最大で5 km程度であることが示された。一方、中国地方の吉備高原に分布するアルカリ玄武岩の岩鐘群を事例としそれらの分布についても検討した結果、岩鐘の分布は活動の中心点から概ね15kmの範囲内であることが分かった。このような検討は、火山活動に伴う岩脈の進展の程度が、古い火山活動においても第四紀火山と同様であったかどうかを把握する上で重要であると考えられる。

以上のように、中国地方、四国地方及び北海道南西部を事例対象として進めてきた岩脈情報の網羅的な収集及びそれらを用いた統計的な検討は、処分事業においてマグマの影響範囲を調査・評価する上での基礎情報と

© 2022 Geological Society of Japan

しても有益であると考えられる。例えば、既存の火山の将来的な発達や、新規火山の発生に係る評価を行う際に、岩脈形成に関する地球物理学的モデルの構築や岩脈分布の確率論的な評価を行う際に有用となり得る。

【参考文献】

西山ほか，JpGU2022講演要旨，HCG24-01，2022.
川村ほか，日本地質学会第128年学術大会要旨，R23-P-1，2021.

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3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（JPJ007597）（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: Geological Disposal, Quaternary Volcanos, Dyke, Geological Map, GIS, Cauldron, Tholoide

© 2022 Geological Society of Japan

A study on middle and/or long-term forecasting volcanic events

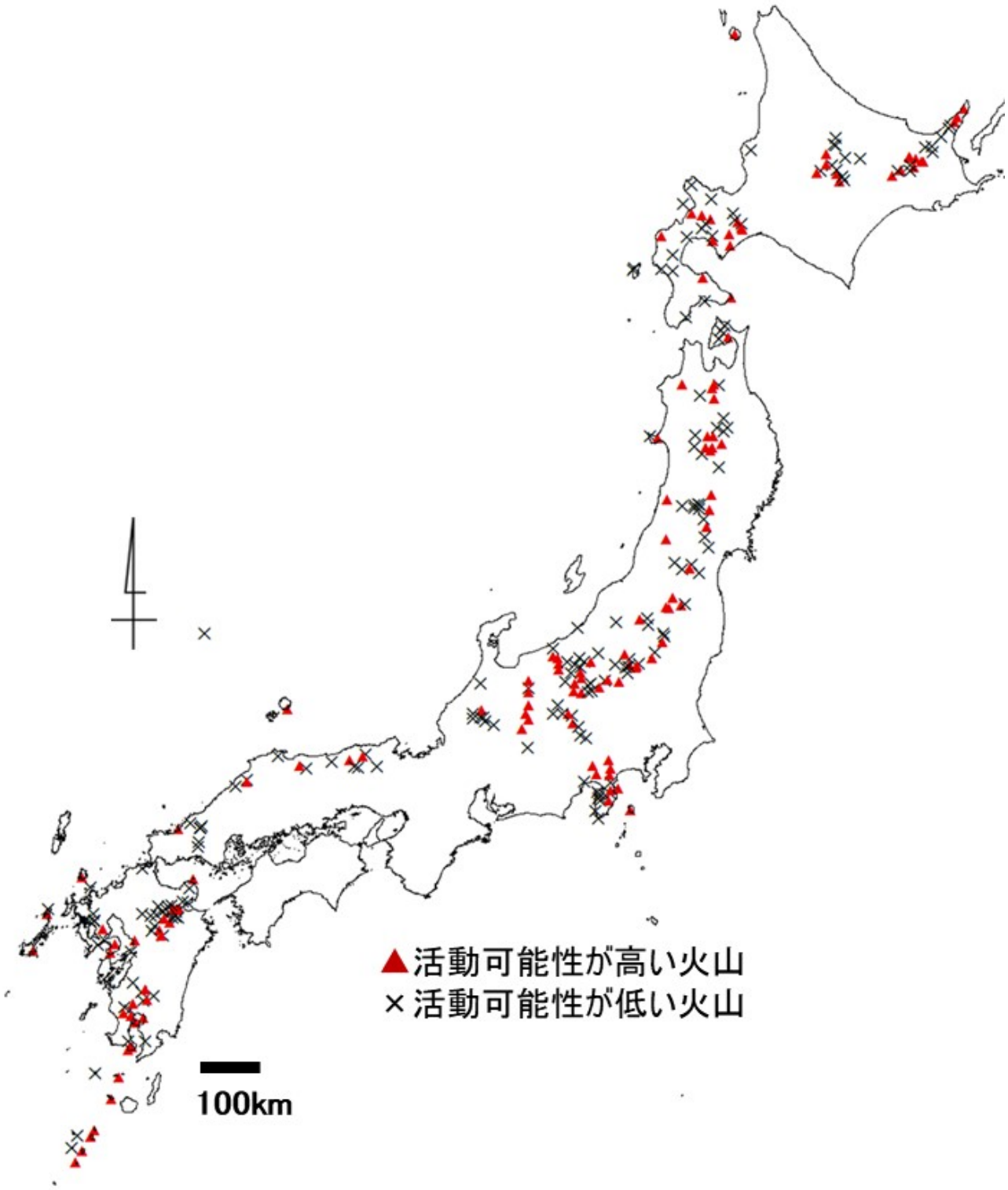
Minori MATSUI[1], *Koji UMEDA[2]

1. Hirosaki University, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

火山活動の中・長期的予測は，主に地質学的な手法が用いられており，対象とする火山の詳細な噴火史や噴火間隔と噴出量の規則性から（例えば，噴出量階段図），次の噴火の時期や規模の予測が行われている．同様のアプローチが原子力発電所に及ぼす火山活動の影響評価に用いられている．「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（NRA，2013）によると，更新世に活動した火山のうち，最後の活動終了からの期間が，過去の最大休止期間より長い場合には，将来の活動可能性が十分に小さいと評価している．一方で，このガイドには数値基準が示されておらず，曖昧かつ恣意的な方法であるといった指摘もある（例えば，小山，2015）．そのため，本研究ではNRAの火山影響評価ガイドの評価手法を日本列島の第四紀火山に適用し，どのような火山の活動可能性が十分に低いと評価されるかの検討を行った．実際の火山にこの評価を適用する場合，対象とする火山の詳細な噴火史の情報が限られる場合が多く，過去の最大休止期間を決めるための噴出量階段図がまとめられている日本列島の火山は56火山のみである（山元，2014）．一方，過去の最大休止期間は，その火山の全体の活動期間を超えることはないことから，活動期間を最大休止期間と保守的に見做すことができる．今回は，活動期間と最終活動年代から現在までの期間を比較することにより，火山の活動可能性を評価した．なお，活動期間（活動開始年代と最終活動年代の差）は，「第四紀噴火・貫入活動データーベース」（AIST，2014）のうち年代信頼度Aで活動期間が計算できる307火山を対象とした．活動期間の最大は隠岐道後の238万年，最小は昭和新山の0.005万年，平均値は42.6万年，中央値は30万年であった．また，最終活動年代から現在までの期間が活動期間を上回るのが179火山，下回るのが128火山であった（図）．このことから，対象の307火山の58%は，活動可能性が十分低い火山と評価された．活動可能性の高い火山と低い火山について，現在のマグマ活動を反映すると考えられる低周波地震の発生状況の違いを検討した．低周波地震のデータは，気象庁一元化震源カタログの低周波イベントのフラグのデータ（1997～2021年）を使用した．これによると，活動可能性が高いと評価された火山の近傍では，低周波地震が発生していること多いのに対して，活動可能性の低い火山の周辺には地震活動が殆ど認められなかった．

（引用文献） 原子力規制委員会（2013）原子力発電所の火山影響評価ガイド，26p.；小山真人（2015）原子力発電所の「新規制基準」とその適合性審査における火山影響評価の問題点，科学，85，182-193.；山元孝広（2014）日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図，地質調査総合センター資料集，no.613.；産業技術総合研究所地質調査総合センター（2014）第四紀噴火・貫入活動データーベース，https://gbank.gsj.jp/quatigneous/index_qvir.php

© 2022 Geological Society of Japan



© 2022 Geological Society of Japan

Hydro-mechanical characterization of calcium carbonate concretions

*Shinji Takeuchi[1], Satoshi Goto[1], Sachiko Nakamura[2], Hidekazu Yoshida[2]

1. Nihon University, 2. Nagoya University

1．はじめに

近年の研究により，炭酸塩コンクリーションは海底堆積物中に埋没した生物遺骸から拡散した有機酸と海水中のカルシウムイオンとの過飽和・沈殿反応により，数年～数十年という地質学的に極めて短期間で形成された（Yoshida *et al.*, 2015など）．このコンクリーションは形成後，数万年～数千万年の長期間に渡って安定的に存在することから，この特性を地下構造物の亀裂などの空隙構造へのシーリングに応用することが検討されている．しかし，シーリング機能を工学的観点から評価する上で重要な水理・力学特性が検討された事例はほとんどない．そこで本研究では，天然の炭酸塩コンクリーションを用いて，透水特性や硬度特性に関する検討を行なった．対象とした試料は，神奈川県三浦半島に分布する前～中期中新世の葉山層群および岐阜県瑞浪市に分布する中新世瑞浪層群から採取した炭酸塩コンクリーションである．対象地域の葉山層群は付加体で（Yamamoto *et al.*，2017）），瑞浪層群は内湾性の環境で（入月・細山，2006），それぞれ形成されたと考えられている．

2．試験方法

水理特性は，空隙率測定と変水位透水試験により行なった．空隙率測定は，岩石片試料の乾燥重量と湿潤重量及び体積を測定することで算出した．また，変水位透水試験は，コンクリーション部と周辺母岩部の試料を直径5cm，厚さ約3cmの円筒形に成型し，JIS A 1218に準拠して実施した． 力学特性は，Proceq社のエコーチップ硬さ試験装置（EQUITIP3®）を用いた．この装置は超鋼製のボールチップの試料表面への打撃速度と跳ね返り速度の比から硬度（HL値）を求めるものであり，HL値は一軸圧縮強度と相関性を有する（川崎ほか，2002）．

3．実施結果

3－1.水理特性

(1) 空隙率： 採取したコンクリーションおよび周辺母岩の空隙率を測定した結果，葉山層群のコンクリーションの空隙率は1.5～2.0%，周辺母岩は45～55%であった．また，瑞浪層群のコンクリーションは3.0～8.0%，周辺母岩では30～40%であった．コンクリーション部は周辺母岩よりも一桁程度低い空隙率を示しており，緻密であることが分かる．

(2) 室内透水試験 ：変水透水試験の結果，葉山層群中の軟質のコンクリーションの透水係数は約8.0×10^{-8}（m/s）であり，コンクリーションの周辺母岩の透水係数は約2.0×10^{-7}（m/s）であった．また，葉山層群中の硬質のコンクリーションは，$2.0\sim3.5\times10^{-9}$（m/s）の透水係数を示した．一方，瑞浪層群のコンクリーションは，9.5×10^{-10}～8.5×10^{-9}（m/s）の値を示した．

3－2．硬度測定

エコーチップでの硬度測定の結果，全ての試料においてコンクリーション中心部から同外縁部，さらには周辺母岩部に向けて硬度（HL値）が低下する傾向を示した．また，個々の試料におけるコンクリーション部のHL値は概ね同等の値を示した．さらに硬質のコンクリーションでは両地域で同程度のHL値（700～800）を示した．

4．まとめ

中新統の葉山層群および瑞浪層群中のコンクリーションと周辺母岩を対象に，水理・力学特性について検討した結果，コンクリーション部の空隙率，透水係数，硬度は一部の軟質の試料を除けば両層群ともに同程度で，周辺母岩と比較して透水係数，間隙率は低く，硬度はより高いことが明らかとなった．両層はほぼ同じ地質年代で，付加体と内湾性の堆積物という形成環境の違いはあるものの水理・力学特性に関わる物性値は同程度であることから，生命体の死滅後，短期間で硬化したコンクリーションは堆積環境やその後の変形作用の影響を大きく受けることなく，長期間にわたって安定的に存在したことを示唆している．この特性は，コンクリーションの長期間のシーリング性能の健全性を工学的に評価する上で重要な知見である．

© 2022 Geological Society of Japan

文献）
入月俊明・細山光也（2006）日本地方地質誌4 中部方,pp.368-369,朝倉書店.
Yamamoto Y. et al.(2017) Techtonophysics, 710, pp81-87.
川崎　了ほか（2004）応用地質，43, 4 ,pp.244-248.
Yoshida H. et al.(2015) *Scientific Reports,* doi:10.1038/srep14123.

