

Sun. Sep 4, 2022

oral room 2

Session Oral | T4. [Topic Session] History of the Earth

[1oral101-10] T4. [Topic Session] History of the Earth

Chair: Yuki Tomimatsu, Honami Sato, Shun Muto

9:00 AM - 12:00 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[T4-O-1] Quantitative estimate of sulfate and trace metal ion contents of paleoseawater from in-situ analyses of sulfur isotopes and trace metal elements of sulfide minerals: Application to the Ediacaran seawater

*Tsuyoshi KOMIYA¹, Kota NAMBA¹, Yusuke SAWAKI¹, Takafumi HIRATA², Takayuki USHIKUBO³, Kenji SHIMIZU³ (1. The University of Tokyo, Komaba, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

9:00 AM - 9:15 AM

[T4-O-2] Reconstruction of the depositional environment of Stromatolites from Tumbiana Formation (2.7Ga), Western Australia, and its implication for late Archean phosphate levels in surface seawater.

*Ryosuke NAGAO¹, Satoshi YOSHIDA², Yusuke SAWAKI², Takeshi OHNO³, Yuichiro UENO⁴, Tsuyoshi KOMIYA^{2,1} (1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 3. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology)

9:15 AM - 9:30 AM

[T4-O-3] Chemotaxonomic studies on acritarchs in sedimentary rocks of the Mesoproterozoic Qaanaaq Formation in northwestern Greenland.

*Takuto Ando¹, Yuki Hara², Yoshikazu Sampei³, Ken Sawada² (1. Estuary Research Center, Shimane University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University)

9:30 AM - 9:45 AM

[T4-O-4] The Carboniferous–Permian boundary in pelagic deep-sea strata in the Jurassic accretionary

complex of Northeast Japan

*Shun David Muto¹, Satoshi Takahashi², Masafumi Murayama^{3,4} (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 3. Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University)

9:45 AM - 10:00 AM

[T4-O-5] (Invited) Reconstruction of Earth's life history events using sedimentary organic molecules

*Ryosuke Saito¹ (1. Yamaguchi University)

10:00 AM - 10:30 AM

[1oral101-10-6add] Break

10:30 AM - 10:45 AM

[T4-O-6] Geochemistry of the Upper Triassic basalts of the Sambosan Belt, Kyushu and Shikoku, and their relationship with Wrangellia LIP magmatism

*Tomonari Kandabashi¹, Katsuyuki Yamashita², Kohei Kawakami¹, Tetsuji Onoue¹ (1. Kyushu Univ., 2. Okayama Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM

[T4-O-7] Reconstruction of paleoceanographic changes in the pelagic deep-sea realms of the Panthalassa during the Carnian pluvial episode (Late Triassic)

*Katsuhito SODA¹, Tetsuji ONOUE² (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Kyushu Univ.)

11:00 AM - 11:15 AM

[T4-O-8] Highly siderophile elements and Re–Os isotopes across the Norian/Rhaetian boundary in southern Italy

*Honami Sato¹, Akira Ishikawa², Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo³ (1. Kyushu University, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. University of Padova)

11:15 AM - 11:30 AM

[T4-O-9] Paleoenvironmental changes at the Triassic–Jurassic boundary based on marine Os isotopic records of bedded chert

*Ryota Murai¹, Junichiro Kuroda¹, Yuki Okada², Natsuko Yoshida², Katsuhiko Suzuki³, Rie Hori² (1. University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. JAMSTEC)

11:30 AM - 11:45 AM

[T4-O-10] Integrated radiolarian and conodont biostratigraphy across the Triassic–Jurassic boundary in the Mino Belt, Inuyama area,

central Japan

*Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo² (1. Kyushu University, 2. University of Padova)

11:45 AM - 12:00 PM

oral room 1

Session Oral | G1-1. sub-Session 01

[1oral201-12] G1-1. sub-Session 01

Chair: Keishi Okazaki, Yoshihiro Nakamura, Nana Kamiya

9:00 AM - 12:00 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[G1-O-1] Multiple Types of porosity – P-wave velocity relationships for The Nankai Trough

*Suguru YABE¹, Yohei HAMADA², Manami KITAMURA¹, Rina FUKUCHI³, Yoshitaka HASHIMOTO⁴ (1.

Geological Survey of Japan, 2. JAMSTEC, 3. Naruto Univ. of Education, 4. Kochi Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM

[G1-O-2] Temperature dependence of frictional properties of opal gouge and its implications for faulting along subduction-zone megathrusts

*Kyuichi Kanagawa¹, Tomoya Nakanishi², Junya Fujimori², Sayumi Sagano², Michiyo Sawai¹ (1. Research School of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University)

9:15 AM - 9:30 AM

[G1-O-3] Thermal history, strain and deformation mechanism in a fossil seismogenic fault: the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt

*Yoshitaka Hashimoto¹, Mako Kawaji¹, Jinpei Mitani¹, Taizo Uchida¹ (1. Kochi University)

9:30 AM - 9:45 AM

[G1-O-4] Fluid activity at the deeper part of plate boundary: An example from Median Tectonic Line in Ohshika district, Nagano, Japan

*Yoshihiro Nakamura¹, Kiran Sasidharan², Satish-Kumar Madhusoodhan² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University)

9:45 AM - 10:00 AM

[G1-O-5] Geological constraints on dynamic changes of fluid pressure in seismic cycles

*Takahiro Hosokawa¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi University)

10:00 AM - 10:15 AM

[G1-O-6] Identification of thermal events along a seismogenic fault using paleomagnetic analyses in the Yokonami mé lange, the Cretaceous Shimanto Belt, Southwest Japan

*Taizo Uchida¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM

[G1-O-8] Active fault outcrops and activity of the Shimojyo-sanroku fault, southern Nagano Prefecture, Southwest Japan

*Masao KAMETAKA¹, Kota SHIMOGAMA¹, Masaaki IWASAKI¹, Toru SAKAI^{1,2}, Kazuhiko OKAZAKI¹, Eiji NAKATA³, Kotaro AIYAMA³, Ryo HAYASHIZAKI³, Takahiro IIDA⁴ (1. Dia Consultants, 2. Waseda Univ., 3. CRIEPI, 4. CERES)

10:45 AM - 11:00 AM

[G1-O-9] fluid source in the diagenesis of pelagic sediments

*Hitomi MIZUNO¹, Asuka Yamaguchi¹, Akira Ijiri³, Takashi Sano² (1. AORI, the university of Tokyo, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 3. Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University)

11:00 AM - 11:15 AM

[G1-O-10] Rheology of San Carlos olivine aggregates at the brittle-plastic transition and the strength profile of oceanic plate

*Keishi OKAZAKI¹ (1. Hiroshima University)

11:15 AM - 11:30 AM

[G1-O-11] Simple topographic parameter reveals the along-trench distribution of frictional properties on shallow plate boundary fault

*Hiroaki KOGE¹, Juichiro ASHI², Jin-Oh PARK², Ayumu MIYAKAWA¹, Suguru YABE¹ (1. AIST, 2. AORI, UTokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

[G1-O-12] Cross sections of a surface deformation that is not explained by tectonic events

*Eiji Nakata¹, Yasuto Hirata¹, Ryo Hayasizaki¹ (1. Central Research Institute of Electric Power Industry)

11:45 AM - 12:00 PM

oral room 4

Session Oral | T7. [Topic Session] From magma source to magma plumbing system

[1oral401-07] T7. [Topic Session] From magma source to magma plumbing system

Chair: Keisuke ESHIMA, Kazuya Shimooka

9:00 AM - 11:00 AM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T7-O-1] Alkaline volcanic rocks and ultra-mafic xenoliths from alkaline volcanic rocks of Kosrae Island, Micronesia.

*Izumi SAKAMOTO¹ (1. Dept. of Marine Mineral Resources, TOKAI Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM

[T7-O-2] (Invited) Compositional diversity and genesis of magmas in an individual volcano: Implications from petrology and geochemistry of volcanic rocks from Rishiri Volcano, southern Kuril Arc

*Hajime TANIUCHI^{1,2}, Takeshi KURITANI³, Mitsuhiro NAKAGAWA³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department Natural History Sciences, Hokkaido University, 3. Department of Earth and Planetary Science, Hokkaido University)

9:15 AM - 9:45 AM

[T7-O-3] Implication for basic rocks intruded in layered chert of Inuyama section in Mino belt

*Yosuke SHIMBO¹, Naoto HIRANO^{1,2}, Norikatsu AKIZAWA³, Hirochika SUMINO⁴ (1. Graduate School of Science, Tohoku university, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 4. Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo)

9:45 AM - 10:00 AM

[T7-O-4] Petrogenesis of Takada granodiorite in Okuizumo area, Shimane prefecture, SW Japan

*Sena NAKAYAMA¹, Atsushi KAMEI¹, Chika IWATA¹, Ai YAKUSHIJI¹ (1. Shimane University)

10:00 AM - 10:15 AM

[T7-O-5] The oldest portion of Pacific oceanic crust reconstructed from the felsic xenoliths brought by petit-spot volcanoes

*Kazuto MIKUNI¹, Naoto HIRANO¹, Norikatsu AKIZAWA², Shiki MACHIDA³ (1. Tohoku Univ., 2. AORI, 3. Chiba Tech)

10:15 AM - 10:30 AM

[T7-O-6] Feldspar compositional distribution of Toya pyroclastic flow deposits

*Hiroya Iijima¹, Minoru Sasaki¹ (1. Graduate School of

Science and Technology, Hirosaki University)

10:30 AM - 10:45 AM

[T7-O-7] Formation of plutons constrained by plagioclase diffusion modelling with an example from the Mikawa area, Japan

*Tokiyuki MOROHOSHI¹, Ken Yamaoka¹, Simon Wallis¹ (1. EPS, University of Tokyo)

10:45 AM - 11:00 AM

oral room 5

Session Oral | G1-2. sub-session02

[1oral501-07] G1-2. sub-session02

Chair: Masami WATANABE, Yoshihiro Takeshita, Muneki Mitamura, Yoshitaka Nagahashi (Fukushima University)

9:00 AM - 10:45 AM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G2-O-1] Estimation on the water systems around the age of the Eb-Fukuda tephra fall in the Early Pleistocene at the Kinki district, Japan

*Yasufumi Satoguchi¹ (1. Lake Biwa Museum)

9:00 AM - 9:15 AM

[G2-O-2] Subsurface geology in the Nagano Basin - Inferences from petrography of cuttings from the Kawanakajima spa boring

*Yoshihiro TAKESHITA¹, Ami ASADA² (1. Shinshu University, 2. Asashina Elementary School)

9:15 AM - 9:30 AM

[G2-O-3] Sea level change and archaeological remains in the Jomon period, Ishikari Plain, Hokkaido, Japan

*Tsumoru SAGAYAMA^{1,2}, Kenichiro KOSHIDA³, Hitomi WATAI³ (1. Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth Science Co. Ltd., 3. Sapporo International Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM

[G2-O-4] Paleovegetation change in the midstream area of the Shimada River, Southeast Yamaguchi prefecture, Southwest Japan - Highland colonies and farming in the Yayoi period -

*Masami WATANABE^{1,2}, Naohiko TABATA³ (1. Archaeological Research Consultant, Inc., 2. Shimane Univ., 3. Yamaguchi Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[G2-O-5] Changes in the paleoenvironment over the past 600 years in Lake Nakaumi based on benthic foraminiferal assemblages

*Mika SHIMAIKE¹, Akira TSUJIMOTO¹, Kotaro HIROSE²,

Koji SETO¹, Hiroaki SHAKUTSUI³, Toshiaki IRIZUKI¹
 (1. Shimane University, 2. University of Hyogo, 3.
 Yachiyo Engineer. Co. Ltd)
 10:00 AM - 10:15 AM

[G2-O-6] Characteristics of Periglacial Slope Sediments in
 the Northern Hidaka Mountains, Hokkaido, Japan
 *Hiromichi KOYASU¹, Yoshihiro KASE¹, Gentaro
 KAWAKAMI¹, Satoshi ISHIMARU¹, Kenji NISHINA¹ (1.
 Geological Survey of Hokkaido)
 10:15 AM - 10:30 AM

[G2-O-7] Geoscientific research to examine the cause of
 the 2021 Atami debris flow disaster
 *Akihisa Kitamura¹ (1. Institute of Geosciences, and
 Center for Integrated Research and Education of
 Natural Hazards, Shizuoka University)
 10:30 AM - 10:45 AM

Session Oral | G1-3. sub-Session 03

[1oral508-11] G1-3. sub-Session 03

Chair:Yoshiyuki Tamura

11:00 AM - 12:00 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G3-O-1] Sedimentary structures of gas-seep in the
 modern foreshore, Kujukuri Beach, central Japan
 *Takeshi Yoshida¹, Takahiro Kojima¹, Osamu Kazaoka¹
 (1. Chiba Environmental Prefectural Research
 Center)
 11:00 AM - 11:15 AM

[G3-O-2] Post audit of groundwater and land subsidence
 simulation in Nirayama Town (2nd report)
 *Katsuhiro FUJISAKI
 11:15 AM - 11:30 AM

[G3-O-3] Groundwater levels in the Kanto Groundwater
 Basin in 2017 and 2020 by local government
 observation wells
 *Kunio FURUNO¹, Atsushi KAGAWA² (1. Former
 Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2.
 Research Institute of Environmental Geology, Chiba)
 11:30 AM - 11:45 AM

[G3-O-4] Groundwater survey of Alluvial lowland in the
 Inba-numa basin
 *Kumiko IWA¹, Takashi KUSUDA¹, Yoshiyuki
 TAMURA¹, Kazuo TAKI², Masanao NAKAMURA¹,
 Akihiko KONDOH³ (1. Chiba Prefectural Environment
 Foundation, 2. Non profit organization institute of
 water environment, 3. Center for Environmental
 Remote Sensing Chiba University)

11:45 AM - 12:00 PM

oral room 4

Session Oral | T12. [Topic Session] 火 Volcanic phenomena deciphered
 from volcanic products and their application to disaster prevention

[1oral408-10] T12. [Topic Session] 火 Volcanic
 phenomena deciphered from
 volcanic products and their
 application to disaster prevention

Chair:Tomohiro Tsuji, Kuniyuki Furukawa

11:15 AM - 12:00 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T12-O-1] Geology of the obsidian lithofacies of the
 Shiroyama lava on Himeshima Island, Japan
 *Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Yu Horiuchi³,
 Motohiro Tsuboi⁴ (1. Aichi Univ., 2. Univ. of Hyogo,
 3. Oita Himeshima Geopark Promotion Office, 4.
 Kwansei Gakuin Univ.)
 11:15 AM - 11:30 AM

[T12-O-2] Discovery of Aso-4 pyroclastic flow deposit at
 Tokuji, Yamaguchi City with the distance of 170
 km from Aso caldera
 *Tomohiro Tsuji¹, Takehiro Ota¹, Naoki Fujiwara¹, Eiji
 Nakata², Masashi Ushioda³, Chisato Nakamura⁴ (1.
 Yamaguchi Univ., 2. CRIEPI, 3. SRI, 4. Naiba)
 11:30 AM - 11:45 AM

[T12-O-3] An attempt to obtain findings on volcanic
 history from distal turbidite deposits: the
 example of Ogasawara Ioto (Iwojima) Volcano
 *Masashi NAGAI¹, Takahiro Miwa¹, Tetsuo Kobayashi²
 (1. National Research Institute for Earth Science and
 Disaster Resilience, 2. Kagoshima University)
 11:45 AM - 12:00 PM

oral room 2

Session Oral | T4. [Topic Session] History of the Earth

[1oral111-17] T4. [Topic Session] History of the
 Earth

Chair:Takuto Ando, Daisuke Kuwano

1:30 PM - 3:30 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[T4-O-11] (Invited) Paleoeological changes in marine
 benthos during the Mesozoic: Ichnological
 evidence
 *Kentaro IZUMI¹ (1. Faculty & Graduate School of
 Education, Chiba University)
 1:30 PM - 2:00 PM

- [T4-O-12] Reconstruction of fungal flora changes by fungal palynomorph analysis in the sediments deposited during the Cretaceous Oceanic Anoxic Events
*Masashi A IKEDA¹, Ken SAWADA², Takuto ANDO³, Reishi TAKASHIMA⁴, Hiroshi NISHI⁵ (1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Estuary Research Center, Shimane University, 4. The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku University Museum, Tohoku University, 5. Institute of Dinosaur Research, Fukui Prefectural University)
2:00 PM - 2:15 PM
- [T4-O-13] The Review of Late Cretaceous of East Asia Continental margin of Hinterland and The impact of Hinterland uplift on the Forearc Basin Sediments
*Jumpei SAIGAN¹ (1. Yamaguchi university)
2:15 PM - 2:30 PM
- [T4-O-14] Development of a lutetium-hafnium radiometric dating for pelagic brown clay
*Junichiro Ohta^{1,2,3}, Jun-Ichi Kimura³, Qing Chang³, Takashi Miyazaki³, Vaglarov Bogdan Stefanov³, Yasuhiro Kato^{1,2,3} (1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))
2:30 PM - 2:45 PM
- [T4-O-15] Spatangoida fossils from middle Miocene Tanabe Group in the Wakayama Prefecture, Japan.
*Masaaki OHARA¹ (1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History)
2:45 PM - 3:00 PM
- [T4-O-16] Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktic foraminiferal assemblages in the upper Pliocene to lower Pleistocene Tentokuji and Sasaoka Formations distributed in the Masayamazawa area, northern part of Akita Prefecture
*Makoto YAMASAKI¹, Yuki MUKAE², Noki NEMOTO³, Minoru IKEHARA⁴ (1. Akita University, 2. JAPAN GAS ENERGY CORPORATION, 3. Hirosaki University, 4. Kochi University)
3:00 PM - 3:15 PM
- [T4-O-17] Dimorphic life cycle through transverse division

in burrowing hard coral *Deltocyathoides orientalis*

*Asuka SENTOKU¹, Keisuke SHIMIZU², Tsubasa NAKA¹, Yuki Tokuda³ (1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 3. Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental Studies)
3:15 PM - 3:30 PM

oral room 1

Session Oral | G1-1. sub-Session 01

[1oral213-20] G1-1. sub-Session 01

Chair: Nana Kamiya, Hiroaki KOGE

1:30 PM - 3:30 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

- [G1-O-13] Paleostress direction of the Izu collision Zone restored from andesite dikes in the Ashigara Group.
*Shogo TAKEYAMA¹, Hideo TAKAGI¹ (1. Waseda University)
1:30 PM - 1:45 PM
- [G1-O-14] Estimation of motion history by composite planar fabric and stress inversion analysis from the Shionohira and Kuruma fault zones
*Toru SAKAI^{1,2}, Masao KAMETAKA¹, Kazuhiro AOKI³, Koji SHIMADA³, Hideo TAKAGI² (1. Dia Consultants Co., Ltd., 2. Waseda Univ., 3. JAEA)
1:45 PM - 2:00 PM
- [G1-O-15] Characteristics of Fault Gouges and Mineral Filling in the Shallow Fault Zone of the Neodani Fault
*Tomoyuki Ohtani¹, Kazuma Yatabe¹, Takashi Mori², Ayako Umemura³, Hidekazu Yoshida³, Nagayoshi Katsuta⁴ (1. Faculty of Engineering, Gifu University, 2. Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, 3. Nagoya University Museum, 4. Faculty of Education, Gifu University)
2:00 PM - 2:15 PM
- [G1-O-16] Stress and strain indication for various rocks and mortars using the calcite twin
*arito Sakaguchi¹ (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,)
2:15 PM - 2:30 PM
- [G1-O-17] Anisotropy of consolidation related to the fold

structure in the post- middle Miocene forearc basin

*Nana Kamiya¹, Weiren Lin², Akira Hayashida¹ (1.

Doshisha University, 2. Kyoto University)

2:30 PM - 2:45 PM

[G1-O-18] Evolution of quartz crystallographic preferred orientation (CPO) with increasing strain

*Thomas Yeo^{1,2}, Norio Shigematsu², Simon Wallis¹,

Takuma Katori^{3,4} (1. The University of Tokyo, 2.

Geological Survey of Japan, National Institute of Advance Industrial Science and Technology, 3. Fossa Magna Museum, 4. Niigata University)

2:45 PM - 3:00 PM

[G1-O-19] Diapiritic chaotic rock in the Ida Formation, Shimanto accretionary complex

*Tasuku IWAMI¹, Arito Sakaguchi¹ (1. Yamaguchi Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM

[G1-O-20] An inversion technique to automatically detect multiple stresses and friction coefficients from fault-slip data

*Katsushi SATO¹ (1. Kyoto University)

3:15 PM - 3:30 PM

oral room 4

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

[1oral411-17] T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

Chair: Dan MATSUMOTO (AIST), Miwa Yokokawa

1:30 PM - 3:30 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T11-O-1] Long-term variation in density of trace fossil *Phycosiphon* associated with development of the submarine-fan system based on analysis of core images

*Kazuki Kikuchi¹, Hajime Naruse¹ (1. Kyoto University)

1:30 PM - 1:45 PM

[T11-O-2] Characteristics of the spaced stratification in the Upper Cretaceous Izumi Group -grain fabric analysis using semantic segmentation techniques with the CNN-

*Takumi NAGATO¹, Hajime NARUSE¹ (1. Graduate School of Science, Kyoto University)

1:45 PM - 2:00 PM

[T11-O-3] Preliminary Test of Two-Dimensional Inverse

Modeling of Turbidity Currents in Japan Trench

*Zhirong Cai¹, Hajime Naruse¹ (1. Kyoto University)

2:00 PM - 2:15 PM

[T11-O-4] The origin of changes in sedimentary structures in hybrid event beds: Estimation of the flow processes based on grain fabric analysis

*Ryogo TANAKA¹, Hajime NARUSE¹ (1. Kyoto Univ.)

2:15 PM - 2:30 PM

[1oral411-17-5add] Break

2:30 PM - 2:45 PM

[T11-O-5] Estimation of fault parameters by inverse analysis of tsunami deposit using machine learning

*Yasutaka IJIMA^{1,2}, Hajime NARUSE¹, Daisuke

SUGAWARA³ (1. Kyoto University, 2. INPEX Corporation, 3. Tohoku University)

2:45 PM - 3:00 PM

[T11-O-6] A new chemical weathering index for sediments containing authigenic and biogenic materials: RW index

*Tenichi CHO¹, Tohru OHTA¹ (1. Waseda University)

3:00 PM - 3:15 PM

[T11-O-7] Digital measurement of pebble shape in rivers and beaches: Beach pebbles are more rounded and flattened than river pebbles

*Akira ISHIWATARI¹ (1. Nuclear Regulation Authority, Japan)

3:15 PM - 3:30 PM

oral room 5

Session Oral | T8. [Topic Session] Culture geology

[1oral512-18] T8. [Topic Session] Culture geology

Chair: Ohtomo Yukiko, Hiroaki Ishibashi

1:30 PM - 3:30 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T8-O-1] (Invited) The Forms were given from earth to History of Building Habitat

*Norihito NAKATANI¹ (1. Waseda University)

1:30 PM - 2:00 PM

[T8-O-2] Geology and castles: Case study of Jurassic accretionary complex in Ashio Mountains, central Japan

*Tsuyoshi Ito¹, Yasumine Ichizawa² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Toyota City Museum of Local History)

2:00 PM - 2:15 PM

- [T8-O-3] Examining quarry site of the Late Heian period
Buddha stone figures made of tuff at Anrakujuin
Temple in Kyoto City, Japan

*Norihito Kawamura¹, Masato Sakiyama¹, Atsushi Nakai¹ (1. Univ. of Hyogo)

2:15 PM - 2:30 PM

- [T8-O-4] Rokko granites and their utilization in Sumiyoshi-Mikage and Ashiya-Nishinomiya area, southeastern Rokko mountains, Hyogo prefecture, Japan

*Tohru Sakiyama¹ (1. Institute of Geo-history, Japan Geochronology Network)

2:30 PM - 2:45 PM

- [T8-O-5] Selection of traditional defense type against wild boars suitable for geological conditions :
Example of the Yamashishigaki in Ogimi Village ,Okinawa ,Japan

*Seiji OSAJIMA¹ (1. None)

2:45 PM - 3:00 PM

- [T8-O-6] Permeability of sedimentary soil in dry moats at the medieval mountain castle and weathering process of welded tuff.