Keywords: calcium carbonate concretion, hydraulic properties, mechanical properties

© 2022 Geological Society of Japan

In-situ sealing feasibility experiment of flow-paths factures learnt from spherical carbonate concretion formation

*Hidekazu Yoshida[1], Koshi Yamamoto[1], Koichi Karukaya[2], Hiroya Matsui[3]

1. Nagoya University Museum, 2. Sekisui Chemical Co.Ltd., 3. Japan Atomic Energy Agency

1．はじめに

球状コンクリーションには，鉄やシリカ，炭酸塩（カルサイトやドロマイト）を主成分とするものがある．その中でも炭酸カルシウムを主成分とする球状岩塊は，世界中の数億年～完新世までの海性堆積岩中から発見され，そのサイズは数センチ～数メートルと様々である.この炭酸カルシウムを主成分とするコンクリーションは非常に緻密で，地表に露出した後も風化に耐え，内部の化石も新鮮な状態のまま保持されていることが多い．このような産状や特徴を有するコンクリーションの成因・形成速度を明らかにすることを目的に，国内外の数百に及ぶ試料を用いて，産状や形態，化学成分などの調査・分析を進めてきた.その結果，球状コンクリーションは，未固結の海底堆積物中において，炭素起源となる生物を取り巻くようにコンクリーションが内部から外へと急速な反応（数ヶ月～数年）で成長することが明らかとなってきた（例えばYoshida et al., 2018; 吉田, 2022）．

2．コンクリーションの工学的評価

このようなコンクリーション化プロセスを工学的に応用することを目的に，天然のコンクリーションの緻密性，力学特性，透水性などの工学的評価と人工的にコンクリーション化を促進させるコンクリーション化材の開発を進めている．工学的評価に関してはこれまでの測定結果から，以下のことが分かってきた．まずコンクリーション部分に含まれる炭酸カルシウムの量は，周辺地層の約10～20倍の50～60wt%である．この割合は，ほとんどのコンクリーションに共通した値である．またこの割合は，海底堆積物（未固結）の初期空隙率に近く，コンクリーションが未固結堆積物中で形成されたことと整合的である．またコンクリーションの空隙率は，古い地質時代のコンクリーションほど低い値を示す傾向があるものの，完新世のコンクリーションにおいても５％程度であり，炭酸カルシウムの濃集・沈殿が速やかに進行したことを示す．また，透水係数も10-12m/s オーダーと花崗岩に匹敵するものが認められる．炭酸カルシウム（カルサイト:CaCO3）を主成分とする球状コンクリーション中の化石が保存良好なのは，微細なカルサイト結晶の空隙内での急速な沈殿によって，堆積物の細かい隙間まで充填・シーリングされることで外部との化学反応が抑制され，物質循環的に隔離されるためと考えられる.

3．コンクリーション化剤の開発と原位置実証試験

人工的コンクリーション化材の開発については，地下岩盤中での水みちなどの空隙をシーリングさせるための‘コンクリーション化剤(コンクリーションシード(略称コンシード))’を積水化学工業と共同で開発してきた(特願第6889508号).このコンクリーション化剤の利点・特徴は；1)従来の物理的圧入法と異なり，元素の拡散・沈殿によりミクロンオーダー以下の微細な空隙もシーリングが可能であること2)元素の拡散によるシーリングであることから，地下水の(高)間隙水圧の影響を受けないこと3)地下水中の自然由来の重炭酸イオンやカルシウムイオンも活用可能であり，持続的かつ長期的なシーリングが可能，という点である．　開発したコンクリーション化剤を用いた実証試験を，日本原子力研究開発機構の幌延深地層研究センター（北海道幌延町）において現在実施中である．実験は，地下350mの試験坑道において，地下坑道掘削に伴う岩盤の破壊領域（掘削損傷領域：EDZ)部分を対象とし、コンクリーション化剤によるシーリング効果を確認するために，坑道壁面や底盤から深さ1～2mのボーリングを複数本掘削し，そのうちの１本を透水性変化のモニター孔として残し，他のボーリング孔にコンクリーション化剤を注入し，時間経過と共にどのように水みちが閉塞されていくのかの変化をモニターするものである．その最新の結果として，地下坑道周辺の掘削に伴い生じたEDZの透水性が，これまでに約２オーダー以上低下し，周辺母岩とほぼ同様の透水性にまで改善されつつあることが確認された．今後，さらに実証研究を進めるとともに，将来的には，岩盤中の割れ目帯や断層破砕帯などの大規模水みちの止水対策や，既存トンネルの修復に用いられるグラウト技術の代替策として，さらにはCCSや石油廃孔の長期シーリングなどへの適用性も検討する計画である．なお，本研究は，経済産業省資源エネルギー庁

© 2022 Geological Society of Japan

委託事業「令和3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（JPJ007597）（地層処分施設閉鎖技術確証試験）」の成果の一部である.
文献1） Yoshida,H. et al., (2018) Scientific Reports,doi.org/10.1038/s41598-018-24205-5.2） 吉田英一 (2022) 球状コンクリーションの理解と応用, 地質学雑誌（印刷中）.

Keywords: concretion, self-sealing, In-situ feasibility experiment

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | G1-5. sub-Session 05

[2oral601-09] G1-5. sub-Session 05

Chiar:Daisuke Sato, Hideaki NAGAMORI

Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 3:45 PM oral room 6 (Build. 14, 403)

[G5-O-1] Mesozoic limestone conglomerate in the Mino Belt, Nanjo Mountains

*Tomio Nakagawa[1] （1. Faculty of Education, University of Fukui）

1:30 PM - 1:45 PM

[G5-O-2] Stratigraphy and sedimentary environment of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kurosegawa Belt (Hinagu Belt), in the south part of Kumamoto prefecture

*Kohei KAWAKAMI[1], Tetsuji ONOUE[1] （1. Kyushu Univ.）

1:45 PM - 2:00 PM

[G5-O-3] Geochemistry and zircon U-Pb age and Lu-Hf isotope composition of the Jurassic granitoids in the Japanese Islands and eastern margin of Korea

*Kenta Kawaguchi[1,2], Chang Whan Oh[2], Ji Wan Jeong[1], Masaya Furusho[3], Satoshi Shibata[3], Yasutaka Hayasaka[4] （1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. OYO Corporation, 4. Hiroshima Univ.）

2:00 PM - 2:15 PM

[G5-O-4] On the Cretaceous Granitoids distributed in the Back-born mountains Northen NE Japan

*Yukio FUJIMOTO[1] （1. Akita Associ. of Educational Earth Science ）

2:15 PM - 2:30 PM

[G5-O-5] Graben like structure in the uplift zone in the northwestern part of Northern Fossa Magna Region, Central Japan.

*Hideaki NAGAMORI[1], Ryuta FURUKAWA[1], Kan FUJIWARA[2], Seiko Yamasaki[1], Toshiyuki YOSHIKAWA[1] （1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Presently Hokkaido Research Organization）

2:30 PM - 2:45 PM

[G5-O-6] Necessity of review of the basal Paleogene in western Kyushu, Japan

*Kazunori Miyata[1] （1. Fukui Prefectural Dinosaur Museum ）

2:45 PM - 3:00 PM

[G5-O-7] Submarine slump deposits in the Arikawa formation in Nakadorijima of the Goto. islands, and its tectonic significance, Nagasaki Prefecture

*Kazuhiro KAWAHARA[1] （1. Kwassui High School）

3:00 PM - 3:15 PM

[G5-O-8] Diagenesis of the Neogine sedimentary rocks in the Akita region, examined by carbonate nodules

*Osamu NISHIKAWA[1], Kaoru Nagai, Daizo ISHIYAMA[2] （1. Mineral Industry Museum, Akita University, 2. Akita University）

3:15 PM - 3:30 PM

[G5-O-9] A tidal to fluvial transition between the Miocene Obogon and Irrawaddy formations in the Tebingan area, central Myanmar

*Nao Kusuhashi[1], Zin Maung Maung Thein[2], Thaung Htike[3], Ye Ko Ko Latt[4], Man Thit Nyein[4], Kana Narita[1], Masanaru Takai[5] （1. Ehime University, 2. University of Mandalay, 3. University of

©The Geological Society of Japan

Magway, 4. Ministry of Religious Affairs and Culture, 5. Kyoto University)
3:30 PM - 3:45 PM

©The Geological Society of Japan

Mesozoic limestone conglomerate in the Mino Belt, Nanjo Mountains

*Tomio Nakagawa[1]

1. Faculty of Education, University of Fukui

福井県南条山地の美濃帯湯尾C（中江ほか，2013，2015）に分布する芋ヶ平石灰岩は，多くのペルム紀化石が産出する（中村・伊藤, 1985）．中川ほか（2019）はこの石灰岩が石灰岩礫岩で，後期三畳紀のコノドントや放散虫を含む薄殻二枚貝石灰岩礫や前期ジュラ紀以降に生息期間を持つ放散虫を得た．このような礫質石灰岩は石灰岩の起源や付加様式を考える上で重要と考えられるので，石灰岩礫の産状および岩相，産出化石について報告する．

本石灰岩の礫として最も多くみられるのは灰～灰白色の含フズリナ石灰岩礫で*Neoschwagerina* sp.を含むペルム紀石灰岩である．次に多いのが濃赤～赤紫色，灰白～淡桃色，暗灰色などのミクライト質含薄殻二枚貝石灰岩で，鏡下での観察では，packstone，wackestone，石灰泥岩に区分される．石灰岩礫の大きさは変化に富み，淘汰不良で，基質はごく少量が見られるにすぎない．礫間を埋める基質は緑灰～暗灰色の泥質堆積物からなる．基質は個々の石灰岩礫の輪郭を縁取るように幅狭く，線状に分布し，強くスタイロライト化している．多くの場合，線状部の幅は1～2 mmである．石灰岩礫と基質の境界は明確で，岩相的な漸移は認められない．

含薄殻二枚貝石灰岩8試料を蟻酸処理すると，三畳紀コノドント・放散虫が産出し，内5試料からは前期ジュラ紀以降の放散虫が混在する残渣試料が得られた．全岩処理で得られた微化石のうち，コノドントの*Norigondolella navicula*，*Norigondolella steinbergensis*および*Epigondolella* spp. は後期三畳紀ノーリアン期あるいはレーティアン期を特徴づける種である．一方，放散虫は中期～後期三畳紀を示すが，この他に，前期ジュラ紀トアルシアン期の*Helvetocapsa minoensis*や前期ジュラ紀～後期白亜紀の*Triactoma* sp.が得られた．そこで，量的に多く見られる帯赤色含薄殻二枚貝packstone礫，白・淡桃色薄殻二枚貝wackestone礫，暗灰色石灰泥岩礫の３つを単離して微化石抽出を行った．各々10gを個別に蟻酸処理して微化石の抽出を試みた．packstone礫から10gあたり176個の*N. steinbergensis*と*Epigondolella* spp.からなる後期三畳紀ノーリアン期のコノドント化石群集を得た．含薄殻二枚貝wackestone礫と石灰泥岩礫から産出したコノドントは *N. steinbergensis*だけである．含薄殻二枚貝石灰岩は岩相により産出量は異なるが，同定できたコノドントはすべて後期三畳紀ノーリアン期あるいはレーティアン期を示すことからこの時代に堆積した石灰岩と考えられる．また，石灰岩礫岩の全岩処理で得られた前期ジュラ紀の放散虫を含む石灰岩礫は発見できなかった．