*Masami INOMATA¹ (1. Hiroshima University)

3:00 PM - 3:15 PM

- [T8-O-7] Geological overview of "Daikawa" by Kenji Miyazawa

*Yukiko OHTOMO¹, Mana AKASAKA² (1. Yamagata University, 2. Daikyo Home Inc.)

3:15 PM - 3:30 PM

oral room 6

Session Oral | G1-4. sub-Session 04

[1oral601-08] G1-4. sub-Session 04

Chair: Toshio ASANO, Michiko dvan Yajima

1:30 PM - 3:30 PM oral room 6 (Build. 14, 403)

- [G4-O-1] Tetsugoro Wakimoto (1867-1942), Life and Work

*Michiko dVan YAJIMA¹ (1. Tokyo Metropolitan University08)

1:30 PM - 1:45 PM

- [G4-O-2] Buried Geoscience Education - Dr. Muraji Fukuda's Experimental Mineralogy and Geology in the Seikei Old System Senior High School.

*Atsushi MIYASHITA¹ (1. Seikei Univ.)

1:45 PM - 2:00 PM

- [G4-O-3] Teaching materials for ICT in education based on regional geology: Research with iPads on river bed gravels on the Hanno Riverbank, Saitama Prefecture

*Kiyoshi KATO¹, Yoko ABE², Shiori OKADA², Fumito ISHIBASHI³, Ryota TAGUCHI³ (1. Komazawa University, 2. Seibo Gakuen, 3. Kasukabe Kyoei High School)

2:00 PM - 2:15 PM

- [G4-O-4] Outreach activities targeting teachers
– Kobe Geology and Topography Study Group/Kobe Geo study Meeting–

*Toshio ARIMICHI^{1,2} (1. Kobe Municipal Ibukidai Junior High School, 2. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo)

2:15 PM - 2:30 PM

- [G4-O-5] The role of earth science in disaster prevention education

*Toshio ASANO¹ (1. None)

2:30 PM - 2:45 PM

- [G4-O-6] Student Himalayan Field Exercise Program 10 years

*Masaru Yoshida^{1,2}, Project STUDENT HIMALAYAN FIELD EXERCISE (1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University (Emeritus Professor))

2:45 PM - 3:00 PM

- [G4-O-7] Significance of sand collection and its applications in museum

*Takeshi NAKAJO¹, Takanori BESSHO¹ (1. Osaka Museum of Natural History)

3:00 PM - 3:15 PM

- [G4-O-8] Network-based Remote Laboratory in Distance Education: Scanning Electron Microscopy Experiment

*Soichi Omori¹ (1. The Open University of Japan)

3:15 PM - 3:30 PM

oral room 3

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

- [1oral308-11] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Ryosuke Oyanagi

2:30 PM - 3:30 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

-
- [T1-O-1] K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of biotite and hornblende from Akasta gneisses in Slave Province, Canada
Megumi SATO, Hironobu HYODO², *Tetsumaru ITAYA¹
(1. Japan Geochronology Network, 2. Okayama University of Science)
2:30 PM - 2:45 PM
- [T1-O-2] The LA-ICP-MS U-Pb ages of garnet and geochemical characteristics of skarn in the Kamaishi skarn deposit, Iwate, Japan.
*Mayuko Fukuyama¹, Masatsugu Ogasawara², Kenji Horie³, Mami Takehara³ (1. Akita University, 2. Zipangu Geoscience Laboratory, 3. National Institute of Polar Research)
2:45 PM - 3:00 PM
- [T1-O-3] Modification of preferred orientation of tabular minerals by plastic deformation: a 2D simulation with the March model
*Toshiaki Masuda¹ (1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards)
3:00 PM - 3:15 PM
- [T1-O-4] Seismo - Crystal Diagram in Shear Crack Jog of the Plate Boundary Metamorphic Rocks
*mitsuhiro TORIUMI¹ (1. Japan Agency for Marine Earth Science and Technology)
3:15 PM - 3:30 PM

Session Oral | T4. [Topic Session] History of the Earth

[1oral101-10] T4. [Topic Session] History of the Earth

Chair: Yuki Tomimatsu, Honami Sato, Shun Muto

Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 12:00 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

- [T4-O-1] Quantitative estimate of sulfate and trace metal ion contents of paleoseawater from in-situ analyses of sulfur isotopes and trace metal elements of sulfide minerals: Application to the Ediacaran seawater
 *Tsuyoshi KOMIYA¹, Kota NAMBA¹, Yusuke SAWAKI¹, Takafumi HIRATA², Takayuki USHIKUBO³, Kenji SHIMIZU³ (1. The University of Tokyo, Komaba, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)
 9:00 AM - 9:15 AM
- [T4-O-2] Reconstruction of the depositional environment of Stromatolites from Tumbiana Formation (2.7Ga), Western Australia, and its implication for late Archean phosphate levels in surface seawater.
 *Ryosuke NAGAO¹, Satoshi YOSHIDA², Yusuke SAWAKI², Takeshi OHNO³, Yuichiro UENO⁴, Tsuyoshi KOMIYA^{2,1} (1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 3. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology)
 9:15 AM - 9:30 AM
- [T4-O-3] Chemotaxonomic studies on acritarchs in sedimentary rocks of the Mesoproterozoic Qaanaaq Formation in northwestern Greenland.
 *Takuto Ando¹, Yuki Hara², Yoshikazu Sampei³, Ken Sawada² (1. Estuary Research Center, Shimane University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University)
 9:30 AM - 9:45 AM
- [T4-O-4] The Carboniferous– Permian boundary in pelagic deep-sea strata in the Jurassic accretionary complex of Northeast Japan
 *Shun David Muto¹, Satoshi Takahashi², Masafumi Murayama^{3,4} (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 3. Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University)
 9:45 AM - 10:00 AM
- [T4-O-5] (Invited) Reconstruction of Earth's life history events using sedimentary organic molecules
 *Ryosuke Saito¹ (1. Yamaguchi University)
 10:00 AM - 10:30 AM

[1oral101-10-6add] Break

10:30 AM - 10:45 AM

[T4-O-6] Geochemistry of the Upper Triassic basalts of the Sambosan Belt, Kyushu and Shikoku, and their relationship with Wrangellia LIP magmatism

*Tomonari Kandabashi¹, Katsuyuki Yamashita², Kohei Kawakami¹, Tetsuji Onoue¹
(1. Kyushu Univ., 2. Okayama Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM

[T4-O-7] Reconstruction of paleoceanographic changes in the pelagic deep-sea realms of the Panthalassa during the Carnian pluvial episode (Late Triassic)

*Katsuhito SODA¹, Tetsuji ONOUE² (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Kyushu Univ.)

11:00 AM - 11:15 AM

[T4-O-8] Highly siderophile elements and Re– Os isotopes across the Norian/Rhaetian boundary in southern Italy

*Honami Sato¹, Akira Ishikawa², Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo³
(1. Kyushu University, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. University of Padova)

11:15 AM - 11:30 AM

[T4-O-9] Paleoenvironmental changes at the Triassic-Jurassic boundary based on marine Os isotopic records of bedded chert

*Ryota Murai¹, Junichiro Kuroda¹, Yuki Okada², Natsuko Yoshida², Katsuhiko Suzuki³, Rie Hori² (1. University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. JAMSTEC)

11:30 AM - 11:45 AM

[T4-O-10] Integrated radiolarian and conodont biostratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary in the Mino Belt, Inuyama area, central Japan

*Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo² (1. Kyushu University, 2. University of Padova)

11:45 AM - 12:00 PM

Quantitative estimate of sulfate and trace metal ion contents of paleoseawater from in-situ analyses of sulfur isotopes and trace metal elements of sulfide minerals: Application to the Ediacaran seawater

*Tsuyoshi KOMIYA¹, Kota NAMBA¹, Yusuke SAWAKI¹, Takafumi HIRATA², Takayuki USHIKUBO³, Kenji SHIMIZU³

1. The University of Tokyo, Komaba, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

エディアカラ紀からカンブリア紀前期は、生命進化と表層環境の両方において劇的変化の時代とされる。生命進化においてはこの時代に多細胞動物の出現と多様化が起きたことが知られており、一方、表層環境においては、海水の酸化還元度が急激に変化したとされる。このような海水の酸化還元度の変化に伴い、特に、Mo等の酸化還元度に鋭敏な元素の海水中の含有量も劇的に変化したことが期待されるが、いまなお当時の海水中の酸化還元鋭敏元素含有量には不確定性が大きい。その原因として、これまでの研究の多くが海洋組成とは直接結びついているとは限らない堆積岩の全岩組成から海洋組成を推定していることにある。堆積岩中の微量元素組成は微量元素を含むホスト鉱物の組成のみならず、マトリックス鉱物の組成や量にも依存する。さらに、多くの場合全岩の微量元素濃度は2～3桁ほどのばらつきを持つため、定量性に欠けるといった問題もある。そこで、本研究ではMo, Niなどに富む硫化鉱物の局所分析から、海洋組成を推定する手法を開発し、それをエディアカラ紀の海洋組成推定に適用した。特に、本研究では、海洋中の硫酸濃度やV, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ba, Pb, Mo, Ni等の金属元素濃度に着目した。

一般に硫化鉱物は還元的な水塊から形成される。そのため、従来の研究では硫化鉱物を用いた海水組成の推定法は還元的な海洋に限定されるとみなされてきた。しかし、適用範囲が還元的な水塊に限定されてしまうならば、水塊中の微量元素濃度も自ずと制約されてしまうため、水塊の化学組成を推定する意義も乏しくなる。そこで、酸化還元程度の広い範囲で適用可能な手法を開発することが重要となる。

本研究では硫化鉱物の局所イオウ同位体分析と局所金属微量元素分析を組み合わせた手法を用いて、海洋中の硫酸イオン濃度と金属元素濃度を推定する手法を開発した。また、この際に海水中で生じた硫化鉱物か、間隙水中で生じた硫化鉱物かを判定するために、硫化物の形態に着目した。ただし、最近の研究ではフランボイダル硫化物も間隙水中で形成されとの報告例があるので、単純にフランボイダル硫化鉱物なら海水中で形成されたと画一的にみなすことはしない。加えて、一般にフランボイダル硫化鉱物は微小であるため、微量元素組成を分析することが難しい。そのため、本研究では浅部堆積物の間隙水中で生じたと考えられる硫化鉱物に着目した。

硫化鉱物の硫黄同位体比はJAMSTECの高知コアセンターのSIMSを用いて定量し、一方Mo, Ni, Coなどの微量元素は東京大学地殻化学実験施設のLA-ICP-MSを用いて測定した。硫化鉱物の $\delta^{34}\text{S}$ 値は-22.93から51.93‰の範囲であり、MoとNi含有量はそれぞれ0.1から2211ppmと0.1から647ppmの範囲で大きくばらついた。このような大きなばらつきは、間隙水のような閉鎖系で硫化鉱物が生じるときのイオウ同位体や微量元素のレイリー分別によると考えられる。一方、フランボイダル硫化物の $\delta^{34}\text{S}$ 値は-23‰で、本研究で分析した硫化物で最小の値となった。この時代の海洋中の硫酸の $\delta^{34}\text{S}$ 値は約+20‰なので、およそ40‰の同位体分別が存在する。また、 $\delta^{34}\text{S}$ 値とMoやNi含有量の間には負の相関がみられた。

硫化鉱物は硫酸還元細菌によって硫酸から形成されたものとされる。そして、硫化鉱物中のイオウ同位体値は、硫酸と硫化鉱物の間での硫酸濃度に依存したイオウ同位体分別によって決まり、硫化鉱物中の微量元素は硫化鉱物と水塊との間の分配係数に依存して含有量が決まる。そこで、硫化鉱物が、初期には海水に対して開放系で、その後閉鎖した間隙水中で形成され、硫化鉱物の $\delta^{34}\text{S}$ 値とMoやNi含有量が、形成した硫化鉱物が系から除去されるとしたレイリー分別によって制御されていると仮定して、硫化鉱物のイオウ同位体とMo・Ni含有量の組成の変化を計算した。そして、その計算結果をイオウ同位体値とMoやNi含有量との間で見られる負の相関と対比し、海水中的硫酸、Mo、Ni含有量を計算した。海水と平衡に形成した硫化物のイオ

ウ同位体値が本研究で得られた最小のイオウ同位体値をもつフランボイダル硫化物のイオウ同位体、-20%であると仮定すると、海水の硫酸濃度は現在の300分の1程度、MoやNi濃度はそれぞれ現在の1/2と現在程度であったと推定される。得られた硫酸濃度は従来の研究に比べると低く、MoやNi濃度は高かった。この手法で海洋中のMoやNi濃度を推定した場合、現在値の半分程度の違いでも大きく、イオウ同位体値とMoやNi濃度の相関からずれるため、非常に厳密に海洋中の微量元素濃度を定量できることが分かった。

Keywords: Ediacaran, paleo-seawater composition, sulfide minerals, biological evolution

Reconstruction of the depositional environment of Stromatolites from Tumbiana Formation(2.7Ga), Western Australia, and its implication for late Archean phosphate levels in surface seawater.

*Ryosuke NAGAO¹, Satoshi YOSHIDA², Yusuke SAWAKI², Takeshi OHNO³, Yuichiro UENO⁴, Tsuyoshi KOMIYA^{2,1}

1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 3. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

リンは生命必須元素であり、地質学的な時間スケールで第一次生産を律速している。太古の海洋におけるリン濃度はBIFの化学組成やモデル計算に基づく研究¹から推定がなされており、多くの研究はリンの枯渇を支持する。しかしながら以上の研究で前提となる鉄によるリンのスキヤベンジの度合いは、Si,Mg,Caといった海洋の主成分溶存イオンによる影響を強く受けるため、そうした推定には大きな不確定性が残る。西オーストラリア、ピルバラ地塊には太古代の堆積岩が比較的低変成度で保存されており、なかでもフォーテスキュー層群タンビアナ累層には27億年前に形成されたとされるストロマトライトが産出する。タンビアナ累層の堆積場はいまだ議論が存在し、堆積層序の観点から干潟~浅海であったことや²、ストロマトライトのREEパターンが平滑であることなどから外洋から隔離された湖であったことが³示唆されている。そこで本研究では、タンビアナ累層のストロマトライトを用いて堆積環境を決定し、太古代の表層水におけるリン濃度を推定することを目的とする。一般に周囲と平衡を保って晶出した炭酸塩鉱物は水圏の化学組成を保持している。ストロマトライトのように砕屑性粒子を多く含む炭酸塩岩を対象とする場合、全岩分析では砕屑性粒子やセメントの影響を除去し炭酸塩鉱物だけの化学組成を得ることは難しい。そこで本研究は炭酸塩鉱物の局所化学分析を行った。初生的な堆積構造を保持したストロマトライト試料を肉眼鑑定や顕微鏡観察によって選別し、作成した薄片4枚と厚片2枚を用いてEPMA、LA-ICP-MS/MSによって炭酸塩鉱物の微量元素を測定した。PAASで規格化した炭酸塩鉱物のREEパターンは層序を通じてLaの正異常を示し、全岩分析による先行研究³とは異なる結果が得られた。また、Meentheena部層の最下部では酸化的な指標であるCeの小さい負異常(平均~0.90)、海水の指標である高いY/Ho比(34~44)がみられた。Mn濃度は層序を通じて高く(1~2wt%),特に最下部のCeの負異常がみられた層序で高い傾向にあった。以上のことから、タンビアナ累層は少なくともMeentheena部層の基底の層序堆積時には外洋と接する環境であったことが示唆され、Mnが溶存しながらも,Ceの沈殿が起きる酸化還元状態であることが分かった。タンビアナ累層のストロマトライトの炭酸塩鉱物中のリン濃度は平均して30ppm程度であり、先行研究⁴から得られているカンブリア紀の浅海性ウーイドの値と一致する。そのような高いリン濃度は従来提唱されてきた太古代の海洋におけるリンの枯渇とは異なり、タンビアナ累層堆積時に栄養塩の供給が十分にあったことを示唆する。 1. Reinhard, C. T. *et al. Nature* **541**, 386–389 (2017). 2. Sakurai, R. *et al. Precambrian Research* **138**, 255–273 (2005). 3. Bolhar, R. & van Kranendonk, M. J. *Precambrian Research* **155**, 229–250 (2007). 4. Shimura, T. *et al. Gondwana Research* **25**, 1090–1107 (2014).

Keywords: Archean, Stromatolite, Tumbiana formation, Phosphorus

Chemotaxonomic studies on acritarchs in sedimentary rocks of the Mesoproterozoic Qaanaaq Formation in northwestern Greenland.

*Takuto Ando¹, Yuki Hara², Yoshikazu Sampei³, Ken Sawada²

1. Estuary Research Center, Shimane University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

中生代は、原生生物のスーパーグループが分岐した真核生物進化の黎明期であり、多くの地層からアクリタークが産出している。これまで、アクリタークの起源は形態学的に推定されており、渦鞭毛藻のシストやブラシノ藻のファイコマなどの難分解性（抵抗性）高分子で構成された殻もしくは膜組織に由来すると考えられてきた。一方で、*Leiosphaeridia*をはじめとする中生代アクリタークは、新中生代～古生代における種と比べて形態的特徴に乏しく、むしろ現世～近過去の堆積物からしか産出されない比較的分解されやすいセルロースやキチンを主成分とした有機質殻・膜組織と酷似している。セルロースなどの多糖類や糖タンパクの多くは、堆積物極表面や水塊中での初期続成過程において、セルラーゼやキチナーゼを持つバクテリアなどによって生物分解される。一方、セルロースやキチンは堆積岩中の熱熟成では失われにくい。細胞壁としてセルロースを多く合成する維管束植物が陸上で繁茂するデボン紀以前の表層堆積物中には、セルラーゼを持つバクテリアは少なかったと予想される。したがって、中生代の表層堆積物中では初期続成変化が起きにくかった可能性があり、現在では易分解性高分子も維持されている可能性がある。中生代アクリタークの分光分析は、主にFT-IRが用いられてきた。高分子組成を用いて化学的に分類する手法を化学分類とよび、特に形態的特徴に乏しい微化石には有効である。化学分類を行なうためには、現生種パリノモルフから得られたスペクトルを含めた解釈と続成過程における高分子構造の変化を理解する必要がある。近年、ATR（全反射測定）法を用いた分析により、膜構造の極表面の高分子分析が可能になった。原生界試料中のアクリタークは圧密により扁平になっているため、ATR分析のような接触分析には最適な試料である。本研究では、中生界堆積岩から産出するアクリタークについて、顕微ATR-FTIR分析と統計学的な解析を行なうことによって化学分類を試みた。試料は、2018年および2019年の7～8月に調査・採取されたグリーンランド北西部に分布する中生界Qaanaaq層の暗灰色頁岩を用いた。酸処理によって分離したケロジェン中から単離したパリノモルフを顕微ATR-FTIRで分析した。また、セルロース、キチン、グルテンの標準試薬を真空熱分解することによって、生体抵抗性高分子の続成過程について検討した。

本試料は、熱成続成指標（Tmax, MPI）から130～180℃の熱熟成を受けたと推定されるが、実際にアクリタークの赤外スペクトルも1600cm⁻¹付近のC=C結合のピークが特徴的であり、熱熟成が進んでいることが示唆される。赤外スペクトルの950-1800cm⁻¹の指紋領域についてクラスター解析を行なった結果、測定したアクリタークを4つのグループに分類できた。特に、試料中に多産する*Synsphaeridium*と*Leiosphaeridia*は異なるグループに分けられた。Group Iは糖鎖のC-O-C結合のピークが明瞭で*Synsphaeridium*が多く含まれた。この赤外スペクトルの傾向は現生種のシアノバクテリア *Lyngbya* 遺骸や窒素固定型シアノバクテリアのアキネートのスペクトルと類似していた。一方で、Group IIはC-H結合およびC=O結合のピークが相対的に高く、現生種ではアルジナン骨格からなる緑藻*Pediastrum*の遺骸と共通点がみられた。これらの結果は、*Synsphaeridium*と*Leiosphaeridia*がそれぞれシアノバクテリアと緑藻に由来するとする形態的な分類とも合致する。また、Group III/IVのアクリタークはフラン環のC-O-C結合が顕著であり、他のグループより続成作用を受けた可能性が高い。標準試薬の熱分解実験（30時間程度の真空下での低温加熱）では、400℃以上の熱を受けると芳香族化が進み、セルロース、キチン、グルテンは全てC=C結合のピークが顕著になった。また、グルテンに比べて糖鎖が多いセルロースとキチンはC=O結合とフラン環のC-O-C結合が多く、セルロースでは特に顕著であった。Group IVのスペクトルは400℃以上の高温で熱熟成させたセルロースのスペクトルと最も類似していた。セルロース様の成分が残っていることから、中生代は現代よりセルラーゼによる生物分解が乏しい可能性が高い。そのように、生物遺骸の保存性が高い環境であったとすれば、アクリターク中の高分子も化学分類に重要な情報を保持しているかもしれない。今後、同手法を用いてより多くのアクリタークの高分子データを得ることで、アクリタークの起源生物の理解が深まると期待される。

Keywords: Mesoproterozoic, acritarch, FT-IR, Chemotaxonomy

The Carboniferous–Permian boundary in pelagic deep-sea strata in the Jurassic accretionary complex of Northeast Japan

*Shun David Muto¹, Satoshi Takahashi², Masafumi Murayama^{3,4}

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 3. Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

石炭紀–ペルム紀境界はカザフスタンのアクトベ地方に国際標準模式層断面および地点（GSSP）が定められており、コノドント*Streptognathodus isolatus*の初産出により定義されている[1]。隣接するウラル地域や、北米[2]、南中国[3]などから*S. isolatus*を含むコノドントの進化的系統が再現され、イラン[4]、北極圏[5]、南米[6]などでも境界の層序が研究されている。日本列島では石炭紀–ペルム紀境界を含む地層として、秋吉帯の石灰岩、南部北上帯の堆積岩類、ジュラ紀付加体中に含まれる遠洋深海堆積岩がある。このうちジュラ紀付加体中の遠洋深海堆積岩は研究の空白域であるパンサラッサ遠洋域で堆積したものであり、この地質年代境界の広域的な対比を確立する上で重要である。

石炭紀–ペルム紀境界を含む遠洋深海堆積岩層として、丹波帯[7]および北部北上帯[8]のチャートを主体とする珪質岩セクションが報告されている。後者では、後期石炭紀Moscovianから前期ペルム紀SakmarianまたはArtinskianに至る年代を示すコノドント化石が報告されているが、化石の図示はわずかである。本研究では、永広ほか(2008)[8]の検討セクションからより詳細なコノドント生層序のデータを提供し、石炭紀–ペルム紀境界の位置を検討する。コノドントを得る方法としてフッ化水素酸処理に加え、岩石剥離面の観察とマイクロフォーカスX線CTによる撮影[9]を行なった。

検討した大越沢セクションは岩手県岩泉町大越沢沿いの林道に位置する。また、大越沢セクションの側方延長にあたる、岩泉町大鳥付近の層序も比較として検討した（大鳥セクション）。大越沢セクションでは、下位から順に緑灰色チャートと苦灰岩の互層、緑色珪質粘土岩、赤色珪質粘土岩およびチャート、灰色層状チャートの順に累重する。最下位の緑灰色チャートからは後期石炭紀Moscovianを示す*Mesogondolella clarki*などが、緑色珪質粘土岩からは後期石炭紀Gzhelian前期を示す*Streptognathodus vitali*など産した。その上位の赤色珪質粘土岩からはGzhelian末期を示す*Streptognathodus bellus*などが得られた。最上位の灰色層状チャートからは前期ペルム紀Artinskianを示す*Mesogondolella intermedia*などが得られた。これらのコノドントは永広ほか(2008)[8]では図示されなかった種を含むが、年代の解釈は一致しており、大越沢セクションの石炭紀–ペルム紀境界は赤色珪質粘土岩およびチャートからなる層序区間に位置することが示された。大鳥セクションは大越沢セクションとはスラストシートの異なる側方延長に相当し、ほぼ同じ組み合わせと累重関係の岩相からなる。大鳥セクションでは石炭紀–ペルム紀境界付近のコノドントの産出が悪いが、最下部の緑灰色チャートからGzhelianのコノドントが産し、赤色珪質粘土岩からは前期ペルム紀のSakmarian後期からKungurian後期を示すコノドントを得た。すなわち、赤色珪質粘土岩の上限が大越沢セクションよりも若く、岩相が側方変化している。さらに、大越沢と大鳥の両セクションで見られる緑色および赤色珪質粘土岩は、丹波帯のセクションでは存在せず[7]、石炭紀–ペルム紀境界付近の遠洋深海堆積岩の岩相変化についてはさらなる検討が必要である。

[1] Davydov, V.I. et al. (1998). *Episodes*, **21**, 11–18.