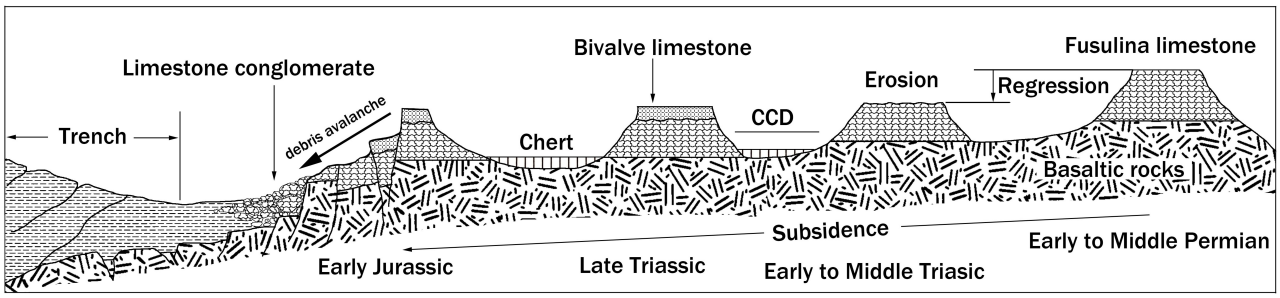
これらのことから前～中期ペルム紀に海山上に形成された石灰岩体がプレート上を沈降しながら移動し，後期三畳紀に一時，CCDより浅くなり深海性石灰岩が堆積した．それが前期ジュラ紀に海溝手前で崩壊し，石灰岩礫岩が形成され付加体に取り込まれた可能性が考えられる（Fig. 1）．

研究を行うにあたり佐野弘好先生，上松佐知子先生，指田勝男先生にお世話になりました．

引用文献：中江ほか，2013，今庄及び竹波地域の地質．産総研／中江ほか，2015，冠山地域の地質．産総研．／中川ほか，2019，地質雑，125，877-884／中村・伊藤，1985，福井市郷土自然科学博，31, 27-34.

Keywords: limestone conglomerate, Mino Belt, Imogadaira, Late Triassic

© 2022 Geological Society of Japan



© 2022 Geological Society of Japan

Stratigraphy and sedimentary environment of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kurosegawa Belt (Hinagu Belt), in the south part of Kumamoto prefecture

*Kohei KAWAKAMI[1], Tetsuji ONOUE[1]

1. Kyushu Univ.

西南日本外帯の黒瀬川帯からは，一部に陸棚石灰岩を伴うペルム系～白亜系堆積岩類が古くから知られている．九州西部に分布する黒瀬川帯は，この堆積岩類の分布域に基づいて，北から宮地帯，日奈久帯，渋利帯，坂本帯の4帯に区分されている．このうち日奈久帯の白亜系層序は，松本・勘米良(1964)によって詳しい研究がなされ，下位から川口層，八竜山層，日奈久層，八代層がほぼ南から北に向かって，整合または非整合で，帯状配列することが明らかにされている．その後，田代ほか(1994)の調査により，松本・勘米良(1964)の調査地域の南西部にあたる田浦－日奈久地域の日奈久帯白亜系は，北東-南西方向に伸びる断層によって南北の2帯にわけられることが主張された．この研究では，断層の南側に主に分布する黒崎層と川口層から，ジュラ紀～前期白亜紀の年代を示す二枚貝化石が報告されている．しかしながら，田浦－日奈久地域に分布する黒崎層・川口層の詳しい堆積年代や堆積環境については詳しい研究が進んでおらず，模式地の川口層との岩相層序に関する対比も十分に行われていない．そこで，本研究では，田浦－日奈久地域に分布する上部ジュラ系～下部白亜系について，それらの堆積環境と詳細な地質年代を明らかにすることを目的として，研究を行った．

調査範囲は，熊本県芦北町太田海岸～八代市二見洲口町までを対象とし，現地にてルートマップ，地質図，柱状図を作成した．さらに，頁岩，石灰岩，チャートの試料採取を行い，微化石を抽出することで，地質年代の決定を試みた．

調査の結果，調査地域の岩相層序は，下位より（1)主に頁岩・砂岩で構成されている小崎層，(2)砂岩頁岩互層からなる黒崎層，(3)アルコース質の礫岩・砂岩，および凝灰質な頁岩をともなう砂岩頁岩互層からなる川口層下部層，(4)砂岩頁岩互層・頁岩層からなる川口層上部層からなり，さらにみかけ上位には(5)中礫～大礫からなる礫岩層を基底にもつ砂岩層および頁岩層からなる地層（従来の宮地層）が累重していることが明らかになった．田代ほか(1994)では，川口層の上限は日奈久断層で境され，宮地層の礫岩と接するとされてきた．しかし，本研究では，田代ほか(1994)の日奈久断層の露頭を確認することができなかったため，川口層とみかけ上位の礫岩層との接触関係を明らかにすることはできなかった．川口層の地質年代については，黒崎，および川口層から採取してきた29試料の処理を済ませたが，年代決定に有効な放散虫化石の発見には至っていない．川口層の堆積環境については，HCS砂岩や炭質物を含む凝灰質頁岩が観察される下部層から，砂岩頁岩互層を経て，頁岩層へと上方細粒化している層序が確認されたことから，波浪の影響を受ける沿岸域から，より沖合への堆積環境へと変化したことが考えられる．

引用文献

田代 正之，田中 均，坂本 伝良，高橋 努，1994．九州南西部田浦・日奈久地域の白亜系，高知大学学術研究報告 第43巻，自然科学，69-78

松本 達郎，勘米良 亀齢，1964．日奈久５万分の1地質図幅説明書，地質調査所，1-147

Keywords: Cretaceous, Kumamoto, Kurosegawa Belt, Kawaguchi Formation

© 2022 Geological Society of Japan

Geochemistry and zircon U-Pb age and Lu-Hf isotope composition of the Jurassic granitoids in the Japanese Islands and eastern margin of Korea

*Kenta Kawaguchi[1,2], Chang Whan Oh[2], Ji Wan Jeong[1], Masaya Furusho[3], Satoshi Shibata[3], Yasutaka Hayasaka[4]

1. Kyushu Univ., 2. Jeonbuk Natl. Univ., 3. OYO Corporation, 4. Hiroshima Univ.

日本海拡大以前の原日本列島はアジア大陸東縁において成長した。地理的観点から、原日本列島の少なくとも一部は、韓半島と共通の進化を遂げたと予想できる。従って、東アジアの構造進化を包括的に理解するには、日本列島と韓半島との対比が極めて重要である。しかし、先カンブリア紀の地塊を主体とする韓半島と、古生代以降の沈み込み帯で成長した原日本列島を構成する地体は決定的に異なり、両者の繋がりは不明な点が多い。日本海拡大以前の両者の正確な繋がりを復元するためには、日本列島と韓半島とに共通する「マーカー」を見出し、産状と定量的なデータに基づいた議論が極めて重要である。本研究では、韓半島東縁部と日本列島に分布するジュラ紀弧花崗岩類に着目し、その全岩化学組成、ジルコンU-Pb年代とLu-Hf同位体組成を報告し、ジュラ紀火成弧の進化、また原日本列島と韓半島との繋がりを考察する。

韓半島東縁部のジュラ紀花崗岩類のジルコンU-Pb年代を包括的に測定し、その重みつき平均年齢を地体ごとにまとめると、南からGyeongsang Basin（GB）: 188–186 Ma、Yeongnam Massif（YM）: 183–177 Ma、Taebaeksan Basin（TB）: 168 Ma、Gyeonggi Massif（GM）: 173–166 Maを示す。一方、飛騨帯の宇奈月地域におけるホルンブレンド閃緑岩の同年齢は201 Maを示す。また能登半島西縁部に位置する中新世の火山砕屑岩層から採取した黒雲母花崗岩角礫3試料の重みつき平均年齢は184–183 Maで、周囲に地窓状に産する飛騨花崗岩の産状を考えると、これらは飛騨花崗岩起源であると考えられる。また、鳥取県西部の江尾花崗岩のうち、マイロナイト化したホルンブレンド花崗閃緑岩が247 Ma、ホルンブレンド–黒雲母花崗閃緑岩が192–191 Maの重み付き平均年齢を示した。本研究で測定したポイントは全てCL像下でオシラトリーゾーニングを示し、ジルコンの微量元素は高いTh/U比と右上がりのHREEパターンを持つことから、得られた年齢は火成年代を示す。韓半島東縁部と日本列島のジュラ紀花崗岩は、そのジルコンHf同位体組成から、$\varepsilon_{Hf}(t)$値により(1) -0.8から+13.2 （飛騨花崗岩、江尾花崗岩、GB）と、(2) -25.0から-13.9 （YM、TB、GM）を示すものとに明瞭に2分される。(1)は201–183 Ma、(2)は183–166 Maの異なる火成年代を示す。ジルコンのTi温度計[1]を適用しジルコンの結晶化温度を求めた結果、(1)は750–830 ˚Cと高温を示すのに対し、(2)は680–750 ˚Cの低温を示した。またインヘリテッドジルコンは(1)には皆無、あるいはペルム紀からトリアス紀のものが10 %以未満であるのに対し、(2)には最大50 %程度含まれ、その大部分は古原生代の年代を示す。全岩化学組成は(1)、(2)ともにNb、Ta、P、Tiに涸渇したパターンを示し、微量元素を用いた判別図においてはいずれも火成弧の領域にプロットされる。(1)は低いSr/Y比を有し、典型的な弧火成岩の特徴を持つ一方、(2)の大部分は高いSr/Y比をも持ち、アダカイトの組成を示す。その全岩組成は厚い下部地殻の溶融により形成されたアダカイト[2]と高い類似性を持つ。

韓半島南部から中部においては北西方向に、また韓半島北部から北東中国にかけては西方向にジュラ紀花崗岩の年代若化が認められ[3]、韓半島東縁部の花崗岩類も同様の年代極性を有する。江尾、飛騨花崗岩もこの極性に調和的である。韓半島全体を見渡すと、(1)と共通のジルコンU-Pb年代、正の$\varepsilon_{Hf}(t)$値を持つ花崗岩類は南東部のGBと北東部のDumangang Belt（DB）に認められる[4]。一方、半島東縁中部に位置する(2)の花崗岩類のジルコンは著しく低い$\varepsilon_{Hf}(t)$値を持つことから日本列島とGB、DBの花崗岩類とは区別できる。従って、韓半島南東部のGBから江尾花崗岩、飛騨花崗岩を経て韓半島北東部のDBにかけては共通の年代、地球化学的特徴、Lu-Hf同位体組成を持った花崗岩が狭長かつ弧状に分布しており、このことは江尾、飛騨花崗岩が、韓半島南東部から北東部に続く一連の沈み込み帯で形成されたことを示唆する。

引用文献: [1] Ferry and Watson (2007) Contrib. Mineral. Petrol., **154**, 429–437. [2] Atherton and Petford (1993) Nature, **362**, 144–146. [3] Kawaguchi and Oh (2021) J. Geol. Soc. Korea, **57**, 565–587. [4] Zhang

© 2022 Geological Society of Japan

et al. (2021). J. Geol. Soc. Korea, **57**, 523–544.