[2] Boardman, D.R. et al. (2009). *Kansas Geol. Surv. Bull.*, **255**.

[3] Wang, Z. and Qi, Y. (2003). *Riv. Ita. Paleontol. Strat.*, **109**, 379–397.

[4] Leven, E.J. & Gorgij, M.N. (2011) *Stratigraph. Geolog. Corr.*, **19**, 687–776.

[5] Anisimov, R.M. et al. (1998) *Permophiles*, **32** 32–37.

[6] Suárez-Riglos, M. (1987) In: Austin, R. L. (Eds) *Conodonts: Investigative Techniques and Applications*, 317–325.

[7] 楠利夫 ほか (2004) *地球科学*, **58**, 37–54.

[8] 永広昌之 ほか (2008) *地雑*, **114**補遺, 121–139.

[9] Muto, S. et al. (2021) *Lethaia*, **54**, 687–699.

Keywords: North Kitakami Belt, Conodont, GSSP, Panthalassa

Reconstruction of Earth's life history events using sedimentary organic molecules

*Ryosuke Saito¹

1. Yamaguchi University

地球生命の多様性は決して順調に増加してきたものではない。過去5億4千万年の間に5回もの大量絶滅イベントが発生し、その度に生物多様性は大きく減少してきた。5回の大量絶滅の中でも特別に絶滅の規模が大きかったものが、ペルム紀末大量絶滅である。ペルム紀末大量絶滅からの生物の回復は遅れに遅れ、500万年以上という長い時間を要している。講演者はこれまでに三疊紀末大量絶滅や白亜紀海洋無酸素事変2、白亜紀末大量絶滅などに取り組んできたが、その中でも特に、ペルム紀末大量絶滅、およびその直後の前期三疊紀を対象に、絶滅の原因と、その回復過程の解明に取り組んできた。ペルム紀末大量絶滅における科学的問いは、「ペルム紀末大量絶滅の原因として有力視されているシベリアの大規模火山活動は数十万年という活動期間であるのに対し、何故ペルム紀末大量絶滅の絶滅期間は約6±4万年という短い期間であるのか」、というものである。また、前期三疊紀における科学的問いは、「ペルム紀末大量絶滅から生物多様性の回復が遅れた原因が、単に、絶滅の規模が大きすぎて遅れたのか、それとも、前期三疊紀の間に環境悪化が繰り返して起こっていたために、回復が遅れたのか」、というものである。これらの問いに答えるために講演者が活用してきたものは、堆積岩中に残された有機分子（堆積有機分子）である。堆積有機分子は、その有機分子の起源生物が特定できるものもあれば、地球表層環境における自然現象を表すものもある。前者はバイオマーカーと呼ばれており、例えば、緑色硫黄細菌が生合成するカロテノイド色素由来の有機分子などがある。緑色硫黄細菌は水圏において、硫化水素に富んだ有光層に生息しているため、緑色硫黄細菌由来のバイオマーカーが堆積岩から検出された場合、その堆積岩の堆積時に有光層の還元環境が発達していたことが示唆される。また、後者の例として、燃烧起源有機分子が挙げられる。燃烧起源有機分子は、有機物が不完全燃烧する際に生成される。そのため、燃烧起源有機分子が堆積岩から検出された場合、その堆積岩の堆積時に陸上において火災（森林火災やマグマの石炭層への貫入など）が発生していたことが示唆される。さらに、堆積有機分子を構成する炭素や硫黄などの元素の安定同位体比を分析することで、当時の物質循環への知見が得られる。講演者はこのような堆積有機分子の性質を利用することで、ペルム紀末大量絶滅における大規模火山活動や前期三疊紀における炭素循環の乱れの原因、繰り返される海洋生態系崩壊と還元環境の発達、前期三疊紀末における微生物礁の成因などについて、明らかにしてきた。本発表では、これら堆積有機分子の記録から明らかになった事柄について、直近の進捗も踏まえつつ紹介する。

Keywords: Organic Geochemistry, biomarker, end-Permian mass extinction, Early Triassic

10:30 AM - 10:45 AM (Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 12:00 PM oral room 2)

[1oral101-10-6add] Break

Geochemistry of the Upper Triassic basalts of the Sambosan Belt, Kyushu and Shikoku, and their relationship with Wrangellia LIP magmatism

*Tomonari Kandabashi¹, Katsuyuki Yamashita², Kohei Kawakami¹, Tetsuji Onoue¹

1. Kyushu Univ., 2. Okayama Univ.

西南日本ジュラ紀付加体の三宝山帯から産出する玄武岩は、後期三畳紀カーニアンにパンサラッサ海遠洋域で起こったWrangellia巨大火成岩岩石区 (LIP) の大規模火成活動に関連して形成されたとする仮説が提唱されている (Tomimatsu et al., 2021). Wrangellia LIPは現代型生物の出現と深くかかわるカーニアン多雨事象の引き金と考えられており (例えば, Dal Corso et al., 2020), Wrangellia LIPに関する知見が蓄積することで、地球生物史を考えるうえでも非常に重要な示唆を与えると考えられる。しかし、Wrangellia LIPに起源を持つと考えられる三宝山帯玄武岩の地球化学的検討は進んでおらず、そもそもこの火成岩岩石区で形成されたとする仮説についても検討の余地があると考えられる。そこで本研究では三宝山帯玄武岩の地球化学的研究を行い、噴出起源の検討及びWrangellia LIPとの因果関係を明らかにすることを目的とした。

本研究では九州～四国にかけて分布する三宝山帯の上部三畳系玄武岩を対象とした。8地域20地点から74の玄武岩試料を採取し、そのうち53試料については九州大学理学部においてXRFを用いた主要・微量元素分析を行った。さらに、24試料を岡山大学のTIMSを用いてSr・Nd同位体比分析を行い、さらにICP-MSを用いて微量元素濃度と希土類元素 (REE)の分析も行った。

分析した全岩化学組成に基づく各種地球化学的判別図を用いた検討から、三宝山帯玄武岩はアルカリ玄武岩に分類されることが分かった。また、高いZr/Y値やNb/Y値を示し、典型的なプレート内玄武岩に分類されることが明らかになった。さらに本研究では、コンドライトの値で規格化したREEパターンから、三宝山帯玄武岩を、LREEに富んだOIBに類似したパターンを持つType1玄武岩 (15試料)と、相対的にLREEに枯渇したType2玄武岩 (9試料)に分類した。始原マントルで規格化した微量元素パターンからは、Type1玄武岩はOIBに類似したパターンを持つことが確認された。それに対し、Type2玄武岩のうち、熊本県球磨地域の試料はRb, Ba, K, Nb, Tiに正の異常を持つ特徴的なパターンを示したほか、高知県高の瀬峡地域の試料についてもOIBとE-MORBの中間的な特徴的なパターンを示した。さらにType1玄武岩に比べてType2玄武岩がよりSiO₂に富んでいることが確認された。部分熔融過程の検討では、Type1玄武岩はマントルの比較的深部における約1～5%の部分熔融で形成されるメルトに類似した組成を示すのに対し、Type2玄武岩は約5～10%の部分熔融で形成されたメルトに近い組成であることが分かった。また、Type2玄武岩の非常に高いTi/Yb値は、典型的なプレート内玄武岩とは異なるテクトニクス場との相互作用などの形成過程を経験したことを示唆している。以上の主要・微量元素組成の特徴は、典型的な海洋洪水玄武岩の特徴を示すWrangellia洪水玄武岩と顕著な違いがみられ、異なる噴出過程を経て形成された可能性が示唆された。

同位体比の測定結果、三宝山帯玄武岩は0.703～0.707のSr同位体比初生値(230 Ma)の値を示すことが明らかになった。また、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Sr/Ca図のプロットにより、続成過程で形成された海水由来の炭酸塩鉱物に由来するSr同位体比の影響は見られないことが示された。Nd同位体比測定値から算出したεNdは4～8の値範囲をとり、全データの約90%が4～7の範囲に収まった。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-εNd図からは、三宝山帯のType1玄武岩およびType2玄武岩と、Wrangellia洪水玄武岩の同位体比組成が類似していることから、同一のマントルプルームを起源とする可能性が示された。

以上の結果から、三宝山帯の上部三畳系玄武岩の起源に関しては、1)Wrangellia 洪水玄武岩形成と同時に、同一スーパープルームのプルームヘッド縁辺部において形成された海山群に起源を持つとするモデル

と、2)Wrangellia洪水玄武岩を形成したスーパープルームのプルームテールによる火成活動で形成された海山列を起源とするモデルが想定される。今後はPb同位体比の分析を行い、より多角的に三宝山帯玄武岩の起源の検討を進める。

参考文献

Dal Corso et al., 2020. *Sci. Adv.* **6**, eaba0099.

Tomimatsu et al., 2021. *Glob. Planet. Change* **197**, 103387.

Keywords: basalt, Sambosan Belt, Carnian

Reconstruction of paleoceanographic changes in the pelagic deep-sea realms of the Panthalassa during the Carnian pluvial episode (Late Triassic)

*Katsuhito SODA¹, Tetsuji ONOUE²

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Kyushu Univ.

後期三畳紀Carnian（約2億5190万年前～2億130万年前）では、湿潤環境を示す堆積相の時空間分布などを元にして、Carnian pluvial episodeと呼ばれる湿潤化イベントが生じていたことが知られている（Simms and Ruffell, 1989）。この期間には、特定の海洋・陸上生物の絶滅・進化を伴い、炭素同位体比の負異常も世界各地から報告されている（e. g., Bernardi et al., 2018）。美濃帯においてもCarnian pluvial episode相当層準が認識されており、粘土鉱物に基づく古気候変動の復元（Nakada et al., 2015）や、微化石-同位体層序による年代決定（Tomimatsu et al., 2022）などがなされてきた。美濃帯のCarnian pluvial episode相当層準では、しばしば分厚い粘土層の存在（CS-1）が認識されるなど特徴的な岩相変化を伴うことも従来から知られているが（Sugiyama, 1997）、近年では三畳紀/ジュラ紀境界付近の分厚い粘土層（CS-3）については構造変形による層序の欠損が確認され、分厚い粘土層は必ずしも初生的な層準でないことが示唆されている。そこで本研究では、美濃帯のこれまでに検討されていないセクションも含めて調査対象にすることで、Carnian pluvial episodeにおける岩相や海洋環境の変化について詳細な検討を行った。

研究対象は愛知県から岐阜県にかけて分布する美濃帯上麻生ユニットである。本研究では未検討である川並セクションなども含めて野外調査を行った。調査では単層ごとに実測柱状図を作成し、チャートと頁岩試料を採取した。主要元素に関しては加圧ペレットを作成し、蛍光X線分析装置を用いて測定を行なった。微量元素に関しては誘導結合プラズマ質量分析装置を用いて分析を行った。

研究の結果、川並セクションなどではCS-1を伴わず、さらに黄色チャートが複数枚挟まった紫色～赤色層状チャートが整然と続く岩相変化を確認することができた。また化学分析の結果、この層序区間ではセリウムの負異常を複数回にかけて検出することができた。全体的な傾向としては、Carnian前期（Julian）にかけて多くの遷移金属元素において元素存在度が漸減し、Carnian後期（Tuvanian）になると漸増するトレンドが確認された。そのためCarnian pluvial episodeでのパンサラッサ海遠洋深海域では、先行研究で指摘されていたような突発的な貧酸素化に加えて、より長期間の還元的海洋環境も発達していたと解釈することができる。今後は上記イベントに関して本格的な議論を行うため、より詳細で高解像度な層序学的なデータを統合することで、より正確な時間軸と環境変動の復元を行っていく予定である。

引用文献

- Bernardi et al., 2018, *Nat. Commun.*, **9**, 1499.
Nakada et al., 2015, *Palaeo*, **393**, 61–75.
Simms and Ruffell, 1989, *Geology*, **17**, 265–268.
Sugiyama, 1997, *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **24**, 79–193.
Tomimatsu et al., 2022, *Marine Micropaleon.*, **171**, 102084.

Highly siderophile elements and Re–Os isotopes across the Norian/Rhaetian boundary in southern Italy

*Honami Sato¹, Akira Ishikawa², Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo³

1. Kyushu University, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. University of Padova

後期三畳紀は、三畳紀末の生物大量絶滅に先行して段階的に生物絶滅が起こったことが知られている (Hallam, 2002, *Lethaia*, 35, 147-157)。特に後期三畳紀ノーリアン/レーティアン境界では、放散虫やコノドント、アンモナイトなどの遠洋性生物の絶滅が報告されている (e.g., Lucas and Tanner, 2018, *The Late Triassic World*, 721-785; Rigo et al., 2020, *Earth-Sci. Rev.*, 204, 103180)。後期三畳紀に活動した Angayucham 洪水玄武岩の大規模噴火イベントや、Rochechouart クレーター (現在の直径 23 km, 形成時の直径 40–50 km; Lambert, 2010, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 465, 509541) を形成した天体衝突イベントなどが、遠洋性生物の絶滅を誘発した可能性が指摘されているものの、各イベントの前後関係を示す地球化学データは未だ乏しい。

イタリア南部ブリエンツァ地域に分布する Sasso di Castalda セクションは、コノドント化石群集の検討から *Mockina serrulata* 帯～*Misikella posthernsteini* 帯に対比されており (Rigo et al., 2018, *The Late Triassic World*, 189-235)、ノーリアン後期に堆積した石灰岩から構成される下部層から、ノーリアン最後期～レーティアン前期の放散虫チャート層からなる上部層に至るまで、テチス海西部の半遠洋性堆積物が連続的に露出している。そこで本研究では、Sasso di Castalda セクション全体を通して採取された頁岩の主要・微量・強親鉄性元素濃度およびオスミウム同位体比 ($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$) 分析により、テチス海西部におけるノーリアン/レーティアン境界の海洋環境変動を高時間解像度で復元し、その変動要因を明らかにすることを目的とした。

分析結果は、下部層から上部層にかけて碎屑成分の供給源となる後背地の化学組成に大きな変動がないことを示しているが、ノーリアン/レーティアン境界より約 4 m 下位の層準にオスミウム、イリジウム、白金の異常濃集が認められた (前後層準のおよそ 100 倍)。また、クロムおよびイリジウム濃度に注目すると、セクション全体では Cr/Ir 比は大陸地殻やマントル物質の Cr/Ir 比と同程度の高い値 ($\sim 10^6$) をとるのに対し、白金族元素濃集層では Cr/Ir 比は $\sim 2 \times 10^5$ と 1 桁低い値を示すことが明らかとなった。

白金族元素濃集層の低い Cr/Ir 比は、後期三畳紀に形成された Manicouagan クレーター起源のイジェクタ層および Rochechouart クレーター内のインパクトメルト岩と同程度の値を示し (Sato et al., 2016, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 442, 36-47; Tagle et al., 2009, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 73, 4891-4906)、地球外物質の混入を示唆している。特異層の堆積年代は、ノーリアン/レーティアン境界 (205.7 Ma; Maron et al., 2019, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 517, 52-73) より下部のノーリアン最後期に相当することから、Rochechouart クレーター (206.92 $\pm$ 0.32 Ma; Cohen et al., 2017, *Meteorit. Planet. Sci.*, 52, 1600-1611) 起源のインパクトメルトに由来する可能性が高い。したがって本研究は、Rochechouart クレーターを形成した天体衝突がノーリアン/レーティアン境界直前に生じたイベントであったことを支持するが、境界における生物絶滅との因果関係については今後さらなる検討が必要である。

Keywords: Norian/Rhaetian boundary, Highly siderophile elements, Mass extinction

Paleoenvironmental changes at the Triassic-Jurassic boundary based on marine Os isotopic records of bedded chert

*Ryota Murai¹, Junichiro Kuroda¹, Yuki Okada², Natsuko Yoshida², Katsuhiko Suzuki³, Rie Hori²

1. University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. JAMSTEC

三畳紀-ジュラ紀 (TJ) 境界(およそ201.4 Ma)には顕生代の5大絶滅のひとつが起きたことが知られており、その直前の後期三畳紀においても段階的な絶滅イベントが指摘されている(Rigo et al., 2020)。三畳紀末の大量絶滅を引き起こした原因の一つとして、分裂を始めたパンゲア大陸で形成したCentral Atlantic Magmatic Province (CAMP)の火成活動が有力視されている。CAMPは巨大火成岩岩石区の1つであり、玄武岩を主体とした噴出岩と貫入岩からなる(Marzoli et al., 2018)。CAMP が引き起こした環境変動と三畳紀末の大量絶滅のメカニズムとの関連は十分には解明されておらず、この問題の解明には三畳紀後期における環境変動を明らかにすることが重要である。

海洋のオスミウム同位体比($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$)は主に上部大陸地殻($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} \sim 1.3$)、地球外物質(~ 0.13)、上部マントル(~ 0.13)の3つの供給源からの寄与率を反映して変動する。後期三畳紀における全球的な海洋のOs同位体比の復元は、まだ発展途上にある。本研究ではニュージーランドおよび西南日本に分布するTJ境界層状チャートのOs同位体比の変動を検討し、それらを対比することで全球的なOs同位体比変動を推定し、その古環境学的意義を考察した。これらの層状チャートはパンサラッサ海の遠洋性堆積物であり、大陸源砕屑物による地域的な影響を受けにくいため、全球的なOs同位体比変動を記録していると考えられる。

本研究ではニュージーランド北部、パキヒ島のPakVセクション(岡田ほか2015)のチャート層、および愛媛県西予市、明浜のAYセクション(吉田卒論、2017)のチャート層についてOs濃度、レニウム(Re)濃度、Os同位体比を測定し、堆積年代を200 Maとして年代補正を行い堆積時のOs同位体比($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_i$)を求めた。先行研究による生層序学的情報に基づいて、本研究で得られたPakVおよびAYセクションのOs同位体比の変動を、愛知県犬山地域の栗栖セクション(Kuroda et al., 2010)およびイタリア南部のSasso di Castaldaセクション(Sato et al., 2021)のOs同位体比の記録と比較した。その結果、Norian-Rhaetian境界、Lower-Upper Rhaetian境界、三畳紀-ジュラ紀境界付近では複数のセクションOs同位体比の低下が見られ、これらは全球的なOs同位体比変動であることが示唆された。また、これらの変動は層序対比におけるタイポイント(Tie Point)として有効であることが示された。本研究ではTJ境界において白金族元素であるOs濃度の顕著な上昇が認められず、天体衝突を支持する証拠は得られなかった。また、大陸風化速度の急激な変化が起こったことを示す証拠も得られていない。これらのことから、本研究で見られるOs同位体比の低下は火成活動などによって上部マントル起源のOsが海洋に供給されたことを示唆している。パンゲア大陸で形成されたCAMPの火成岩類が風化して河川を通じて海洋に流入するとOs同位体比の低下が起きることが予想されたが、CAMPの主要な形成期間(201.635 $\pm$ 0.029 Ma – 200.916 $\pm$ 0.064 Ma; Blackburn et al., 2013; Davies et al., 2017)の大部分ではOs同位体比の低下が見られなかった。このことから、CAMPからパンサラッサ海へのOs流入フラックスは小さかったことが示唆される。

引用文献

Blackburn et al. (2013) Science 340, 941-945

Davies et al. (2017) Nat. Commun. 8, 15596

Kuroda et al. (2010) Geology 38, 1095-1098

Marzoli et al. (2018) Chapter 4 in The Late Triassic World. Top. Geobiol. 46, 91-125

岡田有希, 堀利栄, 池田昌之, 池原実(2015)大阪微化石研究会誌 15, 219-232.

Rigo et al. (2020) Earth Sci. Rev. 204, 103180

Sato et al. (2021) Chem. Geol. 586, 120506

吉田夏子 (2017) 愛媛大学卒業論文.

Keywords: Triassic-Jurassic boundary, Os isotope, Bedded chert, Central Atlantic Magmatic Province

Integrated radiolarian and conodont biostratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary in the Mino Belt, Inuyama area, central Japan

*Yuki Tomimatsu¹, Tetsuji Onoue¹, Manuel Rigo²

1. Kyushu University, 2. University of Padova

三疊紀末大量絶滅（約2億1400万年前）は、超大陸パンゲアの分裂に伴う火山活動（CAMP：Central Atlantic Magnetic Province）による急激な気候変動で生じたと考えられている。この絶滅イベントでは、陸域での四肢動物の絶滅や植物相の変化、海域に生息したコノドントの根絶を始め、アンモナイト、放散虫などの様々な海棲生物に影響を与えたことが知られている。美濃帯犬山地域の勝山セクション（UF）および来栖セクション（KU）の三疊紀/ジュラ紀（T/J）境界層において確認されているコノドントの絶滅と放散虫群集の急激な変動は、世界的に広く知られている（Hori, 1990; Carter and Hori, 2005）。近年、勝山セクションにおけるコノドント生層序の再検討が行われ、当時パンサラサ海の遠洋域に生息していたコノドントが、三疊紀末大量絶滅をわずかに生き延びていた可能性が指摘されているが（Du et al., 2020）、日本のT/J境界セクションにおける放散虫-コノドント生層序学的研究は2000年代以降研究例が少なく、三疊紀末におけるコノドントと三疊紀型放散虫群集の共存関係および絶滅層準については詳しく分かっていない。そこで本研究では、美濃帯犬山地域における未検討の後期三疊期ノーリアンから最前期ジュラ期ヘッタンギアンの層状チャートを研究対象とし、高解像度の放散虫-コノドント統合化石層序を確立し、T/J境界層準における放散虫・コノドントの絶滅のタイミングと群集変化について検討を行なった。

研究対象は、令和2年7月の豪雨災害によって岐阜県坂祝町木曾川右岸に露出した、勝山セクションの側方延長にあたる層状チャート（便宜的に「勝山-Bセクション」と呼ぶ）である。野外調査では実測柱状図の作成と微化石処理用試料としてチャートのサンプリングを行い、フッ化水素酸を用いて微化石（放散虫・コノドント）を抽出した。

勝山-Bセクションの層厚は約12.6 mで、主に赤色の層状チャートから構成されるが、セクションの基底から9.5～11.3 m付近では、特徴的な紫色チャートが認められる。層状チャートからは豊富なコノドント・放散虫群集が産出し、*Praemesosaturnalis pseudokahleri*帯（TR8B）～*Bipedis horiae*帯（JR0B）に特徴的な放散虫化石が得られた。さらに同セクションでは、*Misikella hernsteini*帯～*Misikella ultima*帯に特徴的なコノドントが得られた。これらの放散虫-コノドント化石層序から、セクション全体の年代は後期ノーリアン～最前期ヘッタンギアンに対比された。さらに本研究では、コノドント*Misikella posthernsteini*の初産出によって定義づけられるノーリアン/レーティアン境界と、ジュラ紀基底を特徴付ける放散虫*Pantanellium tanuense*を含むジュラ紀型放散虫群集の初産出によりT/J境界を確認することができた。その結果、三疊紀末に絶滅すると認識されていたコノドントおよび三疊紀型放散虫群集が、ジュラ紀型放散虫群集と共存してT/J境界の約1.1 m上部まで産出しており、先行研究で報告されていた放散虫群集の急激な変動は見られないことが明らかとなった。さらに本研究では、T/J境界層を挟んだ約0.6 mの層序区間において、突発的に*Mesosaturnalis*属の放散虫化石種が多産することが明らかになった。この群集は、T/J境界層を挟む非常に短い区間でのみ産出することから、*Mesosaturnalis*多産帯としてT/J境界の指標となる可能性がある。従来の勝山セクションにおいて確認されている紫色チャートは1層準で、その年代は最後期レーティアンに対比されているが、本研究で見つかった特徴的な*Mesosaturnalis*群集は報告されていない。さらに、検討セクションの*Mesosaturnalis*多産帯では、三疊紀型とジュラ紀型の放散虫群集が共存して産出するが、勝山セクションでは、T/J境界を挟んで放散虫群集が三疊紀型からジュラ紀型のものに急激に変化している。これらのことから、少なくとも本検討セクションで*Mesosaturnalis*多産帯として認識されるT/J境界層を挟んだ層序区間は、勝山セクションでは欠損している可能性が考えられる。

引用文献

Carter and Hori, 2005, *Can. J. Earth Sci.* 42, 777–790.

Du et al., 2020, *Earth-Sci. Rev.* 203.

Hori, 1990, *Palaeont. Soc. Japan*, 159, 562–586.

Keywords: Bedded chert, Radiolaria, Conodont, Triassic-Jurassic boundary

Session Oral | G1-1. sub-Session 01

[1oral201-12] G1-1. sub-Session 01

Chiar:Keishi Okazaki, Yoshihiro Nakamura, Nana Kamiya

Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 12:00 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

- [G1-O-1] Multiple Types of porosity – P-wave velocity relationships for The Nankai Trough
 *Suguru YABE¹, Yohei HAMADA², Manami KITAMURA¹, Rina FUKUCHI³, Yoshitaka HASHIMOTO⁴ (1. Geological Survey of Japan, 2. JAMSTEC, 3. Naruto Univ. of Education, 4. Kochi Univ.)
 9:00 AM - 9:15 AM
- [G1-O-2] Temperature dependence of frictional properties of opal gouge and its implications for faulting along subduction-zone megathrusts
 *Kyuichi Kanagawa¹, Tomoya Nakanishi², Junya Fujimori², Sayumi Sagano², Michiyo Sawai¹ (1. Research School of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University)
 9:15 AM - 9:30 AM
- [G1-O-3] Thermal history, strain and deformation mechanism in a fossil seismogenic fault: the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt
 *Yoshitaka Hashimoto¹, Mako Kawaji¹, Jinpei Mitani¹, Taizo Uchida¹ (1. Kochi University)
 9:30 AM - 9:45 AM
- [G1-O-4] Fluid activity at the deeper part of plate boundary: An example from Median Tectonic Line in Ohshika district, Nagano, Japan
 *Yoshihiro Nakamura¹, Kiran Sasidharan², Satish-Kumar Madhusoodhan² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University)
 9:45 AM - 10:00 AM
- [G1-O-5] Geological constraints on dynamic changes of fluid pressure in seismic cycles
 *Takahiro Hosokawa¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi University)
 10:00 AM - 10:15 AM
- [G1-O-6] Identification of thermal events along a seismogenic fault using paleomagnetic analyses in the Yokonami mé lange, the Cretaceous Shimanto Belt, Southwest Japan
 *Taizo Uchida¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi Univ.)
 10:15 AM - 10:30 AM
- [G1-O-8] Active fault outcrops and activity of the Shimojyo-sanroku fault, southern Nagano Prefecture, Southwest Japan
 *Masao KAMETAKA¹, Kota SHIMOGAMA¹, Masaaki IWASAKI¹, Toru SAKAI^{1,2}, Kazuhiko OKAZAKI¹, Eiji NAKATA³, Kotaro AIYAMA³, Ryo HAYASHIZAKI³, Takahiro IIDA⁴ (1. Dia Consultants, 2. Waseda Univ., 3. CRIEPI, 4. CERES)
 10:45 AM - 11:00 AM
- [G1-O-9] fluid source in the diagenesis of pelagic sediments
 *Hitomi MIZUNO¹, Asuka Yamaguchi¹, Akira Ijiri³, Takashi Sano² (1. AORI, the university of Tokyo, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 3. Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University)
 11:00 AM - 11:15 AM

[G1-O-10] Rheology of San Carlos olivine aggregates at the brittle-plastic transition and the strength profile of oceanic plate

*Keishi OKAZAKI¹ (1. Hiroshima University)

11:15 AM - 11:30 AM

[G1-O-11] Simple topographic parameter reveals the along-trench distribution of frictional properties on shallow plate boundary fault

*Hiroaki KOGE¹, Juichiro ASHI², Jin-Oh PARK², Ayumu MIYAKAWA¹, Suguru YABE¹ (1. AIST, 2. AORI, UTokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

[G1-O-12] Cross sections of a surface deformation that is not explained by tectonic events

*Eiji Nakata¹, Yasuto Hirata¹, Ryo Hayasizaki¹ (1. Central Research Institute of Electric Power Industry)

11:45 AM - 12:00 PM

Multiple Types of porosity –P-wave velocity relationships for The Nankai Trough

*Suguru YABE¹, Yohei HAMADA², Manami KITAMURA¹, Rina FUKUCHI³, Yoshitaka HASHIMOTO⁴

1. Geological Survey of Japan, 2. JAMSTEC, 3. Naruto Univ. of Education, 4. Kochi Univ.

堆積物の空隙率とP波速度の間の経験式はこれまで多くの提案がなされている。例えば、Erickson and Jarrard (1998)はグローバルなデータセットをコンパイルして、2種類の経験式（normal consolidationとhigh consolidationモデル）を提案した。特に西南日本の付加体に注目すると、さらに多くのモデルが提案されている。Hoffman & Tobin (2004)は室戸沖のデコルマ下盤の堆積物のデータを用いた経験式を提案した。Kitajima & Saffer (2012)は熊野沖のインプット堆積物の圧密実験の結果がHoffman & Tobin (2004)と調和的であることを示した。一方、Tudge and Tobin (2013)は、スメクタイト含有量の多いインプット堆積物はErickson and Jarrard (1998)やHoffman & Tobin (2004)の経験式よりも低速であることを提案した。また、Hashimoto et al. (2010)は熊野沖のIODP掘削サイトC0001のデータから、スロープ堆積物と付加体がそれぞれ異なる関係性に従うことを提案した。Kitajima et al. (2017)は、熊野沖のIODP掘削サイトC0002のデータから独自の経験式を得た。このように西南日本付加体における空隙率とP波速度の間の経験式は多くの提案がなされているが、これらの研究は対象とするローカルな地質構造内での関係に着目しており、俯瞰的な視点による経験式と地質体の関係は整理されていなかった。そこで本研究では、西南日本熊野沖におけるインプット堆積物から前弧海盆に至るまでの様々な地質環境のIODP掘削サイトのデータをコンパイルすることで、経験式と地質体の関係の俯瞰的な整理を試みた。

コンパイルの結果、複数の空隙率とP波速度の間の経験式が確認され、スメクタイトの含有割合と沈み込みによる圧縮応力場を経験したかどうかが付加体堆積物の物性を決める大きな要因となっていることが明らかになった。

(1) 高スメクタイト含有地質体における超低P波速度スメクタイト含有量が40-60wt%に達するインプット堆積物（Middle Shikoku Basin・Lower Shikoku Basin）で見られる、最もP波速度の低い経験式。Tudge and Tobin (2013)が提案した経験式に対応する。

(2) 非圧縮場における低P波速度スメクタイト含有量の低いインプット堆積物（Upper Shikoku Basin）やトレンチ堆積物、スロープ堆積物など、沈み込みによる圧縮応力を経験していない地質体で見られる、P波速度の低い経験式。Erickson and Jarrard (1998)のnormal consolidationモデルに対応する。

(3) 圧縮場における高P波速度付加体に取り込まれ、圧縮場を現在もしくは過去に経験した堆積物に見られる、P波速度の速い経験式。Erickson and Jarrard (1998)のhigh consolidationモデルに対応する。

空隙率とP波速度の間の経験式は、地震探査で得られたP波速度構造から付加体の物性を推定する際によく使用される。これまでのようにローカルなデータセットに基づいた経験式を使用する場合、広域の構造に対して経験式を適用することの妥当性が明らかではなかった。本研究が明らかにした俯瞰的な付加体物性と地質体の関係に基づいて、広域な付加体の構造に対して経験式を使い分けて物性の推定を行うことが可能となり、地震探査の速度構造から推定される付加体物性の正確性が向上すると期待される。

【引用文献】

Erickson, S. N., & Jarrard, R. D. (1998), *JGR*, doi:10.1029/98JB02128

Hoffman, N. W., & Tobin, H. J. (2004), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 190/196, 1–23.

Hashimoto, Y., Tobin, H. J., & Knuth, M. (2010), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, doi:10.1029/2010GC003217

Kitajima, H., & Saffer, D. M. (2012), *GRL*, doi:10.1029/2012GL053793

Kitajima, H., Saffer, D., Sone, H., Tobin, H., & Hirose, T. (2017). *GRL*, doi: 10.1002/ 2017GL075127
Tudge, J., and H. J. Tobin (2013), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, doi:10.1002/2013GC004974.

Keywords: Nankai Trough, Accretionary prism, Porosity, P-wave velocity

Temperature dependence of frictional properties of opal gouge and its implications for faulting along subduction-zone megathrusts

*Kyuichi Kanagawa¹, Tomoya Nakanishi², Junya Fujimori², Sayumi Sagano², Michiyo Sawai¹

1. Research School of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

We conducted triaxial friction experiments on opal gouge at a confining pressure of 150 MPa, a pore water pressure of 50 MPa, temperatures (T) of 25–200°C, and axial displacement rates (V_{axial}) changed stepwise among 0.1, 1 and 10 $\mu\text{m/s}$, in order to investigate its temperature-dependent frictional properties and their controlling factors. Because opal is known as a main component in chert on the Pacific plate subducting at the Japan Trench, its frictional properties would be applicable to those of chert subducting there.

The results showed frictional strength increasing with increasing T , rate-weakening behavior at $T \geq 100^\circ\text{C}$, where frictional strength decreases or increases when V_{axial} is increased or decreased, and stick slips at $T \geq 150^\circ\text{C}$. When fitted by the rate- and state-dependent friction constitutive law, steady-state friction coefficient μ_{ss} increases with increasing T or decreasing V_{axial} , while $a - b$ (rate dependence of μ_{ss}) implying stable (aseismic) faulting if positive, i.e., rate strengthening, and potentially unstable (seismic) faulting if negative, i.e., rate weakening) decreases with increasing T or decreasing V_{axial} , and becomes ≈ 0 at 50°C and negative at $T \geq 100^\circ\text{C}$, being larger negative at higher T or lower V_{axial} in the latter case.

These results indicate that frictional properties of opal gouge are dependent on not only T but also V_{axial} , suggesting that a thermally activated process is responsible for the observed frictional properties. Gouge layer at higher T contains a smaller fraction of submicron-size particles, which have likely been dissolved away at higher T . In addition, gouge layers at $T \geq 100^\circ\text{C}$ do not show clear cataclastic microstructures, but are rather dense. These microstructures suggest the activation of thermally activated pressure solution during the experiments, which promoted gouge densification to increase frictional strength with increasing T or decreasing V_{axial} , thereby decreasing $a - b$ to < 0 at $T \geq 100^\circ\text{C}$. Our results also show that $a - b \approx 0$ at 50°C , suggesting that the transition from aseismic faulting to seismic faulting occurs at $\approx 50^\circ\text{C}$ along the megathrust at the Japan Trench subduction zone if the megathrust is located in chert on the subducting Pacific plate.

Keywords: opal gouge, frictional properties, temperature dependence, subduction zone, faulting

Thermal history, strain and deformation mechanism in a fossil seismogenic fault: the Yokonami melange, the Cretaceous Shimanto Belt

*Yoshitaka Hashimoto¹, Mako Kawaji¹, Jinpei Mitani¹, Taizo Uchida¹

1. Kochi University

●はじめに

過去の断層のすべり挙動を制約することは、地球物理学的に観測されている多様なすべり速度を持つ断層の物質科学的理解につながる。この制約が広くなされれば、異なるすべり速度の断層群の相互作用も明らかになるだろう。これはスロー地震と通常地震の相互作用の理解へ発展していく可能性がある。本研究は1)断層からの距離に応じた被熱減衰パターンが断層摩擦発熱を起因とした時のすべり挙動の制約（例えばHamada et al., 2015）、2) 延性変形に敏感な帯磁率異方性(AMS)によるひずみ解析（Greve et al., 2020）、および3)段階熱消磁実験によるイベント温度の同定と磁気方位の変化から、すべり速度、ひずみ、変形機構といった観点で総合的に断層挙動を理解しようとするものである。

●地質概説

対象は四国白亜系四万十帯横浪メランジュの北縁に位置する五色の浜断層である。断層帯の幅は2-3mで、破碎帯を伴う複数の断層からなる。一つの破碎帯の厚さは10-20cmで、石英質の砂岩ブロックを取り囲む泥質基質は流動的な組織を示す。石英は鏡下で波状消光し、場所によってバルジが見られる。母岩の輝炭反射率から最高被熱温度は約250Cである。また、1mm以下の厚さのシュードタキライトを伴うシャープな断層が破碎帯内部に見られ、過去の地震断層と認定される（Hashimoto et al., 2012）。

●摩擦発熱によるすべり挙動の制約

再結晶粒子サイズ温度計から破碎帯内部地震断層から1.5cmまでの被熱温度はほぼ一定で約370Cであり、母岩より有意に高い。また破碎帯から母岩の輝炭反射率分布には距離に応じた減少傾向が弱く見られた。この両者の温度分布が摩擦発熱のためだとすると、約20cmの破碎帯がすべり時間 $10^{3.4}$ 乗秒、発熱量が $10^{4.43}$ J/m²/s程度であることが制約された。このすべり時間と発熱量は観測されるスロー地震のスケーリング則に調和的であり、破碎帯はスロー地震の化石であることが示唆される。すなわち、スロー地震と地震断層は同じ断層帯を利用していることが考えられる。

●ひずみ解析

バルジの粒径から推定されるひずみ速度および変位速度はプレート運動よりも桁違いに遅く、泥質基質の流動が変位を賄っていることが示唆された。そこで延性変形に敏感なAMS解析からひずみの分布を検討した。その結果断層帯から十分遠い母岩のオプレートなひずみに断層帯内でのプロレートなひずみが重複して断層帯中心付近で平面ひずみとなる傾向が見られた。また断層帯内でプロレートなひずみの重複量が中程度まではひずみ軸の集中が見られるのに対し、重複量が大いといひずみ軸がランダムな分布を示した。これは、プロレートのひずみの重複に伴って延性ひずみが脆性破壊へ変化したことを示唆している。

●段階熱消磁実験によるイベント温度の抽出

断層岩および母岩メランジュサンプルに段階熱消磁実験を行ったところ、250-300Cで磁気方位が変化した。これは、特定の磁性鉱物が熱イベントを被った温度と言える。この温度は母岩の過去の最高被熱と下限で調和的であるが、上限は断層摩擦発熱とする熱イベントとも調和的であるとも言える。ただし、断層岩と母岩メランジュの両者ともに同様の熱イベントが認定されることから、断層摩擦発熱による局所的な温度上昇とは言えない。現在は予察的な結果であり、今後データの精査が必要である。本手法は熱イベント温度の追認の意味だけでなく、熱イベント前後での岩体の回転も検討できることから、将来、ひずみやひずみ速度の制約につながることを期待している。

●まとめ

・四国白亜系四万十帯北縁に位置する五色の浜の破碎帯中にはバルジの動的再結晶が観察された。このひずみ

速度は著しく遅く泥岩基質の流動が変位を賄っていることが示唆された。

- ・ 温度減少パターンから破碎帯のすべり速度・すべり時間が制約され、スロー地震に相当する。
- ・ AMSから剪断ひずみ帯が制約され、ひずみが中程度までは延性的な変形機構が、ひずみが大きくなると脆性的な変形機構が示唆された。
- ・ 磁性鉱物の段階消磁実験から他の温度情報と調和的な熱イベントが得られた。

Hamada et al., 2015, Earth Planet and Space, 67:39: DOI 10.1186/s40623-015-0208-0/ Annika Greve et al., 2020, Earth and Planetary Science Letters, 542,

<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116322>/Hashimoto, Y et al., 2012, Island arc, 2012, 53-56.

Keywords: accretionary complex, seismogenic fault, thermal history, strain, deformation mechanism

Fluid activity at the deeper part of plate boundary: An example from Median Tectonic Line in Ohshika district, Nagano, Japan

*Yoshihiro Nakamura¹, Kiran Sasidharan², Satish-Kumar Madhusoodhan²

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

地質時代に形成された沈み込み帯境界面は、現在観測される深部プレート境界面での流体活動や力学特性を陸上で観察できる貴重な地質記録である。最近Nakamura et al. (2022)は、三波川変成帯と領家変成帯が地下30km付近ですでに接合し、中央構造線が古第三紀のプレート境界面として機能していたことを報告した。つまり中央構造線に記録される断層岩とそれに伴う断層脈の特性から、各深度におけるプレート境界面での流体活動を追跡できる可能性がある。そこで本研究では、中央構造線中軸部に広く分布する炭酸塩脈を対象に詳細な記載と地球化学的研究を実施した。長野県大鹿村地域には、オレンジカタクレーサイトと呼ばれる鉄酸化物と炭酸塩脈からなる強変質帯が広く分布する。炭酸塩脈はウルトラマイロナイト面を切断し、左横ずれを示すポーフィルロクラストのテイルを充填している。一方で右横ずれを示す断層ガウジ中には、クラスト単体として存在するか、斜長石を置換している。このような微細観察からウルトラマイロナイトが形成される時期から脈形成が開始し、断層ガウジが形成されるときにはすでに沈殿が終了したと示唆される。

この炭酸塩脈を南北20kmから計28試料採取し炭素酸素同位体分析を新潟大学にて実施した。採取した炭酸塩脈のXRD分析では、ほとんどがカルサイトであり一部ドロマイト試料も含まれている。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ は-3.64%から-10.9%まで変動し $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOM}}$ も+11.04%から+23.5%まで変動した。本研究地域の炭素酸素同位体値は弱い正の相関を有する。このような炭素酸素同位体値の線形関係は2種類のCOH流体の混合で説明できる(Zhang and Hoefs, 1993). そこで我々の炭素酸素同位体分布を説明できるfluid Aとfluid Bをモデル計算した。大規模なせん断帯中のマイロナイトは天水起源の流体が地下10km付近まで浸透していることが、石英の酸素同位体値から明らかになっている(Fricke et al. 1992). そこでfluid A ($\delta^{13}\text{C} = -3.5\%$, $\delta^{18}\text{O} = 0\%$)を天水と仮定し、流体混合モデルの計算を行った。すると炭酸塩脈の炭素酸素同位体値を説明できるfluid Bは $\delta^{13}\text{C} = -15\%$, $\delta^{18}\text{O} = +3\%$ となり、大きな $\delta^{13}\text{C}$ 値の変動が混合モデルから推定された。この値は泥質片岩中有機物(-25%)の寄与を強く示唆しており、フランシスカン変成帯や三波川変成帯中の泥質片岩中炭酸塩脈と近い炭素酸素同位体値を示す(Bebout, 1995; Morohashi et al. 2008). つまりプレート境界下盤側の三波川変成岩の脱水反応で形成されたCOH流体がfluid Bの起源である可能性が高い。そして地下深部で形成された変成流体と天水がせん断帯を浸透する間に混合し断層面に炭酸塩脈を沈殿させたと考えられる。大鹿村地域では現在でもスラブ流体起源とされる塩水が中央構造線沿いに湧出しており、この塩水との関連も含めて議論を行う。

[引用] Bebout (1995), *Chemical Geology*; 126, 191–218. Fricke et al. (1992), *CMP*; 111, 203–221. Morohashi et al. (2008), *JMPS*; 103, 361–364. Nakamura et al. (2022), *JMG*; 40, 389–422. Zhang and Hoefs (1993), *Mineral. Deposita*; 28, 79–89.