Keywords: Japanese Islands, Korean Peninsula, Jurassic, Granitoids

© 2022 Geological Society of Japan

On the Cretaceous Granitoids distributed in the Back-born mountains Northen NE Japan

*Yukio FUJIMOTO[1]

1. Akita Associ. of Educational Earth Science

この地域の白亜紀花崗岩類は田沢湖東方の生保内岩体（加納・ 小林，1979）を北端に鳴子地域まで点在して分布する（永広ほか， 1989）．このうち生保内、湯田ダム、焼石岳南は既に報告した（ 藤本，2013）．今回は生保内岩体の補足および南方の湯田ダム岩 体との間に点在する花崗岩類，鳴子地域の北北西にあたる湯沢市 東鳥海山周辺の花崗岩類について報告し，生保内・焼石岳南を含 めて地体構造上の位置について検討する．

1． 生保内岩体：東西をNNE方向の左雁行とNNW方向右雁行 配列する断層に挟まれ，南北に延びて分布する．中粒～粗粒普通 角閃石黒雲母花崗閃緑岩を主とする東部岩体と西部岩体の間に 中粒～粗粒黒雲母花崗岩を主とする中央部岩体が貫入関係で分布 する．東部岩体は中央部と南東端に黒雲母片麻岩～片岩・角閃岩 の500×1500mサイズの捕獲岩体を伴い，前者はNNE，後者は NNWに延びた形態を示す．東部 岩体の鉱物配列による面構造は，北部のENE走向S傾斜から 中央部～南部のNNW～NS走向E傾斜と変化し，南東に開いたベーズン状構造をなす．線構造はベーズン状構造の軸部に向かうものが多い．北西部シトナイ川下流域で粗粒トーナル 岩が分布し，帯磁率が部分的に高い（15.4SI）がベーズン構造の 内側に相当する北東部では明白色の中粒花崗閃緑岩が分布し帯 磁率は低い（0.27～3.67SI）．中央部以南では0.32～0.45SIの帯 磁率を示す．中央部岩体は北西部から南部にかけて広く分布し， 塊状であるが東部岩体との接触部では強片状を呈してK長石の 眼球状結晶が見られる．帯磁率は中央部で0.24～2.55SIと低いが 周縁部の北部と南部で4.15～4.97SIとやや高くなる．西部岩体は 西部と南端部にNW方向の面構造を示して狭く分布する．

2．沢内村南川舟東方の花崗岩類：生保内岩体の南東6kmの南川舟 地区東方には小杉沢中流と湯ノ沢中～上流に中粒普通角閃石黒雲母 花崗閃緑岩が分布する．小杉沢中流ではNNW走向38～65°E傾斜 の面構造を示し，普通角閃石の配列による線構造はNNW～Nに5 ～12°落としている．帯磁率は0.37～2.81SIを示す．湯ノ沢中～上流ではWNW～EW走向35～56°N傾斜の面構造を示す強片状中粒 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布し，上流部ではNE走向38 ～65°NW傾斜に変化する．この強片状岩相は鏡下で斜長石の半自形結晶を取り巻く黒雲母と再結晶石英のバンドが認められ，プロトマイロナイト～マイロナイトの特徴を示す．東のNE走向から西のWNW～EW走向に収斂して強片状化することから，マイロナイトの北が東にずれる右横ずれ変位が推定できる．湯ノ沢の南4kmの七内川上流には中粒普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩と中～細粒普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布し，前者は13.8，後者は5.89，25.3SIの帯磁率を示す．

3． 東鳥海山周辺の花崗岩類：笹田（1985）による鬼首ー湯沢マイロ ナイト帯を挟んで西側には片麻岩～片岩・角閃岩を伴う花崗閃緑岩とそれを貫く黒雲母花崗岩が分布する．東側には普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布し，マイロナイト帯はプロトマイロナイト～ウルトラマイロナイトだが，東鳥海山周辺ではマイロナイト面構造がNNE～ＮＥを示し，マイロナイト帯の北東方向への変化を示唆している．

随伴する変成岩・帯磁率・化学組成から生保内岩体は阿武隈帯の花崗岩類に，湯田ダム岩体と焼石岳南岩体は南部北上帯に対比できる． 帯磁率から沢内村に点在する花崗岩類は湯ノ沢上流のマイロナイト質花崗岩類以北は生保内岩体の延長部に，以南は湯田ダム岩体と同様，南部北上帯の花崗岩類に対比可能である．湯ノ沢のマイロナイト質花崗岩類は畑川破砕帯の東にシフトしての北方延長（久保ほか，2003）を担った一部と考えられる．

引用文献

永広昌之・蟹沢聡史・丸山孝彦（1989）日本の地質「東北地
方」第2 章，中・古生界，66-70.
藤本幸雄（2013）日本地質学会120年大会講演要旨．62p.
加納　博・小林治朗（1979）秋田大学地下資源開発研究報　告,45,77-88.
久保和也・柳沢幸夫・山元孝弘・駒澤正夫・広島俊男・須藤　定久（2003）20万分の1地質図幅「福島」.産

© 2022 Geological Society of Japan

総研.
笹田正克（1985）地質雑，91,1-17.

Keywords: Kitakami zone Cretaceous granitoid , Abukuma zone Cretaceous granitoid, Mylonitic granitoid, Onikobe-Yuzawa Mylonite zone

© 2022 Geological Society of Japan

Graben like structure in the uplift zone in the northwestern part of Northern Fossa Magna Region, Central Japan.

*Hideaki NAGAMORI[1], Ryuta FURUKAWA[1], Kan FUJIWARA[2], Seiko Yamasaki[1], Toshiyuki YOSHIKAWA[1]

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Presently Hokkaido Research Organization

北部フォッサ・マグナ地域北西端に位置する長野県北西部から新潟県西部は，西頸城隆起帯と呼ばれる（正谷・市村，1970）．この隆起帯には約1 Maのジルコン FT年代値を示す雨飾山（1963 m）などの貫入岩体があり，前期更新世以降の急激な隆起が想定される（長森ほか，2010）．西頸城隆起帯の南側にも高妻山（2353 m）などの貫入岩体があり，そのジルコンFT年代は約1 Maの値を示す（長森ほか，2003）ため，西頸城隆起帯と同時期に隆起した可能性が高い．このことから，従来西頸城隆起帯が隆起量の多い地域とされてきたが，その南側も同様の隆起が生じていることになる．第四紀の隆起が想起されるものの，時期や範囲などについては不明な点が多い．本報告では，長野県小谷村の糸魚川–静岡構造線相当断層沿いの地質・構造を検討する過程で認められた隆起帯に挟まれた地溝状構造について報告する．

小谷村付近では，糸静線の東側に姫川断層，さらに東側に小谷–中山断層が併走する．姫川断層の変位センスは東側に分布する火山岩類の対比の違いにより東上がりの見解と西上がりの見解があった．この火山岩の平倉山山頂付近の安山岩（平倉山層）のK-Ar年代値として18.1±0.3 Maの年代値が得られたことにより，姫川断層の変位センスは西上がりであることが判明した．また，従来中土断層とされていた断層は姫川断層へ連続する同一の断層と判断される．姫川断層の南端は糸静線に収斂するとみられる．姫川断層と小谷–中山断層は南部域では糸静線と縦走して南北方向に延びるが，小谷村の立山付近から北東方向へ延び，糸静線から離脱する．姫川断層と小谷–中山断層の間の層序は，下位より小谷温泉層，雨中層，奉納層，曲師谷層，細貝層，岩戸山層に区分される．北部フォッサ・マグナ地域では一般的に北方に新しい地層が累重するが，これらの地層は南に向かい新しい地層が重なる．姫川断層と小谷–中山断層間では，断層間の地層が断層を介して古い地層と隣接するため，地溝状の構造と判断される．ところで，南方の長野県大町市付近では，糸静線と小谷–中山断層に挟まれる地溝状堆積盆として特徴付けられる大峰帯（小坂, 1980）が分布する．大峰帯の北端は立山南方の“横根沢断層”とされていた．しかし，“横根沢断層”の存在を示唆する証拠はない．さらに立山以北にも大峰帯と同様の地溝状構造が連続することから，姫川断層と小谷–中山断層間の相対的に沈下した地域は，大峰帯の北方延長と判断される．ただし，地溝状構造は大町付近では糸静線と小谷–中山断層の間に分布するが，大町よりも北では姫川断層と小谷–中山断層，さらに立山付近以北では延びの方向が北東となり糸静線から離脱する．この大峰帯から連続する地溝状構造は，北西側の西頸城隆起帯と南東側の高妻山を含む地域の境界となる．

糸静線を境に西側の飛騨山地は前期更新世に隆起したとされる（原山ほか2003）．しかし，立山以北の糸静線は断層によって寸断されており，第四紀に活動した形跡はない（長森ほか，2010）．このため，糸静線最北部では西頸城隆起帯と飛騨山地が一体となって隆起した可能性が高い．これらの隆起域の縁辺は最北部をのぞく糸静線と姫川断層となる．大峰帯の東端断層の小谷–中山断層は東から西へ高角衝上し，後期中新世から前期更新世まで活動していた（加藤・佐藤，1983など）．断層の東側には1Maの高妻山の貫入岩体があり，前期更新世の大きな隆起量が想定される．

これまで北部糸静線沿いの一部に認められていた大峰帯の北方延長が，北部フォッサ・マグナ地域北西部の隆起域を分断するように延びていることが明らかとなった．大峰帯の成因はいまだ確定していないが，より広範囲のテクトニクスを考慮にいれた検討が必要となる．

＜文献＞

加藤・佐藤（1983）信濃池田図幅，地質調査所，93 p.

原山ほか(2003)第四紀研究，**42**, 127-140.

小坂（1980）信大理紀要， **15**, 31-36.

正谷・市村（1970）石油技術協会誌, **38**, 1-12.

© 2022 Geological Society of Japan

長森ほか（2003）戸隠図幅．産総研地質調査総合センター, 109 p.
長森ほか（2010） 小滝図幅．産総研地質調査総合センター, 134 p.

Keywords: Northern Fossa Magna, uplift, Graben like structure, Omine Belt

© 2022 Geological Society of Japan

Necessity of review of the basal Paleogene in western Kyushu, Japan

*Kazunori Miyata[1]

1. Fukui Prefectural Dinosaur Museum

九州の北部および西部では，夾炭層の探索に伴って1920年代に当地の古第三系層序の概要が明らかとなった．初期の層序学的枠組みはいくつか改定を経て引き継がれ，現在においても踏襲されるものとなっている．岩相層序と産出する軟体動物化石は，当地の古第三系の地域間層序対比に貢献し，1990年代以降にはナノ化石層序も加わることで対比の解像度が高まった．近年では，ジルコン粒子のU–Pb年代測定によりさらに対比の精度を高め，層序と年代の検証に役立つ報告もある．しかし，九州の古第三系は未だ年代の充分なデータは揃っていない．本報告では，西九州の古第三系基底部に着目し，過去に提唱された層序学的枠組みは見直す必要性があることを紹介する．

九州西部（熊本県西部，長崎県中南部，および鹿児島県北西部）では，古第三系基底部として赤色岩を伴う陸成層が広く分布し，長尾（1922, 1926: 共に地質雑）においては赤崎層，松下（1949: 九州大理研報）においては赤崎層群と呼ばれた．これら赤色岩を伴う陸成層には，多くの地域でその上位に中期始新世の軟体動物化石などを含む海成層が累重する．北は長崎県西海市寺島の赤崎層群呼子ノ瀬層，その南に長崎市高島炭田の赤崎層群香焼層，さらに南方は熊本県西部と鹿児島県北西部の天草地域に広がる弥勒層群赤崎層，最も南は薩摩川内市甑島列島の上甑島層群中甑層（井上ほか, 1979: 地調月報）が古第三系基底部の赤色岩を伴う陸成層である．熊本県の北方にはその延長となる赤崎層群銀水層や山ノ神層もあるが，天草下島には分布がない．これら陸成層は化石に乏しいが，弥勒層群赤崎層と中甑層は共にその上限付近に約50 Maの前期始新世後期の凝灰岩を挟在し（Miyake et al., 2016: Paleont. Res.; 宮田ほか, 2018: 日本地質学要旨），始新世の哺乳類化石の報告もある（Miyata et al., 2011: Vertebr. PalAsia.など）．最近，天草市御所浦町横浦島の赤崎層においては，その基底付近から大型の裂歯類化石の産出が報告され（宮田, 2022: 御所浦白亜館報），赤崎層の堆積年代の下限は前期始新世後期と見られる．山下ほか（2020: 日本地質学西日本要旨）は，中甑層の古地磁気データからその堆積年代を前期始新世の約50〜52 Maと推定した．だが，ほかの基底層は依然としてその年代が明確でないうえ，疑義のある事実も明らかになった．

最近，呼子ノ瀬層は上部白亜系であることが恐竜化石の産出と凝灰岩の年代測定（宮田ほか, 2022: 日本古生物学要旨）により明らかとなった．その上位の寺島層群寺島層と共に，呼子ノ瀬層からはそれまで化石の報告は無いが，白亜紀のハドロサウルス上科鳥脚類（恐竜）のデンタルバッテリーの一部（5 本の歯が並ぶ右歯骨歯）と，別個体の恐竜と考えられる大きな骨（椎体と骨盤）が呼子ノ瀬層から発見された．呼子ノ瀬層に挟在する酸性凝灰岩の最若クラスターの加重平均年代値は66.90 ±0.97 Maであり（宮田ほか, 2022: 同上），呼子ノ瀬層はマーストリヒト階最上部と考えられる．寺島層が上部白亜系かは明らかでない．すなわち，長崎半島西海岸の上部白亜系三ツ瀬層（カンパニアン）には関係しない白亜系（呼子ノ瀬層）が存在し，岩相上，上に述べた古第三系基底の赤色岩を伴う陸成層に似る．呼子ノ瀬層は高島炭田の赤崎層群香焼層と対比されてきた．香焼層の上限付近からは，中期始新世と考えられる浅海ないし汽水棲の軟体動物化石産出の既報があるが（Mizuno, 1964: Rep. Geol. Surv. Japan），下位の上部白亜系三ツ瀬層と香焼層の境界は岩相上の類似から不明とされ，香焼層からほかに古第三系として確証づける証拠は未だない．長崎市の岳路にある三ツ瀬層とされた堆積岩からは，約52Maの前期始新世を示唆する砕屑性ジルコン年代が報告されているが（長田ほか, 2014: 日本地質学要旨），これが関連するかは不明である．以上のように，長崎県の古第三系基底層は判然としないうえ，松下の提唱した赤崎層群は見直しと改定が必要となっている．

Keywords: Paleogene, Eocene, Maastrichtian, dinosaur, Kyushu, Akasaki Formation, Nakakoshiki Formation, Yobukonose Formation, Koyaki Formation, Mitsuse Formation

© 2022 Geological Society of Japan

Submarine slump deposits in the Arikawa formation in Nakadorijima of the Goto. islands, and its tectonic significance, Nagasaki Prefecture

*Kazuhiro KAWAHARA[1]

1. Kwassui High School

九州北西沖合の五島列島は、延長約100 kmの北東-南西に連なる主要な5つの島とその他の小島から構成されている。列島の主体を成すのは、中新世中～後期の非海成の五島層群とそれを不整合に覆う中通島層群、およびそれらと準同時に活動した火山岩、半深成岩類である。福江島と小値賀島には第四紀に活動した単成火山群が分布している。五島列島は日本海拡大時の回転のピボット軸の直ぐ北東に位置し、大陸地殻が割れ、背弧海盆が形成された初期のプロセスを記録していることが考えられる。しかし海岸は急崖が多く、アクセスできる露頭が限られることや年代測定データが限られていることなどから、日本海拡大時の五島列島のテクトニクスや火山活動に伴う堆積作用が充分に解明されているとは言い難い。
演者らは、中通島層群の築地部層の細粒砂岩層と岩瀬浦部層の流紋岩質火砕流堆積物の巨大地滑り岩塊および神ノ浦部層の泥岩が、乱雑に混在している露頭を発見し、それらを流紋岩質火砕流の噴火・運搬活動により海底地滑りが発生し、それぞれが混在したものと解釈した。中通島中央部の神ノ浦採石場の巨大地滑り堆積物の露頭の写真を、地質学会の写真コンテストに応募したところ、幸いに会長賞を頂くことができたが、一方で演者らの解釈に対し“その混在岩はメランジュではないのか？”という疑問が投げかけられた。そこで本発表では、乱雑な混在岩相の堆積物の特徴を報告し、メランジュではないと結論した根拠について議論する。またこのような火砕流堆積物が崩壊して形成された混在岩相のテクトニックな意義を議論する。
本露頭は海岸線にほぼ平行な東西方向約150ｍ、高さ約130ｍの南側に面した大露頭である。黒色の細粒砂岩層に白色の流紋岩質火砕流堆積物の不定形な地滑り岩塊が乱雑に堆積している。火砕流堆積物は嘴状、くの字状に地層面に沿って剥がれ、そこに黒色砂岩が注入している。また両層の不定形の岩塊が、複雑に入り混じっている部分もある。スランプ岩塊は定向配列しておらず、基質に相当する細粒砂岩や泥岩には鱗片状の劈開や小断層を欠き、堆積後に剪断変形を受けた小構造は認められない。
流紋岩質火砕流堆積物は直径10cm程度の岩片、50cmを越える軽石ブロックおよび鉱物粒子や火山灰より構成され、10cm程度の泥岩の侵食偽礫を含む。岩片は変質作用を受け、有色鉱物は緑簾石や緑泥石に置き換わっている。溶結構造はきわめて限られた地点にのみ見られる。
細粒砂岩層は黒色塊状で無層理である。多量の白色の鉱物粒子や軽石片、泥岩を含む。細粒砂岩層からはかつて少量ではあるが石炭を採掘し、海棲貝化石を産出したという報告がある（鎌田、1966）。局所的であるが、この細粒砂岩層には五島層群由来の円磨度の低い砂岩や砂岩泥岩互層の礫が含まれる。礫径は数10cm程度のものが多いが、10ｍｘ５ｍを越える巨大なブロック状のものもある。これらの礫も海底地滑りによって運搬されと考えられる。
広域の調査によると岩瀬浦部層の火砕流堆積物は、場所毎に下位の地層との層序関係が異なり、水平方向にも垂直方向にも岩相変化が著しいことが報告されている（川原他、1984）。下位の神ノ浦部層は泥岩を主体とし、海棲貝化石を産出し、その模式地では岩瀬浦部層の火砕流堆積物が整合的に堆積している。しかし、若松町男鹿島では神ノ浦部層を欠き、その下位の築地部層の砂質泥岩との境界は擾乱されている。このような地層の欠如や著しい岩相変化は、火砕流の堆積と準同時に発生した海底地滑りが原因である可能性が考えられる。
五島層群は非海成層であり、その直上の中通島層群有川層は基底礫岩と溶結した火砕流堆積物から成るが、神ノ浦部層は内湾性群集からなる海棲貝化石を産する厚い海成層から構成されている。恐らく大陸地殻に割れ目が発生して形成された地溝に海が侵入し、海成の神ノ浦層が堆積した時に、大規模な火山活動があり、岩瀬浦部層の火砕流堆積物が形成されたものと思われる。この火山活動に伴って巨大な海底地滑りが発生し、その結果3つの部層が崩壊、再堆積し混在岩が形成されたものと推定される。

引用文献

鎌田泰彦（1966）：五島列島若松島の地質，長崎大学学芸学部自然科学研究報告，17，55-64.

© 2022 Geological Society of Japan

川原和博・塚原俊一・田島俊彦・鴨川信行（1984）：五島列島中通島の後期中新世火成活動，地質学論集，no．24，77-91．

Keywords: Submarine slump deposit, pyroclastic flow deposit

© 2022 Geological Society of Japan

Diagenesis of the Neogine sedimentary rocks in the Akita region, examined by carbonate nodules

*Osamu NISHIKAWA[1], Kaoru Nagai, Daizo ISHIYAMA[2]

1. Mineral Industry Museum, Akita University, 2. Akita University

はじめに

秋田地域に広く分布する新第三系海成堆積岩類は，多くの炭酸塩ノジュールを含んでいる．炭酸塩ノジュールは，続成初期に極めて短期間で生成されると考えられている（Yoshida et al., 2015など）．また，細粒な炭酸塩粒子が硬く緻密な組織を形成するため，ノジュールの中では圧密や溶解沈殿反応が抑制されている (西川ほか, 2020）．このように，炭酸塩ノジュールは，堆積物の堆積後間もない時期の状態を保持しているため、組織や組成を母岩と比較することで，続成作用前後の堆積物の変化を定量的に議論することができる．著者らは，これまで秋田・庄内地域において，ノジュールを用いた堆積物の圧密量の見積もりや（西川, 2017），ノジュールを形成する鉱物相や酸素・炭素同位体組成，Sr同位体組成について報告してきた(安東ほか，2015；西川ほか，2018)．本研究では，秋田地域の新第三系に産する炭酸塩ノジュール及び同層準の母岩の粒径分布，粒子構成及び化学組成を調べ，岩相の違いに及ぼす堆積物の供給源の変化と続成作用の影響について検討した．

試料と方法

秋田地域の3か所（太平山南麓地区，岩城地区，矢島・鳥海地区）で，新第三系最下部から上部（権現山層・女川層・船川層・天徳寺層）の炭酸塩ノジュールおよび同層準の母岩を採取し，粒度，粒子構成，鉱物組成，全岩化学組成および有機炭素量を比較した． 固結度の低い母岩や希塩酸処理で炭酸塩が除去できるノジュールについては，構成粒子を単離した．分解が困難な固結した岩石については、薄片を作成した。

結果と考察

珪藻や放散虫殻などの生物源粒子は、続成過程で船川・天徳寺層で約40%～50%，権現山層や女川層では80%以上が溶解している．全岩化学組成の変化は続成前後でほとんど認められないことから，溶解した物質はほとんど移動せず再沈殿していると考えられる．女川層と船川層の境界を挟んで、Al_2O_3が増加傾向を示す．粒子構成では秋田堆積盆北中部の太平山南麓では、火山ガラスの量が激増する一方、西部の岩城地区では大きな変化は認められない。秋田地域では，8.5Maを境に火成活動が活発化し、横手盆地北縁部では，安山岩質～デイサイト質のテフラが大量に噴出した（周藤, 2009など）．女川層硬質泥岩から船川層塊状暗灰色泥岩への岩相変化は従来指摘されていた後背地の隆起による砕屑物の増加だけで無く，火山活動の活発化による火山砕屑物の増加も大きく寄与していると考えられる． 有機炭素量は，西部の岩城地区の女川層で非常に高い値を示す．また，全域で炭酸塩ノジュールは母岩に比べて有機炭素を多量に含んでいる．このことから，炭酸塩ノジュールの有機炭素はほとんど移動しておらず，続成前の堆積物に含まれる有機炭素量が保持されていると考えられる．

文献：

安東大輝ほか, 2015. 日本地質学会学術大会（長野）講演要旨．122.