Keywords: Median tectonic line, Carbonate minerals, Carbon and oxygen isotopes

Geological constraints on dynamic changes of fluid pressure in seismic cycles

*Takahiro Hosokawa¹, Yoshitaka Hashimoto¹

1. Kochi University

流体は断層挙動に重要な影響を与えている。沈み込みプレート境界地震発生帯の流体圧の変動には2つのモデルがある。一つはFault valve behaviorで、イベント発生時に流体圧力が低下するものである(Sibson, 1992)。もう一つは、摩擦熱により流体圧力が上昇するThermal pressurization (TP)である(e.g., Sibson, 1973)。この2つのモデルは時間スケールが異なるため、あるイベントにおいて共存する可能性がある。両者の流体圧変動を一つの断層帯から定量的に制約することはこれまでなされていない。そこで本研究では、牟岐メランジュに見られる伸長鉱物脈を伴う底付け断層帯を対象とし、断層帯から地震サイクルに伴う流体圧変動を定量的に制約することを目的とする。

牟岐メランジュは、底付け付加体である。本研究で対象とした断層帯は、東北東方向に走向を持ち、南または北に急傾斜する。玄武岩を主体としており、底付け付加に関連していると考えられる(Ikesawa et al., 2005)。断層帯直上の陸原性堆積物からなるメランジュでは、メランジュ構造を切断する伸長鉱物脈がネットワーク状に発達している。この鉱物脈は断層帯近傍で観察されることから、底付け断層帯に関連した鉱物脈であると解釈される。また、ネットワーク状鉱物脈は互いに切断していることから、鉱物脈が複数のステージで繰り返し発達したことが示唆される。

本研究では、鉱物脈に対して混合ビンガム分布法を適用し、古応力と駆動流体圧比(P^*)を推定した(Yamaji and Sato, 2011, Yamaji, 2016)。 P^* は、伸長鉱物脈形成時の最大過剰流体圧(ΔP_o)を差応力で正規化したものである(Otsubo et al., 2020)。 P^* を推定するためにDriving pressure index (DPI)を用いた。DPIは、鉱物脈形成時の正規化した法線応力の確立分布を示す関数の95パーセンタイル点を近似することで、 P^* の代表値とするものである(Faye et al., 2018)。その結果、3つの応力(応力1,2,3)とそれに対応する P^* を得ることができた。鉱脈形成時の応力場を復元するために、断層帯の面構造を水平に回転させた。回転後の応力1は、正断層応力場($P^*=0.30$)、応力2は、アンダーソンのではない応力場($P^*=0.15$)、応力3は、逆断層応力場($P^*=0.24$)を示している。逆断層と正断層応力場が記録されており、露頭の観察から鉱物脈が複数の応力ステージの繰り返しを示すことから、この鉱物脈は、地震サイクル間での応力変化を記録している可能性がある。 P^* とMatsumura et al. (2003)による流体包有物からの流体圧の最大値と最小値を用いて、引張強度(T_s)と深度をそれぞれ約6.94-9.38MPaと約5.14-5.33 kmと制約した。岩石破壊理論(Secor, 1965)より、深度と T_s から鉱脈形成時の最小流体圧(P_{fmin})を計算できる。 P^* が0より大きい場合、 ΔP_o も0より大きく、この ΔP_o と P_{fmin} の和は、鉱物脈形成時の最大流体圧(P_{fmax})を示す。推定した P^* と T_s を用いて最大の ΔP_o は逆断層応力場で約6.7-9.0MPa、正断層応力場で約8.3-11.3MPaと制約した。逆断層応力場で推定された ΔP_o は静岩圧を超える流体圧上昇を示し、TPなどの動的な流体圧上昇である可能性がある。また、正断層応力場での鉱物脈形成時の流体圧は、逆断層応力場で形成される鉱物脈より小さくなることが示され、地震後の流体圧減少を示している可能性がある。そのため、流体包有物から推定される流体圧の幅は、Fault valve behaviorで想定される流体圧の最小減少量の最大見積りを示している。

本研究で制約された流体圧変動は、伸長鉱物脈形成領域下のものである。地震サイクル間での流体圧変動を捉えるためには、剪断モード領域において流体圧変動を制約する必要があるため、今後検討を行っていく。

引用文献 Sibson, 1992, *Tectonophysics*; Sibson, 1973, *Nature Physical Science*; Ikesawa et al., 2005, *Tectonophysics*; Yamaji and Sato, 2011, *Journal of Structural Geology*; Yamaji, 2016, *Island Arc*; Otsubo et al., 2020, *Scientific reports*; Faye et al., 2018, *Journal of Structural Geology*; Matsumura et al., 2003,

Geology, Secor, 1965, *American Journal of Science*

Keywords: Accretionary complex, Extensional vein, Fluid pressure, Seismic cycles

Identification of thermal events along a seismogenic fault using paleomagnetic analyses in the Yokonami mélange, the Cretaceous Shimanto Belt, Southwest Japan

*Taizo Uchida¹, Yoshitaka Hashimoto¹

1. Kochi Univ.

●はじめに：断層は多様なすべり速度を持つ。地質学的にはシュードタキライトを伴う高速すべりを示す断層や、圧力溶解劈開や動的再結晶などの低速な塑性変形を示す断層が観察される。一方、地球物理学的には高速な巨大地震と低速なスロー地震が観測されている。地質学的に断層すべり挙動を制約することが可能になれば、地球物理学的観測を物質科学的に理解することにつながる。Hamada et al. (2015)は、紀伊半島沖のIODP掘削試料を用いたビトリナイト反射率の測定をもとに、断層帯からの距離に応じた熱拡散パターンを見出し、断層のすべり挙動を制約した。このように、熱イベントの痕跡はすべり挙動の制約に利用できる。古地磁気学的手法で熱イベントを認定することは可能であるが、地震断層に適用された例は少ない。そこで本研究では、古地磁気学的手法を用いて地震断層の熱イベントを認定することを目的とする。また、古地磁気学的手法では古地磁気方位を得ることができるため、熱イベント前後での地質帯の変動を得られるという他にない利点がある。

●地質概説：本研究では、白亜系四万十帯・横浪メランジュ・五色ノ浜断層を対象とする。横浪メランジュは主に泥質な基質部と砂岩のブロックで構成されている。五色ノ浜断層の断層帯の厚さは約2 mで、断層帯には厚さ数～数十cmのカタクレサイトが発達しており、長径約2 mの砂岩ブロックを取り囲んでいる部分もある。メランジュの約50 m北方には整然層の須崎層群の地層が分布している。母岩の最高被熱温度はビトリナイト反射率から約250 °Cと報告されている（Sakaguchi, 1999）。これまでに、五色ノ浜断層の破碎帯中の石英の塑性変形に注目した研究で、母岩に対して優位に高い温度を記録していることが報告されている(川路・橋本, 2021)。

●手法：残留磁化を記録する強磁性鉱物は、地震発生時の断層の摩擦発熱によって熱残留磁化(TRM)を獲得する可能性がある。TRM獲得時の断層帯の被熱温度は、強磁性鉱物のブロッキング温度に反映されると考えられる。このことから、断層からの距離に応じてブロッキング温度の変化(熱拡散パターン)が見られる可能性がある。この熱拡散パターンをもとに、摩擦発熱時間を制約し、すべり挙動の推定を目指す。試料には、断層帯から南北約20 mの範囲で、メランジュの砂岩ブロックおよび泥質な基質部から断層帯からの距離に応じてブロックサンプリングしたものを、古地磁気測定用の円柱状の1インチ試料にして使用した。試料のアンブロッキング温度を知るために段階熱消磁実験を行った。

●結果：全ての試料で250 °C～400 °C付近でアンブロッックされる磁化成分が確認された。全ての試料は500 °C付近の消磁中に酸化してしまったため、自然残留磁化(NRM)の約10～50 %までしか落とすことができなかった。

●議論：250 °Cのアンブロッキング温度は、母岩の最高被熱温度とほぼ一致している。しかし、250 °C以上でアンブロッックされる磁化成分は、仮にこの磁化成分がTRMだった場合、この地域のビトリナイト反射率の測定から推定された最高被熱温度と整合的でないことが示唆された。さらに、今回の結果は断層帯を中心に20 mほどの範囲で行っており、断層帯に局所化したイベントとはいえない。そのため、北部の整然層も含めたこの地域の古地磁気方位を詳細に調べる必要がある。また、ブロッキング温度は断層帯からの距離に応じて変化が見られなかったため、メートルスケールでは熱拡散パターンを確認できないことが示された。そのため、今後は断層帯周辺のより狭い範囲でサンプリングする必要がある。

引用文献 Hamada,Y, Sakaguchi,A, Tanikawa,W, Yamaguchi,A, Kameda,j, and Kimura,G, 2015, Earth, Planets and Space, 67(1), 1-12. 川路真子, 橋本善孝, 2021, 日本地質学会学術大会講演要旨第128学術大会 (2021 名古屋オンライン), 一般社団法人 日本地質学会, 2021, 187 Sakuguchi.A, 1999, Earth and Planetary Science Letters, 173(1-2), 61-74.

Keywords: seismogenic fault, paleomagnetism, rockmagnetism, Shimanto Belt

Active fault outcrops and activity of the Shimojyo-sanroku fault, southern Nagano Prefecture, Southwest Japan

*Masao KAMETAKA¹, Kota SHIMOGAMA¹, Masaaki IWASAKI¹, Toru SAKAI^{1,2}, Kazuhiko OKAZAKI¹, Eiji NAKATA³, Kotaro AIYAMA³, Ryo HAYASHIZAKI³, Takahiro IIDA⁴

1. Dia Consultants, 2. Waseda Univ., 3. CRIEPI, 4. CERES

下条山麓断層は長野県南部に位置し、北東-南西方向に広がる伊那谷と南西側の山地の境界をなし、北西-南東方向に延びる活断層である。有井（1958）は下條村親田の牛ヶ爪川沿いの2ヶ所で、段丘礫層を切って花崗岩が衝上する露頭を見出し新田断層と名付けたが、露頭の詳細については記載していない。仁科ほか（1985）は、この断層を長さ10 kmの下条山麓断層としている。岡田ほか（2003）及び鈴木ほか（2010）は、下条山麓断層に相当する並走した2条の「推定活断層（地表）（位置やや不明確）」を図示している。調査地域の北部では、津久井・小林（2019a, b）によって断層の構造解析が行われている。今回の調査では下條地域の地形判読を行い、地表踏査によって下条山麓断層の断層露頭を数カ所で確認したので、それらの概要を報告する。

【牛ヶ爪川露頭】

入登山神社北方の牛ヶ爪川左岸に活断層露頭が露出しており、有井（1958）が記載した露頭とみられる。花崗岩とそれを覆う礫層が断層に切られており、これらを含礫シルト層及び含礫腐植質シルト層が覆っている。花崗岩中の断層は幅5～30 cm程度の断層ガウジを伴い、上盤及び下盤は主に花崗岩質の断層角礫からなる。断層面の走向はN20～32°W、傾斜は32～70°Wで露頭上方へ向かって低角化し、レイク60°北落ちの不明瞭な条線が認められる。断層は礫層基底を鉛直方向に1.5 m程度、逆断層センスに変位させている。この礫層は周辺に分布する中位段丘面を開析して堆積したとみられるため、より新しい時代の礫層と考えられる。断層を覆う含礫腐植質シルト層からは、813±19 cal.yr.BPなどの¹⁴C年代が得られた。

【牛ヶ爪川支流露頭】

牛ヶ爪川露頭の北西約100 mの沢沿いの両岸に断層が露出している。露頭では鮮新-更新統伊那層群と考えられる礫層に、花崗岩の破碎帯が大規模に衝上している。断層は2条認められ、それぞれ幅約5 cmの断層ガウジを伴う。上盤側の花崗岩は破碎され風化が著しく、右岸側では大規模な崩壊地を形成している。下盤側は褐色のクサリ礫主体の巨礫礫層からなる。この露頭では、断層と新期の地層との関係は観察できていない。

【鶯巣川支流露頭】

鶯巣川支流の極楽沢右岸に活断層露頭が露出している。花崗岩の破碎帯及び上載する礫層を断層が切断している。花崗岩中の断層は幅2～4 cm程度の断層ガウジを伴い、上盤及び下盤は主に花崗岩質の断層角礫からなる。断層面の走向はN38～40°W、傾斜は25°SW、レイク60°北落ちの条線が認められる。礫層基底を鉛直方向に0.5 m程度、逆断層センスに変位させている。この礫層は周辺に分布する低位段丘を開析して沢沿いに亜段を形成していることから、さらに新しい時代の礫層と考えられる。

【増の沢露頭】

阿智村中野の大沢川支流増の沢の右岸に断層露頭がみられる（田中・小泉，2012）。この露頭では、中新統中野層の砂岩に破碎された花崗岩が衝上している。断層はNW-SE走向でSWに傾斜する逆断層である。露頭の位置や姿勢から、下条山麓断層の北西延長部にあたると考えられる。この露頭では、断層と新期の地層との関係は観察できていない。

【下条山麓断層の活動性】

下条山麓断層は伊那谷の地形を規制し、鮮新-更新統の伊那層群を大規模に切ることなどから、過去には活発に活動していたことが示唆される。ところが、下条山麓断層の変動地形は非常に不明瞭であり、地形判読からは最近の活動性は高くないと推定される。一方で、鶯巣川支流露頭では新期の礫層を切断しており、ごく新しい活動もあったと考えられる。今後、下条山麓断層の第四紀における活動履歴を明らかにする予定である。

【謝辞】

本研究は、電力委託研究「破碎部性状等による断層の活動性評価手法の高度化に関する研究」及び「上載地

層を必要としない断層活動性評価手法の開発に関する研究」の成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す。

【引用文献】

有井琢磨, 1958, 地理学評論, vol.31, no.6, p.14-30.

仁科良夫ほか, 1985, 信州大学理学部紀要, no.20, p.171-198.

岡田篤正ほか, 2003, 1:25,000都市圏活断層図「時又」, 国土地理院.

鈴木康弘ほか, 2010, 1:25,000 都市圏活断層図「妻籠」, 国土地理院.

田中 良・小泉明裕, 2012, 伊那谷自然史論集, vol.13, p.19-24.

津久井脩平・小林健太, 2019a, 日本地球惑星科学連合2019年大会, SSS15-P09.

津久井脩平・小林健太, 2019b, 日本地質学会第126年学術大会講演要旨, R15-P-13.

Keywords: Inadani fault zone, Shimojyo-sanroku fault, active fault, fault outcrop, Quaternary

fluid source in the diagenesis of pelagic sediments

*Hitomi MIZUNO¹, Asuka Yamaguchi¹, Akira Ijiri³, Takashi Sano²

1. AORI, the university of Tokyo, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 3. Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University

沈み込み帯における水の挙動は地震発生に関係していると考えられている。珪質軟泥は、海洋底の年齢が古く海溝の水深が炭酸塩保証深度を超える冷たい沈み込み帯に供給される主要な構成物であり、その脱水がプレート境界断層の発達に関与している可能性がある(Kameda et al., 2012; Kimura et al., 2012)。本研究では日本海溝のような冷たい沈み込み帯における流体の挙動を理解するために、美濃帯犬山セクションをその陸上アナログとして研究した。犬山セクションは分厚い層状チャートが60 m.y.以上の期間にわたって堆積しており、古い海洋プレートの沈み込みで形成されたことを示唆している(Matsuda and Isozaki, 1991)。犬山セクションでは、赤色チャートの層の中に2–10 mおきに白色チャートの層がみられ、これは流体の通り道であったと考えられている(Kameda et al., 2012)。白色チャートを形成するために必要な流体の量は単位質量あたりの珪質軟泥から脱水する水の量よりも明らかに多く(Yamaguchi et al. 2016)、外部からの移流があると考えられる。本研究では冷たい沈み込み帯に供給される流体の起源を制約するため、チャートの露頭や研磨片、薄片の観察を行うとともにチャートの中の様々な沈殿タイミングの石英に対し酸素同位体比と微量元素の分析を行った。チャート中の石英の形態は赤色チャート、白色チャート、石英脈の3つに大別され、また先に述べた順番に沈殿している(Kameda et al., 2012)。本研究では赤色チャート、白色チャート、石英脈中の石英についてそれぞれの酸素同位体比及び微量元素の値を測定し、石英を沈殿させた流体の起源を議論する。酸素同位体比について、赤色チャート7試料、白色チャート4試料、石英脈3試料の測定をActivation Laboratories Ltd.に依頼した。その結果、赤色チャートは $\delta 18\text{O} = -3.70 \sim -10.00\%$ 、白色チャートは $\delta 18\text{O} = -1.00 \sim -14.00\%$ 、石英脈は $\delta 18\text{O} = 0.55 \sim 13.00\%$ となった。一方、白色チャート3試料について高知コアセンターの酸素同位体分析ライン(Ijiri et al., 2014)で分析したところ $\delta 18\text{O} = 26.6 \sim 25.5\%$ となった。Kameda et al. 2012の計算によると、日本海溝における石英の沈殿は70℃前後で開始し100～130℃で終了する。同位体平衡の元、70℃及び130℃で石英が沈殿したと仮定すると、流体の $\delta 18\text{O}$ はActivation Laboratories Ltd.で測定された値を採用すると-29.56～-11.86‰ (70℃)、-21.14～-3.44‰ (130℃)、高知コアセンターで測定された値を採用すると-0.4～0.7‰ (70℃)、8.1～9.2‰ (130℃)となる。Activation Laboratories Ltd.のデータから計算された流体の $\delta 18\text{O}$ 値は天水、高知コアセンターで測定したデータから計算された流体の $\delta 18\text{O}$ 値は海洋地殻やマントルウェッジ由来の、深部からの水が起源であると考えられる。このため、差異が生じた理由を検討し、流体の起源を制約するために微量元素の分析を行う予定である。

引用文献

- Ijiri et al., 2014. *Journal of Quaternary Science*, 29, 455–462.
Kameda et al., 2012. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 317–318, 136–144.
Kimura et al., 2012. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 339–340, 32–45.
Matsuda, T., Isozaki, Y., 1991. *Tectonics*, 10, 475–499.
Yamaguchi et al., 2016. *Tectonophysics*, 686, 146–157.

Rheology of San Carlos olivine aggregates at the brittle-plastic transition and the strength profile of oceanic plate

*Keishi OKAZAKI¹

1. Hiroshima University

プレートテクトニクスのダイナミクスはかんらん岩中のカンラン石の変形特性により支配されていると考えられている。カンラン石の結晶塑性変形の構成則である流動則は、様々な条件により決定されている。その一方で、多くの巨大地震が発生する地震発生域の下限域のような、岩石の破壊・摩擦と結晶塑性変形が混在する領域の変形特性についてはよくわかっていない。本発表では日本海溝周辺の深部アウターライズ地震発生域に相当する温度圧力条件（温度400–800degC, 圧力500–1000MPa）でのカンラン石多結晶体の変形実験の結果について報告する。すべての変形実験において破壊音とAEを伴う不安定断層すべりが観測された。しかし、本実験で得られたカンラン石多結晶体の摩擦係数はおよそ0.4と一般的な低圧室温下での岩石の摩擦係数

（0.6–0.85: Byerlee則）よりも低かった。力学データと変形回収試料の組織との比較から変形は、若干の結晶塑性変形の存在も示唆されるものの主にY（B）面に繋がるR1せん断面に集中していた。このような“弱いけど不安定”な変形挙動がアウターライズ地震が発生するような海洋リソスフェアの変形を担っている可能性がある。

Keywords: Oceanic plate, Rheology, Mantle, Peridotite, Outer rise earthquakes

Simple topographic parameter reveals the along-trench distribution of frictional properties on shallow plate boundary fault

*Hiroaki KOGE¹, Juichiro ASHI², Jin-Oh PARK², Ayumu MIYAKAWA¹, Suguru YABE¹

1. AIST, 2. AORI, UTokyo

クリティカルテーパーモデル (CTM) は、プレート収束域において海溝に向かって先細る楔 (ウェッジ) 形を示す fold-and-thrust belt や付加体の、断面形状と断層強度の関係を理解するために考案された手法であり、ウェッジ形状を示す斜面傾斜角 α とデコルマ傾斜角 β からプレート境界断層の摩擦係数 ($\mu b'$) を計算することができる。

ただし、地形パラメータでもデコルマ傾斜角 β を求める際に問題が存在していた。 β は基本的に反射法地震探査断面から推定されるため、断面の深度処理の精度に大きく影響を受ける。そのため断面ごとに $\mu b'$ を比較する目的の場合、深度変換の精度が高い断面が必要となるため、結果として CTM を適用できる断面の数が限られてしまう。

本研究ではこの状況を改善するために、CTM の力学的意味を再検討した。その結果、CTM に対するデコルマ傾斜角 β の影響は小さく、特に①間隙水圧比が大きい場合と②内部摩擦が小さい場合、あるいはその両方の条件を満たす場合、斜面傾斜角 α が $\mu b'$ のプロキシとなりうることを発見した。更に、本研究で新たに導入したパラメータ WOA (Weight of Alpha) により α と $\mu b'$ の近似の妥当性を検証できるようにした。検証の結果、多くの沈み込み帯でこの近似のための条件が満たされていることも明らかにした。

改めてこの近似を日本海溝に適用し、既存の水深測量データ 71 点の α を求め、浅部プレート境界断層の摩擦係数分布を推定した。その結果、摩擦係数が最頻値より小さい領域は 2011 年東北沖地震 (Mw9.0) で大きな浅部破壊が発生した区間に相当することがわかった。

Keywords: subduction zone, geomechanics, Japan Trench, Frictional variation

Cross sections of a surface deformation that is not explained by tectonic events

*Eiji Nakata¹, Yasuto Hirata¹, Ryo Hayasizaki¹

1. Central Research Institute of Electric Power Industry

1、はじめに

風化作用にともなう岩石の体積変化の有無はよくわかっていない。White(2002)は岩盤のサプロライト化において浅部の土壌化した部分を除き体積はほとんど変化しないと考えている。一方、Noe et al.(2007)らは吸水膨張によってベントナイト層が体積膨張し、建物が傾斜した例を示している。大山ほか(1998)は石膏の結晶成長により建物が傾斜した例を示しており、中田ほか(2012)は硫酸塩鉱物の晶出により坑道坑壁が剥離する可能性を指摘した。風化作用によって形成された粘土鉱物による吸水膨張を考える場合、膨張性粘土鉱物が風化作用によって大量に形成される必要がある。一般的に日本のような湿潤で地下水位が高い地域では岩石の体積を変化させるほどの大量の膨張性粘土鉱物は形成されない。加えて大気中のCO₂を取り込んだ雨水によって風化帯内の膨潤性粘土鉱物は溶解、消失する。すなわち風化作用では蒸発などで間隙水中の鉱物の飽和度が上昇し、結晶が成長する場合を除き、体積の増加は起きないと推測できる。現在、山口県下関市では長門市街-豊田町を結ぶ縦貫道が建設されており、赤色強風化した法面が多く開削されている。今回、一つの法面において上に凸の撓みと撓みを切る正断層群を確認した。地層の短縮と引張を説明するためにいくつかのモデルを紹介する。

2、地質

調査地は豊田町西市付近にある。本地域では長門構造線から西に向かって白亜紀前期に堆積した関門層群が分布している。関門層群は下位から礫主体で砂、泥層の互層状に挟む脇野垂層群、上位に安山岩溶岩、火砕岩からなる下関垂層群からなる。下関垂層群の下部は礫層、赤紫泥岩層、砂層の互層からなり、安山岩質火砕岩へと移り変わっている。堆積環境は東から西に向かって海から浅海、陸へと移り変わっている。今回調査した法面は下関垂層群の下部で赤紫泥岩層と礫層の互層が認められる。地層の走向はN20E、傾斜は20度で西に緩く傾斜している。法面は約45°の勾配で概ね地層の走向と並行に開削されている。

3、露頭状況

図1に法面状況を示す。法面の高さは11 mである。法面下部には礫層が水平に認められる。法面中部では赤紫泥岩層と砂層の互層が認められ、上部では再び赤紫泥層が優勢となる。中部の互層はマウンド状に50 cm程度盛り上がっている。その上部には南に落ちる正断層群が認められる。この断層は法面下部の礫岩層まで達していない。法面では赤紫泥岩層中に幅15cmの砂岩の貫入岩が認められ、厚さ5cmの凝灰岩層で南に30cm水平にずらされている。

4、考察

法面中部で地層の南北圧縮、その上に南北伸張の断層が認められた。この状況から本法面での地質状況を説明する6つのモデルを考えた。①強風化に伴う岩盤の体積膨張による上に凸状のマウンドの形成とその膨張により正断層群が生成。②地震に伴う受動的な地すべりにより正断層群が生成。③層面すべりによる圧縮とすべり慣性により正断層群が生成。⑤法面手前方向への地すべり。⑥法面中部と上部とで異なる時期で変状が発生。現状でこの地質状況を明確に説明する解は見つかっていない。

引用文献

中田ほか(2012)トンネル坑壁表面で認められる高溶解度結晶(硫酸ナトリウム)について. 平成24年度研究発表会講演論文集, 205-206. Noe et al. (2007) Steeply Dipping Heaving Bedrock, Colorado: Part 1—Heave Features and Physical Geological Framework. *Environmental and Engineering Geoscience* **13**, 89-308. 大山ほか(1998) 泥岩の化学的風化による住宅基礎の盤ぶくれ. *応用地質*, **39**, 261-272. White (2002) Determining mineral weathering rates based on solid and solute weathering gradients and velocities: application to biotite weathering in saprolites. *Chemical Geology* **190**, 69-89.