西川　治, 2017. 日本地質学会学術大会（松山）講演要旨．124.

西川　治ほか, 2018. 日本地質学会学術大会（札幌）講演要旨．125.

西川　治ほか, 2020. 地質学雑誌，126，53-69.

周藤賢治，2009. 東北日本弧ー日本海の拡大とマグマの生成ー, 252p.

Yoshida, H., et al.,2015. Sci. Rep., 5, 14123.

Keywords: Neogene, carbonate nodule, dagenesis

© 2022 Geological Society of Japan

A tidal to fluvial transition between the Miocene Obogon and Irrawaddy formations in the Tebingan area, central Myanmar

*Nao Kusuhashi[1], Zin Maung Maung Thein[2], Thaung Htike[3], Ye Ko Ko Latt[4], Man Thit Nyein[4], Kana Narita[1], Masanaru Takai[5]

1. Ehime University, 2. University of Mandalay, 3. University of Magway, 4. Ministry of Religious Affairs and Culture, 5. Kyoto University

ミャンマー中央部に南北に長く広がる中央 “第三系” 帯は北からチンドウィン盆地，ミンブー盆地，イラワジ・デルタに区分される (高井ほか, 2018)．このうち中部に位置するミンブー盆地には漸新–中新統ペグー層群と中新–鮮新統イラワジ層が広く露出する (Naing Maw Than et al., 2017)．ペグー層群は主として海成層からなり，ミンブー盆地においては下位よりピャウウェ層，チャウコック層，オボゴン層から構成される．その上位のイラワジ層は河川成層からなり，これまでペグー層群を不整合で覆うと考えられてきた．本研究では，ミンブー盆地南部，マグウェ南東のテビンガン地域において，エーヤワディ川の支流であるミェビャ川，クンオン川，マジガン川，タブッチョー川沿いに地質調査をおこない，オボゴン層とイラワジ層との関係について検討した．

調査は4つの川の中下流部から上流部に露出するオボゴン層上部からイラワジ層下部についておこなった．この地域の岩相は大きく8つに分類できる: すなわち，(1) 生物擾乱の発達するheterolithic層; (2) しばしば周囲の一般的な層理と斜交し，生物擾乱のほとんど見られないheterolithic層; (3) マッド・ドレイプを伴う斜交層理砂岩層; (4) マッド・ドレイプの見られない斜交層理砂岩層; (5) 平行に成層した細粒砂岩層; (6) 平行に成層したシルト～極細粒砂岩層; (7) 中礫岩層; (8) マッド・クラスト礫岩である．このうち (1) は調査セクションの下部にのみ見られ，しばしば二枚貝類・腹足類・フジツボ類・サメ類の歯などの化石を産する．(1)・(2)・(3) は一方向あるいは二方向の古流向を示す (大局的に西～南西向きと東～北東向き)．(4) は (1)・(2)・(3) よりもやや粗粒で，古流向は一般に南～南西向きの一方向である．調査セクションの下部には (1)・(3) の岩相が卓越し，この層準は岩相から考えてオボゴン層である．その上位では (1) は見られなくなり，代わりに (2) がしばしば挟まれるようになる．下部からの変化は漸移的で，岩相上も構造上も不連続は見られない．セクション最上部では (1)・(2)・(3)・(6) は見られなくなり，(4) が卓越するようになる．最上部への変化もやはり漸移的である．最上部の層準はその岩相からイラワジ層であると考えられる．つまり，この地域のオボゴン層とイラワジ層との間に明瞭な不整合はなく，両者は中間的な岩相を示す漸移帯を挟んで連続的に堆積している．

岩相の組み合わせから，オボゴン層上部は潮汐低地・潮汐流路堆積物を主体とすると考えられる (Warr Warr Thidar Swam et al., 2019)．オボゴン層–イラワジ層漸移帯は生物擾乱が弱いこと，海棲生物化石を産しないこと，inclined heterolithic stratificationを伴うことなどから，tidal–fluvial transition zoneの堆積物であると解釈できる (Van den Berg et al., 2007)．イラワジ層は河川成層であろう．したがって，この地域のオボゴン層上部からイラワジ層下部は，潮汐低地から，潮汐の影響を受ける河川，そして河川へという海退に伴う一連の堆積環境の変化を記録していると考えらえる．調査地域北西方のインゼイ地域にもオボゴン層–イラワジ層漸移帯と思われる岩相が見られるため，ミンブー盆地南部においては広くオボゴン層からイラワジ層への漸移が見られるのかもしれない．

引用文献

Maw Than et al. (2017) *Myanmar: Geology, Resources and Tectonics*, 143–167; 高井ほか (2018) 化石, **103**, 5–20; Van den Berg et al. (2007) *Neth. J. Geosci.*, **86**, 287–306; Warr Warr Thidar Swam et al. (2019) *Proc. 3rd Myanmar Natl. Conf. Earth Sci.*, 421–434.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Miocene, Obogon Formation, Irrawaddy Formation, tidal–fluvial transition, Myanmar

© 2022 Geological Society of Japan

Session Oral | T8. [Topic Session] Culture geology

[2oral520-25] T8. [Topic Session] Culture geology

Chiar:Masami INOMATA, Yoshihiro Morino

Mon. Sep 5, 2022 4:00 PM - 5:30 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T8-O-8] Consideration for origin of building stones in a stone-wall of the Kami-no-hashi Gateway of Fukuoka Castle, focused on petrography and mineral compositions of mafic igneous rocks in them.

*Tomoharu MIYAMOTO[1], Mio IFUKU[1], Kazuhiko SHIMADA[1] （1. Kyushu University）

4:00 PM - 4:15 PM

[T8-O-9] Ainu oral traditions concerning tsunami in Shiraoi, Hokkaido: An approach toward the interpretation of 17th century large tsunamis

*Wonji Shin[1], Tomoe Yahata[1] （1. National Ainu Museum）

4:15 PM - 4:30 PM

[T8-O-10] Cultural Geology and Geoscience Education

*Ken-ichiro Hisada[1] （1. Bunkyo University）

4:30 PM - 4:45 PM

[T8-O-11] Earth science education utilizing designated natural monuments

*Masaya SAKAMOTO[1] （1. Kyushu Lutheran college）

4:45 PM - 5:00 PM

[T8-O-12] Identification of rocks in a rock garden for the purpose of utilization : A case study of an elementary school in Edogawa-ku, Tokyo

*Hiroaki Ishibashi[1], Yukiko Ohtomo[2] （1. None, 2. Yamagata University）

5:00 PM - 5:15 PM

[T8-O-13] Making the Model of Occurrence of Interplate Earthquakes and its Significance

*Naoko KOIZUMI[1], Shigetomi MATSUNO[1] （1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History）

5:15 PM - 5:30 PM

©The Geological Society of Japan

Consideration for origin of building stones in a stone-wall of the Kami-no-hashi Gateway of Fukuoka Castle, focused on petrography and mineral compositions of mafic igneous rocks in them.

*Tomoharu MIYAMOTO[1], Mio IFUKU[1], Kazuhiko SHIMADA[1]

1. Kyushu University

城郭建築物において資材の供給場所を判定することは、築城履歴の詳細のみならず当時の物流そして政治的背景を解明する基礎資料となる。福岡城石垣では、石材として博多湾周辺にて採取される火成岩や変成岩、堆積岩が多用されている。福岡城上之橋御門普請に際しては、石材の特徴から志賀島花崗閃緑岩が多用されており、それらが分布する糸島半島宮浦から博多湾口の志賀島を主な石材供給地とし、その周辺から石材が調達されたと推定された。特に、その構成鉱物の組成的特徴から志賀島西岸に産する志賀島花崗閃緑岩を起源とする可能性が高いと考えられる（宮本ほか, 2016）。しかし、志賀島周辺のみならずその周辺（玄界島・能古島・今山、および福岡城・名島城周辺の転石）から随時石材が調達された可能性も残る（例えば、唐木田, 1997）。

福岡城上之橋御門では、粗粒の苦鉄質深成岩が花崗閃緑岩に次いで使用されている。それらには数mm大の暗緑色の普通角閃石自形結晶が特徴的に肉眼で観察できる。角閃石は内側が褐色・外側が緑色～淡緑色を示す累帯構造を伴うことがある。若干の組織的相違は有るものの、概ね普通角閃石の周囲を斜長石や石英、そして少量の微斜長石が隙間を埋めるように産する。その他、細粒の黒雲母やスフェーン、燐灰石を少量伴う。細粒粒状の単斜輝石を伴う試料も若干存在し、角閃石・黒雲母の末端が緑泥石に置換することも有る。そのような苦鉄質深成岩は志賀島花崗閃緑岩に隣接して産する志賀島塩基性岩（唐木田, 1967）に類似する。志賀島塩基性岩は規模の大小に差異があるが、志賀島では主に北東部の黒瀬、南東部の二見岩南部、北西部の大崎、南西部の南ノ浦岬に、糸島半島では東部の海岸に沿って分布する。粒径は様々だが、いずれの場所でも粗粒な塩基性岩では肉眼で数mm大の暗緑色の普通角閃石自形結晶が特徴的に観察できる。黒瀬に産する塩基性深成岩については柚原・宇藤（2007）やTiepolo *et al.* (2012)が詳細に記載しており、その成因について考察している。

それらの露岩の中から福岡城上之橋御門石垣に使用されていた苦鉄質深成岩類の産地をより詳細に推定するため、特徴的な構成鉱物の組成を求めた。その結果、斜長石は主に20～36 %のAn成分を有する灰曹長石～中性長石だが、曹灰長石（An = 62%）に達する部分を有する累帯構造を示す結晶も存在した。少量含まれる微斜長石はOr成分が9割を占め、An成分は微量だった。主要有色鉱物である角閃石は累帯構造を有することを反映して概ね#Mg (= $Mg/(Mg+Fe_{Total})$)$_{Hbl}$ = 0.51～0.83、TiO_2 = 0.1～3.2 wt.%の組成幅を有し、石材によってその組成幅に若干のずれが有ったものの、概ね中央部の褐色部分がより#Mg値は低くTi含有量は高かった。一方、黒雲母は概ね#Mg_{Bt} = 0.55～0.73、TiO_2 = 1.3～3.5 wt.%の組成を有した。これらの組成幅は、志賀島塩基性岩の中で、比較的粗粒な普通角閃石自形結晶を含む塩基性岩を構成するこれら鉱物の組成と共通する。苦鉄質深成岩の全岩化学組成もやはり志賀島塩基性岩に類似する（宮本ほか, 2016）。その上で，例えばFe/Mg比について，上之橋御門に使用されている苦鉄質岩の組成は，志賀島に産する主要な志賀島塩基性岩が示す組成とはわずかに外れ，糸島半島に産する志賀島塩基性岩の組成域にやや類似する傾向がある。また，糸島半島に産する志賀島塩基性岩にわずかに近い組成を示す微量元素もある。したがって，現存する矢穴跡の残る岩石や周辺の痕跡，組成的特徴を併せて考えると，福岡城上之橋御門にて使用されている苦鉄質深成岩石材の起源は，博多湾西部の糸島半島の唐泊崎や宮浦周辺の可能性が高い。