Keywords: Volume expansion, Normal fault, Weathering, Shimonoseki subgroup

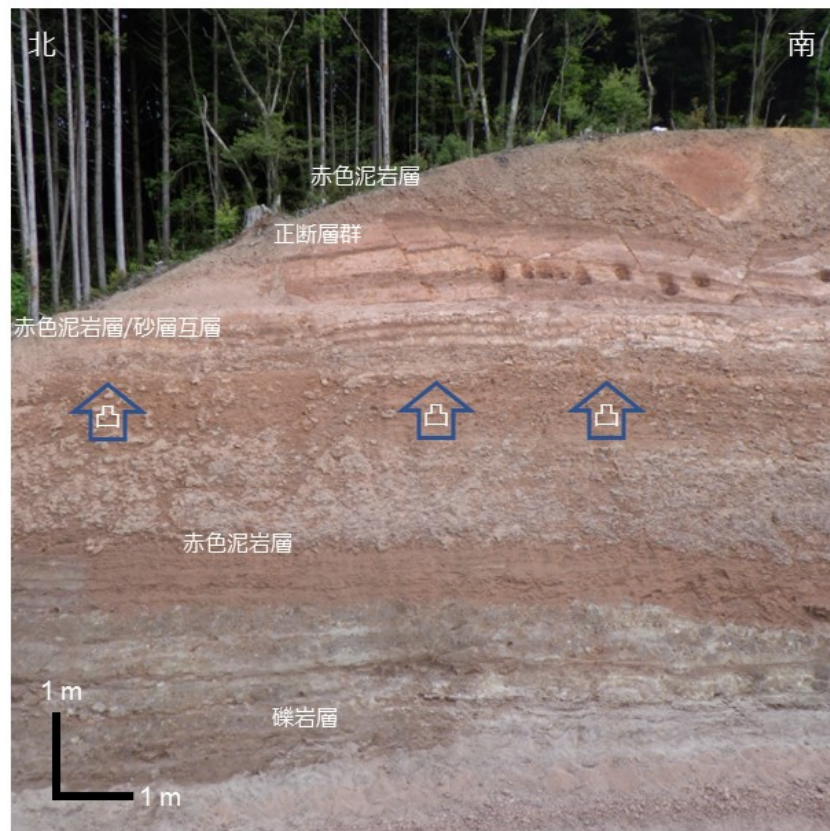


図1 法面正対写真による変状箇所状況 青矢印が上に凸の箇所

Session Oral | T7. [Topic Session] From magma source to magma plumbing system

[1oral401-07] T7. [Topic Session] From magma source to magma plumbing system

Chair: Keisuke ESHIMA, Kazuya Shimooka

Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 11:00 AM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T7-O-1] Alkaline volcanic rocks and ultra-mafic xenoliths from alkaline volcanic rocks of Kosrae Island, Micronesia.

*Izumi SAKAMOTO¹ (1. Dept. of Marine Mineral Resources, TOKAI Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM

[T7-O-2] (Invited) Compositional diversity and genesis of magmas in an individual volcano: Implications from petrology and geochemistry of volcanic rocks from Rishiri Volcano, southern Kuril Arc

*Hajime TANIUCHI^{1,2}, Takeshi KURITANI³, Mitsuhiro NAKAGAWA³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department Natural History Sciences, Hokkaido University, 3. Department of Earth and Planetary Science, Hokkaido University)

9:15 AM - 9:45 AM

[T7-O-3] Implication for basic rocks intruded in layered chert of Inuyama section in Mino belt

*Yosuke SHIMBO¹, Naoto HIRANO^{1,2}, Norikatsu AKIZAWA³, Hirochika SUMINO⁴ (1. Graduate School of Science, Tohoku university, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 4. Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo)

9:45 AM - 10:00 AM

[T7-O-4] Petrogenesis of Takada granodiorite in Okuizumo area, Shimane prefecture, SW Japan

*Sena NAKAYAMA¹, Atsushi KAMEI¹, Chika IWATA¹, Ai YAKUSHIJI¹ (1. Shimane University)

10:00 AM - 10:15 AM

[T7-O-5] The oldest portion of Pacific oceanic crust reconstructed from the felsic xenoliths brought by petit-spot volcanoes

*Kazuto MIKUNI¹, Naoto HIRANO¹, Norikatsu AKIZAWA², Shiki MACHIDA³ (1. Tohoku Univ., 2. AORI, 3. Chiba Tech)

10:15 AM - 10:30 AM

[T7-O-6] Feldspar compositional distribution of Toya pyroclastic flow deposits

*Hiroya Iijima¹, Minoru Sasaki¹ (1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University)

10:30 AM - 10:45 AM

[T7-O-7] Formation of plutons constrained by plagioclase diffusion modelling with an example from the Mikawa area, Japan

*Tokiyuki MOROHOSHI¹, Ken Yamaoka¹, Simon Wallis¹ (1. EPS, University of Tokyo)

10:45 AM - 11:00 AM

Alkaline volcanic rocks and ultra-mafic xenoliths from alkaline volcanic rocks of Kosrae Island, Micronesia.

*Izumi SAKAMOTO¹

1. Dept. of Marine Mineral Resources, TOKAI Univ.

コスラエ島は、東カロリン諸島において最も東に位置(オントンジャワ海台の北端を構成)し、カロリンホットスポットでは最も若い火山島である。その多くは水底で活動した火山岩であり、下位より塊状の溶岩流から構成される下部火山岩類、フィーダーダイクおよび多量のハイアロクラスタイトから構成される中部火山岩類、大規模貫入岩類、陸上で活動した上部火山岩類の4つの火成活動に区分された(坂本, 1994)。中部火山岩類と大規模貫入岩類との間には、約150万年の活動休止期があり、礫層が発達している。火山岩の産状は、下位から上位に向かい活動環境(水深)が浅くなる事をしている。下部及び中部火山岩類は、ピクライト・カンラン石玄武岩・単斜石カンラン石玄武岩・カンラン石単斜輝石玄武岩・アンカラマイト・無斑晶玄武岩から構成され、大規模貫入岩類および上部火山岩類はカンラン石玄武岩・単斜輝石カンラン石玄武岩化らなり、石基中にネフェリン・メリーライト等の準長石が確認された。斑晶や石基中の輝石がチタン普通輝石であったり、ネフェリン等が確認される事からアルカリ玄武岩であることが推定された(坂本, 1995)。希土類の岩石化学特徴からスパイダー図を作成した結果、全ての火山岩は、希土類が高い比を示す典型的な海洋島アルカリ玄武岩であり、部分熔融程度の低いマグマに由来していると推定された(坂本, 2022)。下部および中部火山岩類中には、ダナイト・ウェールライト・ハルツバージャイト等の塩基性捕獲岩が多く産し、上位に向かい捕獲岩のサイズが小さくなり、上部火山岩類中では捕獲結晶のみが確認された。これら捕獲岩中のカンラン石には、キンクバンドを呈した物も観察され、その多くはマントル由来である事が推定された。中部火山岩類中の捕獲岩の中には、含ガーネット・ペロプスカイト・スピネル・単斜輝岩が存在し、中部～下部マントルに由来する物と推定される。オントンジャワ海台(OJP)北方で行われた、地震波構造探査およびトモグラフィー解析結果から、OJP周辺では厚い地殻が形成されている事が報告された(Obayashi et al., 2021)。さらに特筆すべきは、コスラエ島付近では、600km付近で遅い弾性波速度の物質が確認されており、カロリンホットスポットの起源が深いことを示している(Obayashi et al., 2021)。コスラエ島の火山岩類は、典型的な海洋島アルカリ岩であり、多くのマントル捕獲岩も報告されている。しかし、その多くは上部マントル起源の捕獲岩であり、深度方向の情報が不確定であったが、地震波構造探査結果とあわせることで、コスラエ島の起源マグマはより深い可能性が推定される。

引用文献

坂本泉(1994): 東カロリン諸島, コスラエ島における火山岩類I-コスラエ島の地質学的特徴-. 東海大学紀要海洋学部, 38, 185-203.

坂本泉(1995): 東カロリン諸島, コスラエ島における火山岩類II-その記載岩石学的特徴-. 東海大学紀要海洋学部, 39, 128-158.

坂本泉(2022): ミクロネシアコスラエ島のアルカリ火山岩類と超塩基性深成岩類. 星野通平教授追悼論文集, 77-94.

Obayashi, M., Yoshimitsu, J., Suetsugu, D., Shiobara, H., Sugioka, H., Ito, A., Osse, A., Ishihara, Y., Tanaka, S., and Tonegawa, T. (2021): Interrelation of the stagnant slab, Ontong Java Plateau, and interplate volcanism as inferred from seismic tomography. Scientific reports, 11, AN.20966.

Keywords: Micronesia, Kosrae Island, Alkaline basalt, ultra-mafic xenolith, mantle

Compositional diversity and genesis of magmas in an individual volcano: Implications from petrology and geochemistry of volcanic rocks from Rishiri Volcano, southern Kuril Arc

*Hajime TANIUCHI^{1,2}, Takeshi KURITANI³, Mitsuhiro NAKAGAWA³

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department Natural History Sciences, Hokkaido University, 3. Department of Earth and Planetary Science, Hokkaido University

はじめに

単一火山におけるマグマの組成多様性は、同化分別結晶作用^[1]やマグマ混合^[2]など初生マグマ生成後のマグマプロセスの相違によってもたらさせる。また近年では、火山の直下で生成する初生マグマそのものにも多様性があるとの指摘がなされている^[3]。本発表では、火山活動の開始から終了までの時間スケール、スラブから地表までの空間スケールで単一火山におけるマグマの組成多様性とその成因の解明を目指した利尻火山での研究例を紹介する。

1. 火山活動とマグマ組成の関係

利尻火山の活動とマグマ組成の関係を明らかにするために、マグマ噴出率と噴出物組成を比較した。その結果、高噴出率期にはカルクアルカリ（CA）系列安山岩とアダカイト質デイサイト、中噴出率期には高Na/K玄武岩とソレアイト（TH）系列安山岩、そして低噴出率期には低Na/K玄武岩が活動するという、マグマ組成と噴出率の関係が見出された^[4]。

2. 地殻内分化プロセス

高、中、低噴出率期にそれぞれ活動したCA系列安山岩、TH系列安山岩、安山岩に分化しなかった低Na/K玄武岩を比較した。その結果、CA系列安山岩はマントル由来未分化マグマと地殻由来珪長質マグマの混合、TH系列安山岩は未分化マグマからの同化分別結晶作用を経てそれぞれ分化したことが示された。さらに、3タイプの初生マグマ含水量を推定したところ、CA系列安山岩、TH系列安山岩、低Na/K玄武岩のそれぞれで約5, 3, 2 wt.%と相違があることが明らかとなった。より高含水量のマグマは低結晶化度で水に飽和し、マグマ溜り周囲の地殻へ水を放出することで大量の地殻由来珪長質マグマの生成を誘発すると考えられる。このことから、初生マグマ含水量の多寡が分化の程度とCA系列とTH系列という分化系列の違いを生み出したと考えられる^[5]。また、CA安山岩の高噴出率での活動は、高含水量初生マグマの定置による大量の地殻由来珪長質マグマの生成で合理的に説明される。

3. スラブ流体の上昇プロセス

利尻火山ではSr/Yのやや高いアダカイト質デイサイトも噴出する。同マグマの地球化学的特徴は、その起源が沈み込みスラブにあることを示す。利尻火山直下における太平洋プレートの深度は300 kmに達しスラブ由来流体は水流体とメルトの超臨界流体として放出される。また、アダカイト質マグマの活動と同時期に、水流体によるフラックス溶融で生成した玄武岩質マグマを端成分とするCA系列安山岩が活動している。これらのことから、利尻火山直下ではスラブ由来超臨界流体が水とメルトに分離しており、水流体成分は玄武岩質初生マグマを生成した一方、メルト成分はアダカイト質デイサイトとして活動したと考えられる^[6]。

4. 初生マグマ多様性

Na/Kと含水量の異なる2種類の玄武岩の初生マグマ生成条件を推定した。その結果、低Na/K玄武岩の初生マグマ（含水量約2 wt.%）は臨界点よりも深部で超臨界流体のフラックス溶融で生成している一方、高Na/K玄武岩の初生マグマ（含水量約3 wt.%）は臨界点よりも浅部において超臨界流体から分離した水流体の関与を受けて生成していることが明らかとなった。また、Na/Kや微量元素に見られる組成多様性は超臨界流体が水流体とメルトに分離する際の水流体とメルト間の元素分配によって生じている^[7]。

結論

以上をまとめると、利尻火山では噴出率と噴出物組成の中～長期変遷は、地殻内における珪長質マグマ生成量の違いによってもたらされており、その珪長質マグマ生成量は初生マグマ組成、特に含水量の多寡に依存し

ていることが明らかとなった。さらに、初生マグマの多様性は、マグマ生成に関与するスラブ由来流体相とその組成に依存している。つまり、超臨界流体の水流体とメルトへの分離に伴うスラブ由来流体の物理的・化学的性質の変化が、その後のマグマ生成と地殻プロセスを支配しており、地表で観察される噴出物組成ならびに火山活動度の変遷を決定づける分岐条件となっていると考えられる。

引用文献

- [1] DePaolo, 1981, Earth Planet. Sci. Lett., 53, 189–202.
- [2] Sakuyama, 1981, J. Petrol., 22, 553–583.
- [3] Tamura et al., 2014, J. Petrol., 55, 63–101.
- [4] 谷内・他, 2019, 火山学会秋季大会.
- [5] Taniuchi et al., 2020, Lithos, 354–355, 105362.
- [6] Taniuchi et al., 2020, Sci. Rep., 10, 8698.
- [7] Taniuchi et al., 2021, J. Petrol., 1–22.

Implication for basic rocks intruded in layered chert of Inuyama section in Mino belt

*Yosuke SHIMBO¹, Naoto HIRANO^{1,2}, Norikatsu AKIZAWA³, Hirochika SUMINO⁴

1. Graduate School of Science, Tohoku university, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 4. Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

プレートの沈み込みによって生じる火山弧と海溝の間の領域である前弧では、通常はプレートが冷たいためにマグマが発生しない。そのため、前弧火山は活動した年代や地域に対して異常な熱源の存在やテクトニクス上の特異な環境を示唆し、地質学イベントを解明するために重要である (e.g. Tsuchiya et al., 2005)。

美濃帯はジュラ紀に付加した地質体であり、海洋火成活動による緑色岩やペルム系-ジュラ系チャートなどの海洋性岩石が含まれる。同地質帯に属する岐阜県南部の犬山地域ではジュラ紀に堆積したチャートに貫入する高Mg玄武岩の存在が報告されている (e.g. Fujisaki et al., 2016; 木村・貴治, 1993)。この玄武岩に対して84, 90MaというK-Ar年代が報告されているものの、鉱物の変質のため年代を制約しきれていなかった (木村・貴治, 1993)。今回我々は犬山地域の玄武岩を対象に、岩石記載と全岩化学組成分析に加え、Ar-Ar年代測定法を行い、貫入した玄武岩質マグマの成因を議論する。

本研究で採取したサンプルは後期三畳紀-前期ジュラ紀の赤色層状チャート構造岩塊を貫く火成岩床である (Fujisaki et al., 2016; Safonova et al., 2016)。周囲のチャート同様に、変成組織や変成鉱物は確認されないものの、変質の影響を少なからず受けており、斑晶鉱物としてかんらん石仮像がある。Crスピネルは石基や包有物としてかんらん石斑晶中に存在しており、コアからリムにかけてCr#は組成差があるもののいずれも0.50-0.72と高い値をとり、スピネル中に含まれるTiO₂は2wt.%を下回る。Crスピネルの鉱物組成はピクライトに含まれるものに類似する (e.g. Eggins, 1993)。全岩の主要元素組成は高MgOで特徴づけられ、ピクライトからピクライト質玄武岩に分類される。美濃帯では舟伏山地域でピクライトが報告されているが (Ichiyama et al., 2008)、微量元素パターンではNbとTaに枯渇する島弧マグマの特徴を示していることから、海洋域のプレート内火成活動に起源を持つ舟伏山地域のピクライトとは起源が異なると考えられる。本研究で用いた異なる岩脈2試料について誤差範囲で一致する95MaのAr-Ar年代値が得られたため、美濃帯の付加イベント以降の白亜紀中期における火山活動であることが判明した。当時の西南日本は、沈み込んだ若いプレートの熱に起因するとされる活発な火成作用が領家帯で発生しており (Aoya et al., 2009)、美濃・丹波帯では高マグネシア安山岩も点在している (木村・貴治, 1993)。犬山地域の塩基性岩脈の成因として、沈み込んだプレートから放出された水によるソリダス低下や海嶺沈み込みによるマンツルの高温環境が示唆される。

引用文献:

Aoya et al. (2009) *Terra Nova* **21**, 67–73. | Eggins (1993) *Contrib. Mineral. Petrol.* **114**, 79–100. | Fujisaki et al. (2016) *Paleogeogr. Paleoclimate. Paleoecol.* **449**, 397–420. | 木村・貴治 (1993) *地学雑誌* **99**, 205–208. | Ichiyama et al. (2008) *Lithos* **100**, 127–146. | Safonova et al. (2016) *Gondwana Res.* **33**, 92–114. | Tsuchiya et al. (2005) *Lithos* **79**, 179–206.

Keywords: picrite, forearc volcanism, Mino-belt

Petrogenesis of Takada granodiorite in Okuizumo area, Shimane prefecture, SW Japan

*Sena NAKAYAMA¹, Atsushi KAMEI¹, Chika IWATA¹, Ai YAKUSHIJI¹

1. Shimane University

西南日本内帯の山陰帯には、白亜紀～古第三紀の花崗岩類が広く分布して山陰バソリスを形成する。大部分がパーアルミナス花崗岩で、小規模なメタアルミナス花崗岩を伴う。パーアルミナス花崗岩は地殻のリサイクルによる成因が議論されている(薬師寺他, 2012; 岩田ほか, 2013)。一方、メタアルミナス花崗岩の成因論はまだよく分かっていない。本研究では、山陰バソリスのメタアルミナス花崗岩のうち、バソリス中央部の高田花崗閃緑岩を研究対象とした。本発表では地質調査、岩石記載、および全岩化学分析の結果について報告する。高田花崗閃緑岩は西田ほか(2005)により命名され、石英閃緑岩、トーナル岩、および花崗閃緑岩の様々な岩相を有する。薬師寺ほか(2012)は岩体の西部において石英閃緑岩とトーナル岩とがミングリングで接することを示し、両者の化学組成から異なるマグマに由来することを示した。石英閃緑岩は既存研究の記載を参考に小木石英閃緑岩に対比され、トーナル岩は尾原トーナル岩と呼称された。一方、岩体東部では主に花崗閃緑岩が産する。本研究の地質調査では、この地域の岩石が普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩、斑状普通角閃石含有黒雲母花崗閃緑岩、および斑状黒雲母花崗閃緑岩の三岩相に区分されることが明らかとなった。本研究では山陰バソリスのメタアルミナス花崗岩の成因を考察するため、微量元素を用いたバッチ融解モデルを検討した。今回は同地の石英閃緑岩を起源物質の代表例として設定した。トーナル岩はDefant and Drummond (1990)の横軸がY、縦軸がSr/Yの図から高压下で生産されるアダカイトのようなものではないと判断された。そこで、地殻内部でのマグマ生成を考え、Beard and Lofgren (1991)が1～6.9kbの圧力で行った融解実験をモデル計算の参考にした。彼らは、水に飽和した融解では角閃石が溶け残り、水に不飽和な融解では斜長石が溶け残ることを示した。角閃石と斜長石は微量元素の分配係数が異なるため、両条件でモデルを検討した。モデル計算で得られた微量元素をMORBで規格化したスパイダー図では、水に飽和した条件ではLIL元素、HFS元素、および希土類元素のいずれもトーナル岩に比較的近い組成を示す。水に不飽和な条件ではトーナル岩に比べてLIL元素、および希土類元素がやや高い組成を示す。ただし、水に飽和した条件と不飽和な条件のいずれも、トーナル岩の組成パターンに対して大きな違いは認められない。ここでBeard and Lofgren (1991)の実験で得られたメルトの主成分元素を見ると、水に飽和した条件では相対的にAl₂O₃に富んでMgOに乏しく、水に不飽和な条件ではその逆になる。これは、水に飽和な条件では斜長石が溶け残らないためにメルトが高Al₂O₃となり、角閃石が溶け残るため低MgOとなることで起こる。高田花崗閃緑岩のトーナル岩のAl₂O₃とMgOの量は、水に不飽和な条件でのメルトに近い。以上よりこのトーナル岩マグマは比較的に水に不飽和な条件で苦鉄質岩が融解して発生したことが予想される。

参考文献: 薬師寺ほか, 2012, 地質学雑誌, 118, 1, 20-38 岩田ほか, 2013, 地質学雑誌, 119, 3, 190-204 西田ほか, 2005, 地質学雑誌, 111, 123-140 Marc J. Defant and Mark S. Drummond, Science, 1990, 247, 662-665. Beard, J.S. and Lofgren, G.E., 1991, Journal of Petrology, 1991, 32, 365-401

Keywords: Metaluminous Granitoids, San'in batholith, SW Japan, Takada granodiorite

The oldest portion of Pacific oceanic crust reconstructed from the felsic xenoliths brought by petit-spot volcanoes

*Kazuto MIKUNI¹, Naoto HIRANO¹, Norikatsu AKIZAWA², Shiki MACHIDA³

1. Tohoku Univ., 2. AORI, 3. Chiba Tech

地球表層の8割を覆う海洋プレートの構成岩石は、これまで陸域ではオフィオライト (例えば、オマーンオフィオライト)、海洋域では特に低速拡大系の中央海嶺や背弧拡大軸のデタッチメント断層 (海洋コアコンプレックス) やトランスフォーム断層 (例えば、東太平洋海膨)、あるいは深海掘削で得られる岩石によりその実態が研究されてきた (Warren, 2016)。しかし、海嶺軸から離れた古い海洋プレートの構成岩石の報告例は極めて少なく、海洋プレートの冷却史を紐解くにはモホール計画を代表とする超深部掘削以外打つ手はないと考えられてきた。

プチスポット火山は沈み込む海溝手前の日本海溝沖やマリアナ海溝沖で活動するアルカリマグマであり、希ガス同位体組成や複数相飽和実験、化学組成や噴出場などの情報からプレート直下アセノスフェア由来のマグマ活動とされている。そのため、プチスポット火山岩に包有される深部由来捕獲岩は、我々が手にすることができる有用な古い海洋プレート物質であると言える (Hirano et al., 2006; Machida et al., 2015, 2017)。また、プチスポットの捕獲岩はソレライト質玄武岩、ドレライト、斑レイ岩、ケイ長質岩、スピネルカンラン岩、ザクロ石 (シンプレクタイト) カンラン岩まで多様性があり、プレート層序を網羅することができる上に、マグマ交代作用などを示唆する超苦鉄質捕獲岩も報告されており、海洋プレートの改変過程を明らかにすることができる潜在性も持ち合わせている (Hirano et al., 2006; Harigane et al., 2011; Yamamoto et al., 2014; Pilet et al., 2016; Mikuni et al., in revision)。

我々は北西太平洋海域および南鳥島南東部のプチスポット火山から発見された、長石や石英から構成されるケイ長質捕獲岩に着目し、岩石記載と鉱物化学組成分析を行った。約3 Maに噴出した南鳥島南東部のプチスポット小海丘に含まれるケイ長質捕獲岩は、長石が卓越し、曹長石から灰曹長石組成のものやカリウムに富む組成を示すものまで広い組成範囲を示した。また、母岩マグマと反応した部分はカルシウムに富む傾向が見られた。一方で、北西太平洋海域のプチスポット火山に包有されるケイ長質捕獲岩は長石と石英から成り、長石は中性長石組成のものとサニディン組成のものが見られた。これらはそれぞれ1億4000万年前および1億6000万年前 (当時の拡大速度はそれぞれ60–70, 90–100 mm/年; Müller et al., 2008) の海洋プレート物質、特に地殻の断片であると予想される。これらが東太平洋海膨ヘス・ディーブ掘削孔U1415の岩石やオフィオライトなどで確認されている、高速拡大海嶺下で形成された下部地殻に普遍的に見られる層状斑レイ岩のケイ長質部である可能性や、掘削孔1256Dの斑レイ岩相に見られた石英を含む花崗岩質のグラノブラスティックダイクに類似するもの、あるいは地殻の再熔融現象によって形成された斜長石花崗岩 (いわゆるplagiogranite) である可能性が挙げられる。本発表では、その起源について考察する。また、本研究で扱う岩相に加えて、これまで報告されてきた玄武岩捕獲岩、斑レイ岩およびドレライト捕獲岩やカンラン岩捕獲岩およびマグマ交代作用を示唆する超苦鉄質捕獲岩を併せ、白亜紀からジュラ紀に形成された古い海洋プレートの岩相プロファイリングを試みる。

Hirano et al. (2006) *Science*, 313, 1426–1428

Harigane et al. (2011) *EPSL*, 302, 194–202

Machida et al. (2015) *EPSL*, 426, 267–279

Machida et al. (2017) *Nat Comms*, 8, 14302

Mikuni et al. (in revision)

Müller et al. (2008) *GSG*, 9, Q04006.