参考文献：唐木田芳文（1967）：西南学院大学文理論集, 8(1), 27-74．唐木田芳文（1997）：福岡市教育委員会, p10-14．宮本知治ほか（2016）：号外地球, 66, 21-29．宮本知治ほか（2021）：九大理研報, 24, 1-17．Tiepolo, M. *et al.* (2012): Journal of Petrology, 35, 6, 1255-1285. 柚原雅樹・宇藤千恵（2007）：地質学雑誌, 113, 519-531.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Shikanoshima basic rocks, Hornblende, Whole rock compositions

© 2022 Geological Society of Japan

Ainu oral traditions concerning tsunami in Shiraoi, Hokkaido: An approach toward the interpretation of 17th century large tsunamis

*Wonji Shin[1], Tomoe Yahata[1]

1. National Ainu Museum

【はじめに】 北海道を来襲した直近の巨大津波は17世紀のものと考えられており，太平洋沿岸および内浦湾沿岸において津波堆積物が広い範囲で確認されている．17世紀の巨大津波は，道東海岸のいわゆる“500年間隔地震”による津波，1640年北海道駒ヶ岳の山体崩壊起源津波，胆振地方中東部海岸の波源不明の津波の3つでまとめられる（高清水，2013）．その中で，胆振地方の白老町からむかわ町に至る海岸においては，津波堆積物の存在が認められているが，その波源については未だに解明されていなく，上記にまとめられた500年周期のプレート境界型地震，1640年北海道駒ヶ岳噴火に伴う山体崩壊の他，1611年慶長三陸地震などが候補として挙げられている（高清水ほか，2007）．

【白老周辺における17世紀の津波堆積物】 白老町においては，東部の社台地区で津波堆積物の存在が報告されており（Nishimura & Miyaji 1995），苫小牧市の東部からむかわ町まで至る海岸線に沿って，約20 kmにわたる範囲で津波堆積物が認められている（高清水ほか，2007）．これら胆振地方中東部海岸の津波堆積物は，1663年の有珠bテフラ（Us-b）と10世紀の白頭山苫小牧テフラ（B-tm）との間の泥炭層中に介在する砂層として特徴づけられ，Us-bの直下に厚さ数mmの腐植層を介して堆積している（中西ほか，2014など）．

【白老における津波に関するアイヌ民族の口承】 白老アイヌは，1620年にイペニックルが日高より少数の部下を率いてウトカンベツ川付近に集落をつくったことから始まると言い伝えられている（白老町町史編さん委員会，1992）．白老アイヌの口承の中には津波に関する内容が確認できる．1910～1940年代にかけて満岡伸一氏が白老アイヌの風習を聞き取りした内容によると，津波は海の悪神のルルプルケクル〔潮を湧かす者〕，別名アトゥイコロエカシ〔海の主翁〕が人間世界に危害を加えるための悪戯であるとされている．この悪神が津波を起こそうとするときは，大きな口を開けて海水を一時に飲み，しばらくして，またそれを一時に吐き出し，陸地に侵す大津波となると言い伝えられている．また，近く津波があることが予知されると，全集落の者が集まり津波除けの儀礼を行うという（満岡，2003）．1970年代に岡田路明氏が実施した聞き取り調査では，大正生まれの女性の口承で，津波が起こったときの避難場所が白老周辺に4ヶ所あったとされている（シンほか，2022）．その中で，大きい規模の津波が予想されるときに避難する「キラウシ」と呼ばれる樽前川沿いの高台があり，地名の「キラ」はアイヌ語で「逃げる」，「ウシ」は「いつも…する所」の意味である．また，白老コタン〔村〕の起源についてはいくつかの伝承が存在し，各伝承の内容に違いはあるが，共通して大津波による集落全滅の内容が含まれている．その中では，大津波の後生き残った者（シシラオイウンクル）と，日高地方からウトカンベツ川付近に移住してきた者（ウトカンペトゥンクル）など，白老アイヌの三つの家系について具体的な内容を含んでいる伝承もある（北海道ウタリ協会白老支部，1998）．

【おわりに】 17世紀胆振地方中東部海岸における巨大津波の波源の候補として，1611年慶長三陸地震と1640年北海道駒ヶ岳噴火などが挙げられている．波源については，津波堆積物や歴史記録から研究が進んでいるが，本発表ではアイヌ民族の口承からアプローチした．白老アイヌの口承からは，津波という自然現象に対する認識を含め，避難場所のような防災の観点も読み取ることができる．白老コタンの起源に関するいくつか口承においては，共通して巨大津波による集落全滅の内容が含まれており，津波の生存者とその後の移住者に関する具体的な情報を提示する伝承もある．それによると，津波の後，日高地方からウトカンベツ川に移住したのは1620年のことであり，17世紀に白老周辺を襲った巨大津波の波源は1611年の慶長三陸地震である可能性が高い．

＜引用文献＞ 白老町町史編さん委員会（1992）『新白老町史 上巻』白老町，478p．シンほか（2022）国立アイヌ民族博物館研究紀要，1，印刷中．高清水康博（2013）地質学雑誌，119，599-612. 高清水康博ほか（2007）第四紀研究，46，119-130．中西諒ほか（2014）地学団体研究会専報，60，169-178．Nishimura & Miyaji（1995）Tsunamis: 1992–1994，719-733．北海道ウタリ協会白老支部（1998）『白老支部の50年－白老支部設立50周年記念誌－』社団法人北海道ウタリ協会白老支

© 2022 Geological Society of Japan

部，32p．満岡伸一（2003）『アイヌの足跡』財団法人アイヌ民族博物館，240,66p.

Keywords: Ainu, tsunami, Hokkaido, oral tradition

© 2022 Geological Society of Japan

Cultural Geology and Geoscience Education

*Ken-ichiro Hisada[1]

1. Bunkyo University

文化地質学とは人々の営みの結果である文化や文明が，地質とどのように関わってきたかを研究するきわめて人間的な学問分野である（鈴木，2016）とされてきた．すなわち，文化地質学は，人々が生み出してきた文化や文明に対して地質がどのような影響を与えてきたのかということを解明する研究分野と見なせる．筆者もそのような立場で，20～10万年前に東アフリカで誕生したホモ・サピエンスが世界拡散する過程で，ユーラシア大陸に初めて立ち入った際に，イラン・ザグロス山脈の地質から古代人がどのような恩恵を受けたのかを論じた(久田編，2018；Hisada， 2017)．その結果，人類が地球上に誕生して以来，自然の一部である地質と強い関わりを持ち，その中に文化や文明が生まれるのは至極当然の事であると結論付けた． それでは，そのような文化地質学は学校教育現場ではどのように扱われているのだろうか．筆者は，戦後誕生した理科の科目「地学」を高等学校学習指導要領の特徴と変遷の観点で調査を行った．「地学」に合わせて科目「総合的な理科」（昭和45年度学習指導要領で発足）も対象とし，後者の変遷については久田ほか（2019）によって論じた．ここでは「地学」についてのみ扱う．「地学」は，昭和23年の高等学校学習指導要綱（試案）の刊行以来，大きく改訂されたのはS31（昭和31年度改訂を意味する;以降同様），S35，S45，S53，H01，H11，H21，H30の8回である．これらの改訂の経緯・趣旨や要点などについてそれぞれの学習指導要領を調べ，文化地質学的な内容の抽出を試みた．併せて入手および閲覧可能な高等学校教科書についても概査した．その結果，H01の学習指導要領に基づく「地学ＩA」に最も強く文化地質学的な内容が含まれていることが分かった． 久田ほか（2019）では，S45以降における高等学校学習指導要領解説における「総合的な理科」の変遷について議論した際に，6 回の改訂で「総合的な理科」は，「寄せ集め段階（S45，S53）」，「多様段階（H01，H11）」，「収束段階（H21，H30）」といえる区分が可能であることを指摘した．「寄せ集め段階」とは，物化生地からそれぞれの基本的事項を集めたに過ぎない．ほとんど脈絡なく基礎事項が抽出された．「多様段階」では，生徒個性重視が謳われ，選択的志向が重視された．「収束段階」では，日進月歩の科学技術と人間生活の関わりの理解が必須であるとされ，従来の考え方から一変し，「科学と人間生活」という新科目に収束された． ここでとくに注目されるのは「多様段階」になるH01では，久田ほか（2019）は，学習指導要領における改訂の要件として， ①選択科目を一層増やすものとすること ②理科は日常生活から遊離したものという印象を与え，**理科離れ**という問題から，日用生活とのかかわりや科学技術の応用にかかわる側面の重視　③探究活動の重視にまとめた．この改訂の要件に対応して，東京書籍の教科書「地学の世界ＩA」（海野ほか，1998）が出版された．その目次は以下のようになっている．「宇宙の中の人間」，「身の回りの地学」，「資源と人間生活」，「地球の活動」，「地球と人間」となっており，「身の回りの地学」は自然の風景・建造物と岩石・身近な鉱物の3章立てとなっている．「身の回りの地学」が文化地質学の理念に近いといえる．しかしながら，「身の回りの地学」はその次のH11の改訂で，残念ながら，**ゆとりのある教育活動**が謳われた結果削除された． また，すべての生徒が履修すべき科目「総合的な理科」は，S45 以降，「人間と自然のかかわり」が重要視されてきたが，改訂を重ねるごとに探究学習の場となり，さらには近年猛威をふるう自然災害に関する学習を扱う内容となった．このように文化地質学の萌芽的学習スタイルである「身の回りの地学」は，理科離れの対応策として生まれたものの，**ゆとりある教育活動**からの転換，探究学習や防災教育の必要性などを理由に，その比率は減少してきたといえる．

【文献】 Hisada， K.， (2017) Geology Based Culture? In Tsuneki， A. et al. eds Ancient West Asian Civilization. 15-38 Springer. 久田健一郎編（2018）アフリカを脱出した人類最初の奇跡　愛智出版　159pp. 久田健一郎ほか（2019）日本地学教育学会第73回全国大会秋田大会講演予稿集　108－109. 鈴木寿志（2016）文化地質学　号外地球12－20.　海野和三郎ほか（1998）地学の世界［ＩA］東京書籍167pp.