Pilet et al. (2016) *Nat Geosci* 9, 898–903

Warren (2016) *Lithos*, 248–251, 193–219.

Yamamoto et al. (2014) *Geology*, 42, 967–970

Keywords: oceanic crust, oceanic lithosphere, xenolith, plagiogranite, petit-spot volcano, Pacific plate

Feldspar compositional distribution of Toya pyroclastic flow deposits

*Hiroya Iijima¹, Minoru Sasaki¹

1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

洞爺カルデラは北海道南西部に位置する日本有数の陥没カルデラである。洞爺カルデラは約11万年前の洞爺火砕流の噴出により形成されたと考えられている。洞爺火砕流の噴出量は80–160 km³と推定され、これに洞爺火山灰（Toya）の噴出量150 km³を加えると、見かけの総噴出量は230–310 km³と考えられ、火山爆発指数（VEI）は7に相当する（宝田，2019）。洞爺カルデラ形成噴火については多数の先行研究がある（例えば、池田・勝井，1986; Lee, 1996; Goto et al. 2018など）。Goto et al. (2018) は洞爺火砕流堆積物の層序から複数の火砕流ユニットに区分し、洞爺カルデラ形成噴火における噴火過程について検討した。洞爺カルデラ形成噴火はその噴火過程において複数のマグマの関与が示唆されているが、詳細なマグマプロセスは不明な点が存在する。

火山噴出物について粉碎した岩石試料から鉱物を分離してその平均組成分布を測定することで、その分布が噴出物の識別・対比およびマグマプロセスの解明に有効である可能性が示されている（佐々木，2012; 佐々木，2016）。マグマプロセスの解明は大規模火砕噴火における噴火予測にも有用であると考えられ、防災の観点からも重要である。本研究では洞爺火砕流堆積物について斜長石試料を用いて平均組成分布を測定し、その結果について考察を行う。

試料は、Goto et al. (2018) に基づき長流川東岸の3地点で採取した。Unit 1から6各噴出ユニットの基質試料、および一部のユニットの軽石試料を測定に用いた。測定用試料は全岩試料から均一に取り出しており、その鉱物組成分布は岩石試料全体の鉱物組成分布を示している。本研究ではEPMAを用いて斜長石斑晶の組成分析を行った。

洞爺火砕流堆積物の長石組成分布には、噴火の全期間を通して見られる分布と噴火期間の一部で見られる分布が存在する。全期間でAn₈に最大のピークを持ちAn_{6–10}の組成領域に集中した分布を示す。火砕流ユニットのうちUnit 1, 2, 4の基質試料では、その他にAn_{30–46}の組成領域に緩やかな分布が見られ、Unit 3aの基質試料やUnit 5bの軽石試料には全試料に共通するAn_{6–10}の組成領域に集中した分布のみを示す。最上位の火砕流ユニットであるUnit 6の基質試料には、An_{20–32}の組成領域にやや鋭いピークを持つ分布が存在する。基質試料の一部にはAn₄以下の領域に分布が認められるが、これらの組成はAb–Or間の広い領域に分布していることから、マグマ由来の斜長石ではなく変質した岩石片に対応すると推測される。

全期間でみられる斜長石の起源はカルデラ形成噴火における主要なマグマに由来し、ピークの位置や分布の形状については噴火の経過による変化が認められないことから、一連の噴火は一貫してほぼ同一組成のマグマが噴出したと推定される。一部の期間でみられる斜長石の起源については、2通りの可能性が考えられる。1つは、主要なマグマと同時により苦鉄質なマグマが噴出した可能性である。Goto et al. (2018) ではUnit 5, 6で白色軽石の他に縞状軽石や灰色軽石が含まれていることを報告していることから、Unit 6に見られる斜長石はこのマグマに由来する可能性が高い。Unit 5bの白色軽石試料にはそれらの組成の斜長石はほとんど含まれないため、Unit 5bの噴出ステージではこの苦鉄質なマグマは主要なマグマとはほとんど混合せずに別個に噴出したと推定される。次に、Unit 1, 2に見られる斜長石は、Unit 3aの基質試料ではその分布が明瞭でなくなり、さらに上位のユニットでは不明瞭であるがわずかに分布する。これは同時に噴出した苦鉄質なマグマというよりも、主要なマグマの噴出時に巻き込まれるようにして同時に噴出した類質または異質物質に由来する可能性があり、その含有量は噴火の経過とともに減少する傾向が見られる。

以上のことから、洞爺カルデラ形成噴火の初期は主要なマグマが類質ないし異質物質を巻き込みながら噴出し、火道が確立するとその混入が少なくなり、ほとんど主要なマグマのみが噴出するようになった。そして噴火の後期になると主要なマグマの他により苦鉄質なマグマが同時に噴出するようになったと考えられる。さらに詳細なマグマプロセスの解明には全岩試料やガラス試料の化学組成との比較や、長石以外の鉱物組成分布についても検討する必要がある。

文献

Goto et al. (2018) 地学雑, **127**, 191–227; 池田・勝井 (1986) 日本火山学会予稿集, 1; Lee (1996) 火山, **41**, 31–34; 佐々木 (2012) 日本火山学会予稿集, 80; 佐々木 (2016) 日本火山学会予稿集, 85; 宝田 (2019) 日本火山学会予稿集, 46.

Keywords: Toya caldera, large-scale pyroclastic eruption, feldspar compositional distribution, magma process

Formation of plutons constrained by plagioclase diffusion modelling with an example from the Mikawa area, Japan

*Tokiyuki MOROHOSHI¹, Ken Yamaoka¹, Simon Wallis¹

1. EPS, University of Tokyo

【背景】 深成岩体、及びそのもととなるマグマだまりの成長過程は現在も残る問題の一つである。最も古典的には数立方キロメートル程度の多量のマグマが浅部地殻にダイアピル状に貫入し、分別結晶化を起こしながら固結するモデルが提案された[1]。一方現在のマグマだまり像では、活火山の物理探査や火山岩斑晶中の元素拡散分析から、流動・沈降可能な高温のマグマ貯留は非常に短期的で、低温のマグママッシュ(メルト割合<~10%程度)としての貯留が主であるとの解釈が主流になりつつある[2]。これに伴ってマグマ供給モデルも見直す必要が出てきており、単一のマグマだまりが固結した深成岩体に由来するジルコンのU-Pb年代が数Myrの幅を持つ観測結果[3]などから、大規模な深成岩体の成長には数百万年以上の間欠的なマグマ供給が必要と推定されている。同様に火山複合体でも数百万年の活動履歴が報告されており[4]、長期にわたる継続的なマグマ供給が強く想定される。一方でモデルで示されるマグマ貫入様式について地質試料から直接制約する手法は限られ、特に成長をじかに記録しうる深成岩体の利用は進んでいない。

【手法・対象】 深成岩に最も一般的に含まれる鉱物の一つに斜長石がある。斜長石は顕著な組成帯構造を持つ。帯構造は元素拡散によってmodifyされるが、深成岩では帯構造を保つ場合が一般的にみられる。メルト割合が数十%に達する高温状態では十分に拡散が進行することから、帯構造の残存はマグマだまりが長く低溶融割合のマグママッシュとして維持されることを示唆している。また原理的には、斜長石中の元素拡散の強度を調べることによって、拡散の程度に適合する温度履歴を推定することが可能と考えられる。本研究ではこの考察のもと、深成岩に含まれる斜長石中の元素拡散を用いて、マグマだまりの内側からマグマだまりの温度履歴を推定することを研究目標とした。この手法は火山岩などにおいてdiffusion chronometryと呼ばれ、多くの研究例がある。Diffusion Chronometryは火山岩においてはマグマの存在時間推定などに顕著な功績がある一方、深成岩への適用可能性を検討した研究報告は行われていない。

本研究でははじめに、forward modellingを用いて、この手法の深成岩への適用可能性を評価した。計算では数種類の斜長石帯構造と温度履歴を人為的に作成し、各温度履歴における拡散量を見積もる。計算の目的には、(1)斜長石に含まれる微量元素がマグマだまりで想定される温度履歴において適当な拡散を起こすことの検証、(2)拡散後プロファイルの観察からマグマの付加様式(ダイアピル状の多量の供給、ごく少量の間欠的な供給)を判別できることの検証、(3)拡散後プロファイルの観察から、活動履歴の長さや冷却速度など、熱史に関わる情報を取得できることの検証、の3点を設定した。

また手法の検証のため天然試料への適用を行った。適用先には愛知県の領家深成岩体から武節花崗岩と新城トータル岩を選択した。両岩体は同時期に同深度で形成されたと推定されている[5]。一方で接触変成帯の幅に大きな差があることが知られており、新城岩体は幅3kmに及ぶ一方、武節岩体は数百mに留まる[6]ことから、両岩体が対照的な熱履歴を経た可能性が示唆される。当手法を適用し、温度履歴の検知が可能であるか調べることで手法の正当性を評価する。

【結果・展望】 計算の結果から、斜長石結晶中の複数の微量元素(Sr, Pb, Ba, REE)の元素拡散がいずれも熱履歴観察に適した拡散速度になることが示された。またマグマの付加様式、マグマだまりの活動履歴に関しても、熱履歴における最高到達温度が独立した手法から推定されている場合、有用な情報を得られることが確かめられた。この結果は深成岩におけるDiffusion Chronometry活用の可能性を示すものである。天然試料への適用については予察的な結果を得ている。分析結果からは、同じ最高到達温度を仮定すれば、武節花崗岩中の斜長石に比べて新城トータル岩中の斜長石はより長い加熱履歴を持つことが示唆された。

[1] Bowen (1928), OUP. [2] Sparks et al. (2019), Phil. Trans. R. Soc. A 377: 20180019. [3] Miller et al. (2007), J. Volcanol. Geotherm. Res., 167, 282-299. [4] Hayward et al. (2010), New Zealand J. Geol. Geophys., 44:2, 285-311. [5] Takatsuka et al. (2018), Lithos, 308, 428-445. [6] 宮崎など (2008), 5万分の1地質図「御油」

Keywords: petrology, plagioclase, diffusion

Session Oral | G1-2. sub-session02

[1oral501-07] G1-2. sub-session02

Chair: Masami WATANABE, Yoshihiro Takeshita, Muneki Mitamura, Yoshitaka Nagahashi (Fukushima University)

Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 10:45 AM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G2-O-1] Estimation on the water systems around the age of the Eb-Fukuda tephra fall in the Early Pleistocene at the Kinki district, Japan

*Yasufumi Satoguchi¹ (1. Lake Biwa Museum)

9:00 AM - 9:15 AM

[G2-O-2] Subsurface geology in the Nagano Basin - Inferences from petrography of cuttings from the Kawanakajima spa boring

*Yoshihiro TAKESHITA¹, Ami ASADA² (1. Shinshu University, 2. Asashina Elementary School)

9:15 AM - 9:30 AM

[G2-O-3] Sea level change and archaeological remains in the Jomon period, Ishikari Plain, Hokkaido, Japan

*Tsumoru SAGAYAMA^{1,2}, Kenichiro KOSHIDA³, Hitomi WATAI³ (1. Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth Science Co. Ltd., 3. Sapporo International Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM

[G2-O-4] Paleovegetation change in the midstream area of the Shimada River, Southeast Yamaguchi prefecture, Southwest Japan - Highland colonies and farming in the Yayoi period -

*Masami WATANABE^{1,2}, Naohiko TABATA³ (1. Archaeological Research Consultant, Inc., 2. Shimane Univ., 3. Yamaguchi Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM

[G2-O-5] Changes in the paleoenvironment over the past 600 years in Lake Nakaumi based on benthic foraminiferal assemblages

*Mika SHIMAIKE¹, Akira TSUJIMOTO¹, Kotaro HIROSE², Koji SETO¹, Hiroaki SHAKUTSUI³, Toshiaki IRIZUKI¹ (1. Shimane University, 2. University of Hyogo, 3. Yachiyo Engineer. Co. Ltd)

10:00 AM - 10:15 AM

[G2-O-6] Characteristics of Periglacial Slope Sediments in the Northern Hidaka Mountains, Hokkaido, Japan

*Hiromichi KOYASU¹, Yoshihiro KASE¹, Gentaro KAWAKAMI¹, Satoshi ISHIMARU¹, Kenji NISHINA¹ (1. Geological Survey of Hokkaido)

10:15 AM - 10:30 AM

[G2-O-7] Geoscientific research to examine the cause of the 2021 Atami debris flow disaster

*Akihisa Kitamura¹ (1. Institute of Geosciences, and Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University)

10:30 AM - 10:45 AM

Estimation on the water systems around the age of the Eb-Fukuda tephra fall in the Early Pleistocene at the Kinki district, Japan

*Yasufumi Satoguchi¹

1. Lake Biwa Museum

【はじめに】 オルドバイ逆磁極帯の直上付近に挟在する恵比須峠福田（Eb-Fukuda）テフラは、中部山岳地域を噴出源として近畿～関東～北陸地域に広く分布することが知られている（吉川ほか，1996）。本テフラ層は、複数の異なった層相と性質を持つ降灰ユニットから形成される（長橋ほか，2000）ことから、降灰時代の特徴と合わせて、多くの地点で対比が行われている。また、本テフラは、降灰後にテフラ粒子を多く含む洪水流によって、噴出源地域から遠方地域にまで運ばれた堆積ユニットをもち、その堆積による堆積盆地への影響が議論されている（Kataoka and Nakajo, 2002）。このように多くの地点で記載されており、噴出源地域から洪水流によって運搬し、各地で堆積した堆積ユニットがあるテフラは、噴火当時の異なった堆積盆地を結ぶ水系の情報を保持している可能性がある。水系を明らかにすることは、古環境推定のみならず、現在の淡水生物分布の成立過程を考える上でも、さらに時代的变化を追うことによって、対象地域における構造運動を知る上で重要である。本研究では、恵比須峠福田テフラの降灰時における近畿地方の水系について検討する。

【地下情報の追加】 本テフラは、近畿地方の多くの地点で記載が行われているが、現在も堆積域である地域については、その地下に保存されている。本研究では、関西国際空港における深層ボーリングコア（KIX-18コア）、旧巨椋池付近で行われた京都市による深層ボーリングコア（KD-0コア）、琵琶湖南東岸における深層ボーリングコア（KRコア）について観察を行った。これらのコアはいずれも、琵琶湖博物館の堆積物資料として保管されている。これらのコアにみられるEb-Fukudaテフラ層の深度は、KIX-18コアが約-580m、KD-0コアが約-670m、KRコアが約-860mであり、それぞれの標高を考慮したとしても、琵琶湖地域のKRコアが最も深く、京都、大阪の順に浅い層準にある。

【Eb-Fukudaテフラ堆積時の水系の推定】 いずれの地点においても、本テフラ層の基底部は、降灰ユニットと考えられるユニットA1（吉川ほか，1996）が観察され静穏な堆積環境下で堆積が始まったといえる。KRコアはその上位の降灰ユニットであるユニットBがないが、他の2地点には存在し、その上位には平行葉理などの堆積構造が観察され、流れによって運搬されたと考えられる堆積ユニット（ユニットC）と推定される。これらの地点におけるユニットCは、その多くはシルトサイズ以下の粒径のテフラからなるが、KIX-18コアのみ砂サイズの軽石を含む。このことはこの周辺の大阪府貝塚市の本層のユニットCには軽石が含まれる（吉川ほか，1996）ことと整合的であり、大阪南部地域には、噴出地域を上流とする河川系がつながっていたと考えられる。一方、KD-0コアとKRコアのEb-Fukudaテフラには軽石が含まれていない。KD-0コアより北方の宇治川より北の地域は、この時期には堆積域ではなかった（京都市地域活断層調査委員会，2004）ことから、本地点には北の地域に降灰したテフラの再堆積が大部分を占めていると考えられる。KRコアは、当時には谷間の地理的位置にあり、現在の琵琶湖北部地域からの流入があったことが推定されている（増田・里口，2021）。軽石が含まれないことだけでは、当時の噴出火山地域からの本流となる水系との関係を議論することはできないが、前述の条件から考えれば、KD-0およびKRコアの地点本流から外れた地域であった可能性がある。

これらの地点に加え、これまでに記載されている本テフラ層の地点と層相から、当時の水系について議論を行う。

【文献】 Kataoka, K. and Nakajo, T., 2002, *Sedimentology*, 49, 319-334. ; 京都市地域活断層調査委員会, 2004, *活断層研究*, 24, 139-156. ; 増田富士雄・里口保文, 2021, *琵琶湖博物館研究調査報告*, 34, 95-109. ; 長橋良隆ほか, 2000, *地質学雑誌*, 106, 51-69. ; 吉川周作ほか, 1996, *地質学雑誌*, 102, 258-270.

Keywords: Early Pleistocene, Kinki and Tokai districts, pale-water systems, widespread tephra

Subsurface geology in the Nagano Basin - Inferences from petrography of cuttings from the Kawanakajima spa boring

*Yoshihiro TAKESHITA¹, Ami ASADA²

1. Shinshu University, 2. Asashina Elementary School

長野盆地は長野県北部にある北東-南西方向に伸びる内陸盆地で、この盆地の西縁は西側隆起の逆断層型活断層である長野盆地西縁断層帯によって限られる（Okada and Ikeda, 2012）。この断層帯の平均変位速度（上下成分）は1.8~2.6mm/yrと見積もられており、800~1000年に1回という高い頻度で大地震を繰り返し発生させたと考えられている（Sugito et al., 2010）。

長野盆地を埋積する堆積物の厚さ（長野盆地の底の深さ）と基盤岩の帰属を明らかにすることは長野盆地西縁断層帯の垂直方向の総変位量を明らかにする上で極めて重要である。しかし、長野市権堂町の温泉ボーリングに基づき、長野盆地の底は海拔-400mよりも深いと推定されている（赤羽, 2000）ものの、盆地の底に達する地質学的データはこれまで報告されていない。岡田ほか（2006）は、浅部反射法地震探査により地下構造を解析し、盆地を埋積する堆積物と基盤岩の境界が海拔-700m程度の深さ（地表から約1150m下）にあると推定した。以上の研究成果に基づく、地表から深さ1200mまでの連続した地質試料を入手することができれば、長野盆地を埋積する堆積物の厚さおよび基盤岩の帰属を明らかにできる可能性が高い。

2015年3月~10月に長野市川中島町今井において、深度1250.5mに達する温泉ボーリング（川中島温泉）が掘削され、10mごとにカッティングスが採取された。カッティングスは粉碎されているため、コアに比べると深度情報がやや不正確であり、岩石学的検討が難しいが、川中島温泉のカッティングスは長野盆地の地下地質を直接探ることができるきわめて貴重な試料である。今回、川中島温泉社長の河本昇司氏からカッティングス試料を提供いただき、顕微鏡観察を実施することができたので報告する。

カッティングスは121試料あり、地表に近いものから順にKwb01~125のように試料番号を付した。掘削時に採取できなかった深度1060~1100mの4試料（Kwb106~110）については欠番とした。1mm以上の粒子の形状を実体顕微鏡で観察し、新鮮な破断面のみで囲まれた粒子（以後◇と表記）とそうでない粒子（一部でも円磨された礫としての面が残る粒子）とに区分して、1試料につき100粒ずつ鑑定した。

一部の試料で1mm以上の粒子が少なく100粒カウントできないものもあったが、Kwb01~77（深度0~770m）では◇が1~32%と少ないのに対し、Kwb79~125（深度780~1250m）では◇が91~100%を占めた。Kwb78（深度770~780m）は、◇が56%であった。カッティングスは掘削泥水の循環にともない地上に上がってくるものを採取するので、上位の地質体由来の破片が混入する可能性があるため、ほぼ◇からなるKwb79~125は固結した岩石、すなわち長野盆地の基盤岩が掘削により破砕されたものと判断できる。Kwb78で◇の割合がそれより浅い試料に比べ20%以上増えるため、長野盆地の底（基盤岩の上面）は深度770~780mの間にあると考えられる。

Kwb79~93はフレイク状に破砕された5mm以下の黒色~暗灰色泥岩片からなる。Kwb94~106は黄鉄鉱をまれに含む灰白色に変質した泥岩片からなり、形状と大きさはKwb79~93によく似る。Kwb111~125は中粒から粗粒砂サイズの緑灰色~灰白色軽石質凝灰岩の破片と少量の長石と石英粒子からなり淘汰が良い。長野盆地周辺で150mを超える層厚をもち緑灰色~灰白色を呈する凝灰岩は小川層の裾花凝灰岩部層（加藤・赤羽, 1986）のみであるため、Kwb111~125は同部層に対比される。Kwb79~106は、裾花凝灰岩部層を覆う論地泥岩部層（加藤・赤羽, 1986）に対比されると考えられる。

川中島温泉の標高は359mであるので、この地点における長野盆地の底は海拔-310~320mに位置することが明らかになった。また、長野盆地西縁断層帯西側（上盤側）における裾花凝灰岩部層と論地泥岩部層の境界は標高600~650mにあり、川中島温泉（下盤側）では海拔-700~740mの間にあるため、この断層帯の垂直方向の総変位量は1300~1400mに達する可能性がある。

引用文献：赤羽（2000）市誌研究ながの, 8, 227-236. 加藤・赤羽（1986）長野地域の地質, 5万分の1地質図幅, 120p. Okada and Ikeda（2012）Jour. Geophys. Res. 117, B01404. 岡田ほか（2006）地震研究

所彙報, 81, 171-180. Sugito et al. (2010) Bull. Seismol. Soc. Amer., 100, 1678-1694.

Keywords: Nagano Basin, Western Boundary Fault Zone of the Nagano Basin, spa boring, cuttings, subsurface geology

Sea level change and archaeological remains in the Jomon period, Ishikari Plain, Hokkaido, Japan

*Tsumoru SAGAYAMA^{1,2}, Kenichiro KOSHIDA³, Hitomi WATAI³

1. Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth Science Co. Ltd., 3. Sapporo International Univ.