Keywords: Earth science around us, Away from science, Comfortable education, Course of Study, Cultural Geology

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan

Earth science education utilizing designated natural monuments

*Masaya SAKAMOTO[1]

1. Kyushu Lutheran college

地学に関する多様な文化財（主に天然記念物・名勝）は，その地域における固有・希少なものである場合が多く，これまでその保全管理については，主に文化庁，都道府県及び市町村教育委員会等の行政や関連する保存団体等が，それぞれの文化財の保全管理計画等を策定した上で継続的に執り行っている．今回の文化財保護法の改正（文化庁：2018）に基づき，文化庁（2019）は，「文化財保護法に基づく文化財保存活用大綱・文化財保存活用地域計画・保存活用計画の策定等に関する指針」を策定し，社会状況変化（過疎化，少子高齢化，自然災害等）を背景として，地域に存在する貴重な文化財の滅失・散逸等の防止をするため，未指定を含めた有形・無形の文化財をまちづくりに活かしつつ，文化財継承の担い手を確保し，地域社会総がかりで取り組んでいくことのできる体制づくりを整備することとした．しかしここでは文化財の学校等での教育的活用法に係る具体的指針及び施策がほとんど見られない．地質学的要素を持つ多くの文化財は，自然に親しみ，そのうえで自然の秩序や規則性に気付き，自然を愛する心情を育てるとともに，生命や環境を理解・尊重する態度を養い，自然環境と人間の共生を思考する力や態度を育成する側面を持たせることができる可能性を持つため，この点に関する研究が必要である．学習指導要領解説理科編（文部科学省：2018a，2018b）は，小学校教育の中で教科理科を実施する際，その内容を「地域性を生かし，地域の特徴的な動植物を取り上げることを通して，身近な自然に愛着をもつようにする」としている．また「地域教材を扱う理科の学習では，できるだけ地域の自然と触れ合える野外での学習活動を取り入れるとともに，遠足や野外体験教室，臨海学校などの自然に触れ合う体験活動を積極的に活用することが重要である」としている．これは児童の身近に存在している多様な自然を教材として小学校理科教育に活用することにより，そこから自然の秩序や規則性に気付き，自然を愛する心情を育てるとともに，生命や環境を理解・尊重する態度を養い，自然環境と人間の共生を思考する力や態度を育成することが効果的にできるためである．こうした点から義務教育（小・中学校）における学習指導要領の内容と，国及び県，市町村によって指定された天然記念物が内包している教育的価値には，整合する部分が多い．また様々な地域へ赴任することになる教師にとって，地域の野外観察活動を計画する際，有効と思われる教材の位置やその学術的価値は把握しづらいものだが，教育委員会が所管する場合が多い指定天然記念物は，その地域固有の特色を持ち，研究者等によって学術的価値づけも十分になされていることから，教材としての情報も得やすく，学校の教育現場においては教材としての運用がしやすい．さらに指定文化財は，文化財保護法を根拠に，今後も行政によって永続的にその保存・活用がなされるため，学校教育において教材として継続的に使用しやすい利点がある．つまり学校付近の野外において理科の観察活動等を実施する必要があると考える教師が多い反面，場所や教材の選定等が小・中学校教員には課題となっているが，指定文化財を教材化することができれば，こうした課題解決の一助となる可能性がある（坂本：2022）．本研究では，指定天然記念物を学校教育で用いる教材として活用する方法について検討し，数万点存在する指定文化財を，今後学校教育の中でどのように活用していくかを考察した．しかし指定天然記念物は希少でその地域固有のものであるため，その取扱いについては万全を期す必要がある．それゆえ十分な準備と教育委員会等の関係者等との綿密な協議をすることによって効果的な野外観察活動が期待できる．

［参考文献］文化庁（2018）：文化財保護法及び地方教育行政の組織及び運営に関する法律の一部を改正する法律等について．https://www.bunka.go.jp/seisaku/　文化庁（2019）：文化財保護法に基づく文化財保存活用大綱・文化財保存活用地域計画・保存活用計画の策定等に関する指針．12p．https://www.bunka.go.jp/　文部科学省（2018a）：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編．167p．東洋出版社，東京．　文部科学省（2018b）：中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編．183p.学校図書株式会社，東京．坂本昌弥（2022）：指定天然記念物を教材とする理科教育の展開．～地域に存在する教育資源の活用～．心理・教育・福祉研究，21，pp.43-52.

© 2022 Geological Society of Japan

Keywords: Natural monument, Local teaching materials, Fieldwork, Teaching material development, Earth science education

© 2022 Geological Society of Japan

Identification of rocks in a rock garden for the purpose of utilization : A case study of an elementary school in Edogawa-ku, Tokyo

*Hiroaki Ishibashi[1], Yukiko Ohtomo[2]

1. None, 2. Yamagata University

東京都江戸川区の旧 江戸川区立上一色小学校（現 東京シューレ江戸川小学校）には，1970年に寄贈された岩石園が現存する．今般，現校長より，理科教育への利用と，児童が岩石を身近に捉える機会の創出として活用できる形に整えたいとの要望があり，石橋弘明が関わることになった．
旧 江戸川区立上一色小学校の敷地内には，幅およそ3.5m，奥行きおよそ2mの玄関側に傾斜した砂利上に，37個（うち3つは植込み内に落下）の直径30cm前後の岩塊と18個の岩石名を記した立て札が現存する（図1）．活用に向けた作業の前提として，岩塊の岩種の同定が必要になるため，石橋弘明と大友幸子が同定作業を行なった．
1-A，1-Bとした円礫は玄武岩であり，立て札の「げんぶ岩」と一致した．2-A，2-B，2-Cとした亜角礫は玄武岩であり，2-Bは溶岩で立て札の「げんぶ岩（よう岩）」と一致するが，2-Aと2-Cは火山弾で一致しなかった．3-A，3-Bとした亜角礫は安山岩であり，立て札の「あんざん岩」と一致した．4とした角礫は石灰岩であり，立て札の「せっかい岩」と一致した．5とした角礫は結晶質石灰岩（大理石）であり，立て札の「だいり岩」と誤植を除けば一致した．6-A，6-Bとした角礫は泥岩であり，立て札の「きぬうんもへん岩」と一致しなかった．7とした亜円礫は砂岩であり，立て札の「チャート」と一致しなかった．8とした亜円礫はチャートであり，立て札の「へんま岩」と一致しなかった．9-A、9-Bとした円礫は，9-Aがトーナル岩で，9-Bが花崗岩であり，立て札の「貝化石」と一致しなかった．10-A，10-B，10-Cとした亜角礫は花崗岩（粗粒角閃石黒雲母花崗岩）であり，立て札の「かこう岩」と一致した．11とした円礫は礫岩であり，立て札の「れき岩」と一致した。12とした亜角礫は砂岩であり、立て札の「さ岩」と一致した．13とした亜円礫は砂岩であり，立て札の「ぎょうかい岩」と一致しなかった．14-A，14-Bとした角礫は蛇紋岩であり，立て札の「じゃもん岩」と一致した．15とした割れた円礫は粘板岩であり，立て札の「ねんばん岩」と一致した．16とした亜円礫は砂岩であるが，立て札の「こうさ岩」＝硬砂岩と一致しなかった．17とした亜円礫は細粒の砂岩であり，立て札の「でい岩」と一致しなかった．18とした角礫は泥質部分を挟む石英片岩であり，立て札の「せきえいりょくでいへん岩」と名称上一致しなかった．19とした立て札のない角礫は絹雲母片岩であった．20とした立て札のない円礫は安山岩であった．21とした立て札のない角礫は紅簾石片岩であった．22とした立て札のない亜角礫は安山岩もしくは玄武岩であった．23とした立て札のない角礫は流紋岩であった．24とした立て札のない亜角礫は二枚貝の化石を含む砂岩であった．その他，片岩２つ，スカルンが観察できる花崗岩１つ，植込みの土留め石とみられるチャート１つが確認された．
18個の立て札のうち，11個については，全部ないし一部が，また表記方法を修正すれば最も近くにある岩塊の岩種と一致した．立て札の「きぬうんもへん岩」，「チャート」，「貝化石」，「でい岩」の4個については最も近くにある岩塊の岩種とは一致しなかったが，岩石園内の他の岩塊に岩種が一致するものがあった．「へんま岩」，「ぎょうかい岩」、「こうさ岩」については岩石園内に一致する岩塊がなかった．また21とした紅簾石片岩，23とした流紋岩については岩塊がありながら立て札がない状態にあった．
これらの状況は、年数が経ったことによる移動とともに，創設当初から，一部標本に立て札との不一致が存在したことを意味する．ただしこの不一致は，河原石とおぼしき円礫・亜円礫が多いこと，通常の岩石標本の配列とは異なることから，大友,2021の山形市の事例にみられるような，近隣の河原などから学校総体で採取して岩石園をつくるという地域教育や採集過程における教育効果を重視する手法がとられたことを示唆する．
当該岩石園を理科教育や児童が岩石を身近に捉える機会に活用するためには，岩石標本と立て札が一致することが必要である．岩石標本の移動は最低限にとどめ，本調査で判明した岩種に即して制作した立て札を岩石標本に一致させて配置するという手法で対応していく所存である．

引用文献

© 2022 Geological Society of Japan

大友幸子(2021)，「山形市内の小中学校の岩石園とその岩石試料ー山形市立第三,第四,第五小学校および鈴川小学校と山形大学付属中学校の岩石園の比較ー」．山形大学紀要（教育科学），第17巻，第4号，133-145.

Keywords: Rock garden, Rock teaching materials, Culture Geology

© 2022 Geological Society of Japan

Making the Model of Occurrence of Interplate Earthquakes and its Significance

*Naoko KOIZUMI[1], Shigetomi MATSUNO[1]

1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History

模型開発の目的と経緯 和歌山県立自然博物館では2019年７月から８月にかけて第37回特別展「われる！ゆれる！地震のひみつ」を開催した．本特別展は「災害としての地震」としての側面よりも，「自然現象としての地震」に焦点を置いた展示会を目指したものである．断層の剥ぎ取り標本や液状化実験など，屋内での展示であっても地震発生による現象を視覚的に捉えられるような展示に重点をおいた．この特別展において目玉展示のひとつとしたものが，プレート境界地震の発生を再現した可動式模型である． 近年，コンピューターグラフィックス（CG）等で再現したプレート境界地震の発生モデルの動画は，メディアなどでもよく目にするものとなっている．しかし，CGを用いた再現は２次元的な知覚に止まらざるを得ず，地震の発生を３次元的な物理現象として捉えにくいという側面がある．そこで，シンプルでありながらもプレート境界での地震発生のメカニズムを複合的に再現する模型を作成し，来場者に地震の発生という「現象」を実感してもらうことを目的に模型の開発を行った．

模型の開発 模型の作成は，ホームセンターなどで手に入る素材に限り，各パーツの切断や成形，組み立てまでの全ての工程を博物館職員のみで行った．模型本体の枠は木の板で作製し，大陸プレートはプラスチックボードで作製した．大陸プレートは海洋プレートの沈み込み時に海溝と反対側に張り出すように形状をL字状に加工し，圧縮によるひずみの蓄積を視覚的に捉えられるようにした。また、圧縮時に上方に撓む程度にボードの厚みを調整することで，プレート上の引張場を再現した．海洋プレートには障子紙を使い，ベルトコンベア様で稼働させることによってプレートの沈み込みとその繰り返しを再現した．両プレートにはマジックテープを貼付してアスペリティとし，不規則な地震発生間隔や規模の違い、前震や余震などを表現した．また，大陸プレートの「陸上」に相当する部分には建物の模型を設置し，小学生など年少の来館者にも地震による揺れをイメージしやすいようにするなどの工夫も行った．

「われる！ゆれる！地震のひみつ」での模型展示 作製した地震模型は，和歌山県立自然博物館の特別展会場において，約１ヶ月半の間，展示を行った．期間中はより来場者の理解が深まるように担当者（演者）による解説を行い，会場では感想，意見を収集した．期間中来場者は２万５千人を超え，本特別展を通して地震という現象への興味・関心を高め，理解が深まったなどの意見が寄せられた．

「手作り」の地震模型作製の意義 プレート境界地震の再現模型はすでに様々な教材が作成されているが，手作りものに限れば，素材や費用、設置場所の問題もあり，プレートの動きやひずみの蓄積などの再現に止まっていることが多かった。今回，複合的な地震発生メカニズムの再現模型の作成を手作りで可能としたことにより，地震をテーマとする地学教育の発展に役立てることができると期待される．本模型は2019年の特別展終了後にも，大阪市立自然史博物館で開催された「大阪アンダーグラウンド　–掘ってわかった大地のひみつ–」でも展示を行い，また，高槻市立自然博物館（あくあぴあ芥川）の常設展示ではこの模型を元に作成された模型の展示が行われている．今後は小型化，手動化などを目標に開発・改良を続け，博物館だけでなく，より身近な現場，特に学校現場での教育普及に有効な教材の開発につなげていきたい．

Keywords: Interplate Earthquake, Museum

© 2022 Geological Society of Japan

© 2022 Geological Society of Japan