日本海に面する石狩平野は、石狩低地と長沼低地に細分され、そこには多くの人々が生活している。一方、同平野には縄文時代以前からの遺跡が多数存在し、縄文人の生活の場でもあった。

遺跡群の分布は約11,000年前までの旧石器時代から縄文時代草創期、約11,000～7,000年前の縄文早期、約7,000～5,000年前の縄文前期、約5,000～4,000年前の縄文中期、約4,000～3,000年前の縄文後期、約3,000～2,400年前の縄文晩期、約2,400～1,300年前の続縄文文化期、約1,300～800年前の擦文文化期に区分される。

約1万年以降の海面変化は、約7,000年前を高頂期とする縄文海進と、その後の海退へて現海面高に至っている（遠藤，2015など）。赤松（1972）によれば石狩平野の縄文海進高頂期の海面高は標高約3 mとされ、日本海側から内陸に流入した海水は、石狩川やタ張川、千歳川などの淡水に希釈され、広大な汽水湖（古石狩湖）が形成されたと考えられる。その規模は東西約40 km、南北約30 kmで、現在の海岸線から約38 km離れた長沼町南長沼まで同湖が広がっていたことが珪藻分析により明らかされている（嵯峨山ほか，2013；嵯峨山，2022）。現海岸線と平行に発達する紅葉山砂丘の下位には砂礫層が分布し（小山内ほか，1956）、同層は高頂期における古石狩湖と外洋を隔てる砂堤であったとされている（松下，1979）。

旧石器時代の海面は標高約-40 m以下であり、海岸線は現在より遠く沖合側に位置していたと考えられる。次に、縄文早期では海面は急速に上昇し、同期の終わりである約7,000年前は高頂期に相当し、上に述べた大規模な汽水湖が形成されていった。その後の縄文前期や縄文中期では海面は徐々に低下し、最終的に現海面高に至っている。

海面変化と遺跡群の分布を、特に日本海に面する臨海域に注目して検討すると、縄文早期の遺跡群は比較的内陸に位置し、現海岸線付近には存在しない。次の縄文前期になると、2つの遺跡が紅葉山砂丘上に認められる。海退期に当たるこの時期には、紅葉山砂丘が砂堤上に形成されており、これらのことに時代的矛盾はない。縄文中期になると、遺跡は更に現海岸線近くに存在し、更に海岸線が海側に後退したことを示している。縄文後期では、遺跡の位置は縄文中期とほぼ同じで、縄文晩期ではより海岸線付近にいくつかの遺跡が認められる。

この様に、臨海域の遺跡群の分布は海面変化と矛盾なく説明できる。なお、内陸の長沼低地における古石狩湖の形成や広がりや遺跡群の分布については、特にボーリングによる解析結果が少なく、十分な検討には至っていない。今後の課題である。

<文献>

赤松守雄，1972，石狩川河口付近の自然貝殻層。地質学雑誌，78，275－276。 遠藤邦彦，2015，日本の沖積層－未来と過去を結ぶ最新の地層－。富山房インターナショナル，415 p。 松下勝秀，1979，石狩海岸平野における埋没地形と上部更新統～完新統について。第四紀研究，18，69－78。 小山内 熙・杉本良也・北川芳男，1956，5万分の1地質図幅「札幌」及び同説明書。北海道立地下資源調査所，64 p。 嵯峨山 積，2022，石狩低地帯の成り立ち：地形と地質。北海道自然保護協会，北海道の自然，60，3－10。 嵯峨山 積・藤原与志樹・井島行夫・岡村 聡・山田悟郎・外崎徳二，2013，北海道石狩平野の沖積層層序と特徴的な2層準の対比。北海道地質研究所報告，85，1－11。

Keywords: Ishikari Plain, Jomon period, sea level change, archaeological remains

Paleovegetation change in the midstream area of the Shimada River, Southeast Yamaguchi prefecture, Southwest Japan - Highland colonies and farming in the Yayoi period -

*Masami WATANABE^{1,2}, Naohiko TABATA³

1. Archaeological Research Consultant, Inc., 2. Shimane Univ., 3. Yamaguchi Univ.

はじめに

山口県南東部、周南市を流れる島田川中流域右岸（北岸）の丘陵上には、弥生時代中期～終末期の高地性集落跡である石光遺跡、天王遺跡、追迫遺跡、岡山遺跡が分布する（谷口編，1988など）。一方、丘陵上に立地する高地性集落出現の背景には、「戦争」をはじめとする何らかの社会的緊張が想定されている（小野編，1953）が、現在まで結論が得られていない（田畑，2006）。また、高地性集落の研究において、周辺の低地に立地する遺跡との関係や生業についても不明な点が多い。

今回の講演では、追迫遺跡、天王遺跡と岡山遺跡の間（安田地区）の低地で採取したボーリング試料を対象とした花粉分析及び14C年代測定結果について報告し、高地性集落の眼下に広がる沖積平野と生業の場について考察するとともに、弥生時代以降の古植生変遷について考察する。

調査地点・調査方法

図1にボーリング地点と遺跡の関係、及び各地点のボーリング柱状図を示す。SKY-1、2の2地点で機械ボーリングを用いた、トリプルサンプラーによるオールコアサンプルを実施した。また、全ての採取試料は文化財調査コンサルタント(株)の試験室に持ち帰り、アクリル管から抜き取り、観察後、試料の粒度によって1cm～5cmの厚さで分割を行った。その後、試料観察を基に図1の柱状図を作成した。

SKY-1では地表下4mまでの試料を採取したが、表層を除きほとんどが砂礫層であった。一方、SKY-2では地表下2.3m付近まで腐植に富む砂質粘土～シルトが分布し、下位に礫混じり粘土～中粒砂層が続いた。試料観察結果を基に、SKY-2について花粉分析（渡辺；2010による）を行った。

分析結果・考察

花粉分析結果から、Ⅰ～Ⅴ帯の5局地花粉帯を設定し、更にⅠ帯をa～c亜帯、Ⅲ帯をa、b亜帯に細分した。以下に、下位（Ⅴ帯）から、概要を示す。

Ⅴ～Ⅳ帯では花粉・孢子化石の含有量が少なく、統計処理に十分な200粒の木本花粉化石が検出できなかった。また、シダ類孢子化石の占める割合が高かった。Ⅴ帯ではアカガシ属、シイノキ属-マテバシイ属などの照葉樹林要素の木本花粉化石が多く検出され、Ⅳ帯では温帯針葉樹のコウヤマキ属花粉化石が多く検出された。

Ⅲ～Ⅰ帯では十分な量の木本花粉が検出されたものの、b亜帯とした下部2試料の花粉・孢子化石含有量はやや少なかった。Ⅲ帯を通してマツ属（複維管束亜属）花粉化石が増加傾向を示すほか、スギ属花粉化石が増加（b亜帯）、減少（a亜帯）傾向を示す。また、Ⅲ帯から上位では、栽培種であるイネを含むイネ科（40%以上）花粉化石が多量に検出されるほか、栽培種のソバ属花粉化石が低率であるが連続して検出されており、調査地を含む近辺でイネやソバの栽培が連続と行われていたものと考えられる。Ⅲ帯基底部からは弥生時代早期後半に相当する2,725±25 yrBP（913-813 cal BC）の年代測定値が得られている。Ⅱ帯でも引き続きマツ属（複維管束亜属）花粉化石が増加傾向を示す。Ⅰ帯ではマツ属（複維管束亜属）花粉化石が高率を示し、その他の木本花粉化石は低率である。下位のc亜帯では栽培の可能性が指摘できるアカザ科-ヒユ科、アブラナ科花粉化石が増加し、ソラマメ属花粉化石も検出される。b亜帯ではスギ属花粉化石が高率になり、近・現代のスギ植林の影響が示唆される。a亜帯では、再びマツ属（複維管束亜属）花粉化石が高率になり、その他の木本花粉化石は低率になる。

謝辞

本研究を進めるに際し、ボーリング用地の御提供を頂いた地権者、耕作者の方々、ボーリング作業を実施していただいた株式会社宇部建設コンサルタント、試料の分割・整理、データ整理、図面作成など本研究の多くの

部分に協力いただいた文化財調査コンサルタント株式会社 平佐直子氏、以上の方々に厚くお礼申し上げます。

また、本研究には日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 課題番号20K01074(代表者 田畑直彦)を利用した。

引用文献

小野忠熙編（1953）『島田川 周防島田川流域の遺跡調査研究報告』，谷口哲一編（1988）『天王遺跡』，田畑直彦（2006）日本考古学協会2006年度愛媛大会 発表要旨集, 177-198，渡辺正巳（2010）『必携考古資料の自然科学調査法』，174-177.

Keywords: Pollen analysis, Yayoi period, Highland colonies, Paleovegetation change, farming

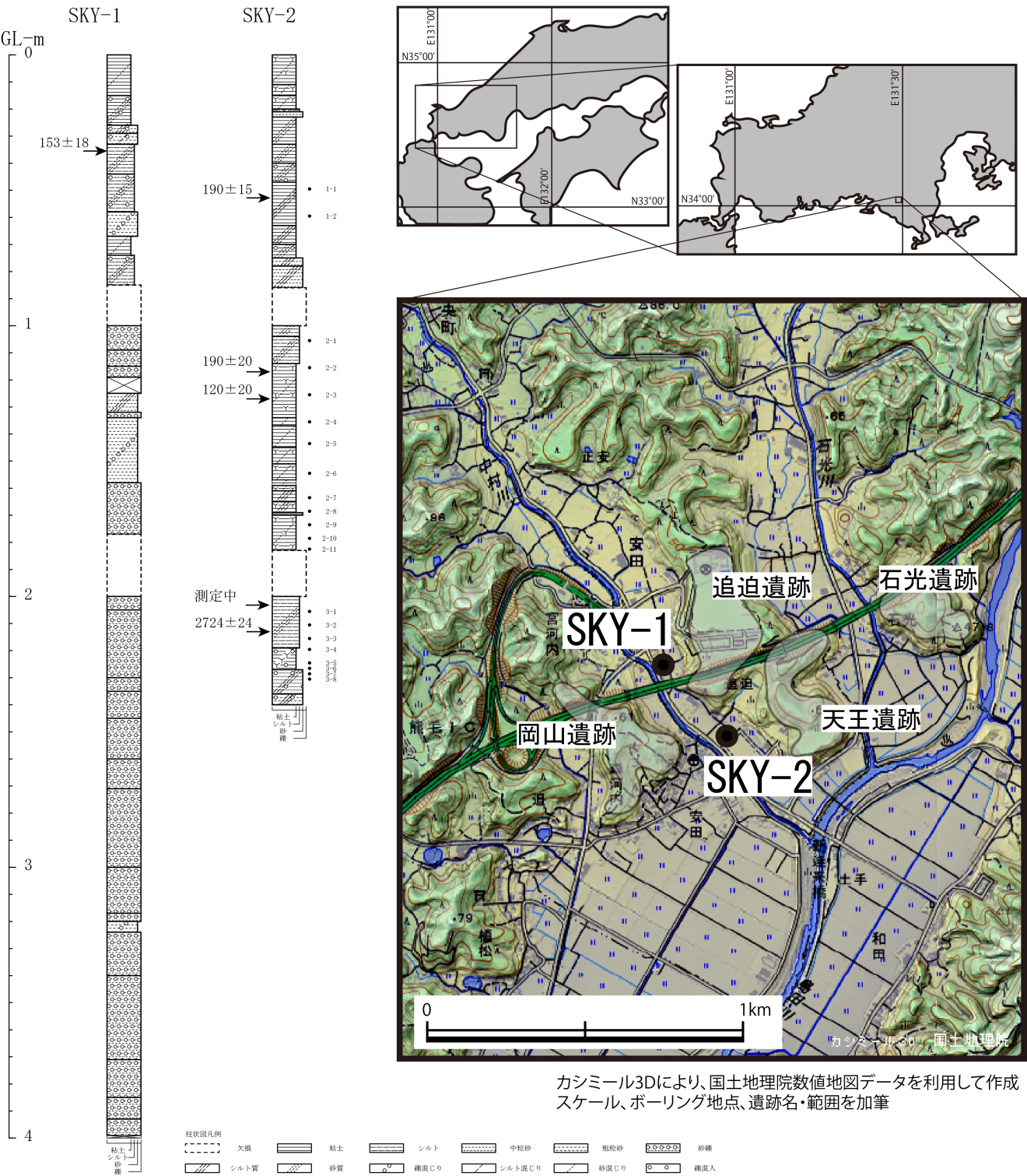


図 1 調査地点及び柱状図

Changes in the paleoenvironment over the past 600 years in Lake Nakaumi based on benthic foraminiferal assemblages

*Mika SHIMAIKE¹, Akira TSUJIMOTO¹, Kotaro HIROSE², Koji SETO¹, Hiroaki SHAKUTSUI³, Toshiaki IRIZUKI¹

1. Shimane University, 2. University of Hyogo, 3. Yachiyo Engineer. Co. Ltd

島根県と鳥取県の県境に位置する中海は、砂州の発達により日本海と分断された汽水の海跡湖であり、中海は境水道を通じて日本海と、大橋川を通じて宍道湖とつながっている。中海では、戦後の食糧難を解決する目的で、国営の干拓および淡水化事業による埋め立てや水門・堤防の建設などの人工改変が行われたり、事業中止を受けて堤防の一部開削や撤去が行われたりするなど、過去約60年間の間に中海の環境は人為的に大きく改変された。湖底堆積物は過去の環境変化を記録しており、中海ではこれまでも堆積物中の貝形虫（入月ほか、2003；山田ほか、2015）や有孔虫（Nomura, 2003）などを用いた人為的な環境変化に関する研究が行われてきた。本研究では、環境変化に鋭敏に反応する有孔虫化石を用いて、中海の生態系の動態を理解するとともに、人工改変等に関連した環境変化を議論することを目的とした。試料は2017年に中海南部に流入する飯梨川の河口から北に約2 kmの地点Nk - 3C（水深約7.2 m）において採集され、コア長は183 cmであった。本コア試料は廣瀬ほか（2020）によって、年代モデルや地球科学的環境の変化が報告されており、基底部が西暦1400年頃と推定されている。有孔虫分析用試料については、63 μ mの篩で水洗・乾燥処理を行った後、残渣試料を106 μ mの篩でふるい、実体顕微鏡下で各試料から有孔虫を200個以上抽出し、種の同定を行った。その結果に基づき、種の相対産出頻度、単位重量当たりの個体数、種多様度を求めた。また、客観的に有孔虫群集とその変遷を把握するため、Qモードクラスター分析を行った。分析に用いた47試料からは13属21種の有孔虫化石が産出し、過去約600年間の間に中海の有孔虫群集に大きな変化が生じていることが明らかとなった。産出した有孔虫は、その変化によって5つの有孔虫相に区分できた。phase 1（西暦1400年頃-1700年頃）では、現在の中海に優占する*Ammonia beccarii*と*Trochammina hadai*が変動を伴いながらも優占しており、*Miliolinella subrotunda*や*Buccella frigida*などの浅海性種も連続的に産出している。*A. beccarii*と*T. hadai*は現在の中海において、塩分の影響を受けて分布が規制されており、塩分変動の影響が示唆される。phase 2（西暦1700年頃-1750年頃）では浅海性種である*Elphidium* cf. *excavatum*や*B. frigida*が減少し、多様性が低下している。また、Nomura (2003) で富栄養・湖水の停滞性の指標とされる*T. hadai*の割合が増加していることから、一時的に湖水の停滞が生じた可能性がある。Phase 3（西暦1750年頃-1900年頃）では、浅海性種である*Ammonia tepida*や*M. subrotunda*の増加が見られることから、水の循環がよくなったと推測できる。phase 4（西暦1900年頃-1970年頃）では前phaseまで増加を見せていた*A. tepida*や*M. subrotunda*が減少しており、人為的な環境変化の影響と考えられる。phase 5（西暦1970年頃以降）では、多様性の顕著な低下が特徴として挙げられる。1968年から始まった本庄工区を囲む堤防の建設により、中海の閉鎖性が増大したことが認められていることから、この時期の多様性の低下の原因の一つとして、堤防建設等による閉鎖性の増大が考えられる。

引用文献

- 廣瀬ほか（2020）Laguna vol. 27, p. 41-57（2020）
入月ほか（2003）島根大地球資源環境学研報, no. 22, p. 149-160.
山田ほか（2015）第四紀研究, vol. 54, no. 2, p. 53-68.
Nomura（2003）Jour. Geol. Soc. Japan, vol. 109, no. 4, p. 197-214

Keywords: benthic foraminiferal, Lake Nakaumi, artificial modification, brackish water

Characteristics of Periglacial Slope Sediments in the Northern Hidaka Mountains, Hokkaido, Japan

*Hiromichi KOYASU¹, Yoshihiro KASE¹, Gentaro KAWAKAMI¹, Satoshi ISHIMARU¹, Kenji NISHINA¹

1. Geological Survey of Hokkaido

はじめに

北海道には周氷河性斜面が広く分布する（小泉，1992）。周氷河性斜面の堆積物は、一般的に不淘汰で角礫が主体なため、礫の産状に着目されてきた（山本，1989など）。一方、凍結融解作用により不淘汰な堆積物中にもシルトを主体とする構造が存在し、斜面災害との関連を指摘されるが（石丸，2017），そのような構造の詳細な記載例は少なく，形成プロセスも不明な点が多い。本発表では，北海道における周氷河性斜面堆積物の特徴を記載し，形成プロセスを考察する。

調査地域の地形と地質および調査手法

調査地域は標高500- 1000 mで，概ね30°以下の緩傾斜な山地が分布する。本研究では日勝峠および狩勝峠周辺における日高山脈西山麓の泥質片岩，片麻岩および花崗閃緑岩分布地域において高品質ボーリング掘削を実施した。コアは肉眼観察により層相を区分するとともに，X線CT撮影によりコアの礫質褐色土における成層構造および礫の配列方向を記載した。

結果

泥質片岩分布地域

層相 風化基盤岩上の堆積物は層厚2.5 mで，表層から黒土，礫質褐色土となる。黒土は層厚50 cmで，最上部10 cmは礫を殆ど含まない。下方に向けて有機質は減少するが礫の含有量は増加し，礫質褐色土に漸移する。礫質褐色土の礫は細～中礫径の角礫で，平板な泥質片岩からなり，下方に向けて礫の径と量が増大する傾向がある。基盤岩は泥質片岩で，多く含まれる黒雲母に沿って片理が発達する。最上部はジグソー状に破碎するが下方に向けて破碎の程度は減少し，風化基盤岩の上面から1 m以深は硬岩となる。

成層構造および礫の配列方向 多くの層準で礫は強く配列するが，長軸に卓越する方向はない。砂が多い部分はあるが成層構造は不明瞭である。最下部の約50 cmでは礫の長軸と配列の最大傾斜方向が一致する傾向にある。

片麻岩分布地域

層相 風化基盤岩上の堆積物は層厚3.6 mで，表層から黒土，礫質褐色土となる。黒土は層厚70 cmで礫を殆ど含まない。礫質褐色土の礫は片麻岩で細～中礫径の角礫からなる。最上部30 cmは細礫混じりの砂質シルトからなる。砂質シルト以深では礫が多い層と少ない層を繰り返しながら，礫の量および礫径が下方に向けて増大する傾向がある。最下部60 cmでは基質が減少し粗粒化する。基盤岩は白黒の縞状構造が明瞭な片麻岩で，片理面には黒雲母が多く含まれる。最上部ではジグソー状に破碎するが，下方に向けて破碎の程度は減少し，風化基盤岩の上面から1 m以深は硬岩となる。

成層構造および礫の配列方向 砂質シルトおよび礫の少ない部分でも明瞭には成層しない。全体的に礫の配列は弱く，礫の長軸には卓越する方向はないが，下部の約60 cmでは礫の長軸と礫の配列の最大傾斜方向が一致する傾向にある。

花崗閃緑岩類分布地域

層相 風化基盤岩上の堆積物は層厚2.5 mで，表層から黒土，Ta-dテフラ（9 ka），礫質褐色土となる。礫質褐色土は花崗岩類の角礫を含む。最上部20 cmは礫が少なく砂質シルトが多い。礫は角礫で細礫径が多いが，中礫径も散見され，定方向に配列する。中部の1.5 mでは，礫は細～中礫径の角礫となる。礫質褐色土の下部40 cmには礫を含まない砂の薄層が頻繁に挟在し，基底部の砂層はシルト質で，10 cm程になる。基盤岩である黒雲母花崗閃緑岩は，最上部では粘土質に風化し軟岩状になる。粘土質風化部のより下方では鉱物粒子が分離し結合が弱く，風化程度は下方に向けて弱くなる。

成層構造および礫の配列方向 最上部では礫の比較的小さい細粒部があるものの明瞭には成層しない。中部で

は部分的に礫が弱く配列することがあるが礫に卓越する長軸方向はない。下部では明瞭な砂の薄層と並行に礫が配列し、礫の長軸方向は最大傾斜方向と直交する傾向がある。

周氷河性斜面における堆積物の形成プロセス

礫質褐色土は黒土ないしTa-dの層序的下位にあること、En-aテフラ(19-21 ka)を欠くことから、最終氷期以降の周氷河環境で形成されたと考えられる。礫質褐色土下部は、泥質片岩と片麻岩分布地域では、礫の長軸と配列方向が一致すること (French, 2017) から、典型的な周氷河プロセスのソリフラクションで形成されたと考えられる。一方、花崗閃緑岩分布地域における礫質褐色土下部のシルト質砂層は成層構造が明瞭で礫の長軸と最大傾斜方向が直交すること (山本, 1998) から、地表の掃流により運搬堆積した可能性がある。また、礫質褐色土の上部では礫の長軸に卓越する方向が確認されず、周氷河以外のプロセスが寄与した可能性も示唆される。

文献

French (2017). Wiley; 石丸 (2017). 防災研資, **411**, 17-24; 小泉(1992). 地理評A, **65**, 132-142; 山本(1989). 第四紀研, **28**, 139-157; 山本(1998). 地形, **19**, 243-259.

Keywords: periglacial slope sediments, high quality boring core, X-ray computed tomography, formation processes, Hokkaido

Geoscientific research to examine the cause of the 2021 Atami debris flow disaster

*Akihisa Kitamura¹

1. Institute of Geosciences, and Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University

2021年7月3日に、静岡県熱海市逢初川の源頭部(標高390 m, 海岸から2 km上流)にあった約56,000 m³の盛土のうちの約55,500m³が崩壊して発生した土石流は、死者・行方不明者28人、全・半壊家屋64棟の被害を出した。同様の盛土崩壊は周辺地域では起きていないので、逢初川源頭部の盛土は災害危険性が最大であったこととなる。よって、この盛土の性状の調査は、今年5月27日に公布された「盛土規制法」の実効性の確保と既存の盛土の災害危険性の評価基準の策定に必須の情報を提供する。そこで、著者は共同研究者とともに、静岡県と熱海市の協力の下で、盛土・土石流堆積物の地球科学的研究を行い、次の知見を得た。

(1)盛土最下端の基底部は含礫砂層(0.1m厚)と亜円礫層(0.4m厚)の累重からなる露頭を発見した。前者の礫は火山岩の角礫である。後者の礫は堆積岩の亜円礫で、礫支持であり、礫間の砂質堆積物は放散虫化石を含む泥岩岩片と有孔虫を含むので、供給源の一部は沿岸堆積物である(北村・山下・本山・中西・森, 2022, 静岡大学地研報, 49)。また、砂質堆積物の含泥率は10%程度なので、亜円礫層の透水性は高いと推定される。

(2)盛土最下端から約350 m下流の堰堤を埋めた土石流堆積物から海綿骨針を含む泥岩岩片を発見した(北村・矢永・岡寄・片桐・中西・森, 2022, 静岡大学地研報, 49)。泥岩岩片の産出は、堰堤を埋めた土石流堆積物の供給源が亜円礫層の可能性のあることを示唆し、言い換えると、盛土崩壊の初期の土石流が盛土最下端に由来する可能性を示唆する。

(3)盛土には褐色の土砂と黒色の土砂があり、前者は熱海周辺の岩体に由来すると考えて良く、一方、後者は現世～中期完新世の沿岸性貝類や古生代末期～中生代の放散虫化石を含むチャート岩片を産するので、供給源の一部は沿岸堆積物や中部完新統海成層で、また後背地にはチャートが分布する(北村, 2022, 第四紀研究, 61; 北村・岡寄・近藤・渡邊・中西・堀・池田・市村・中川・森, 2022, 静岡大学地研報, 49)。これらの粒子組成から盛土の採集地を特定できれば、盛土の力学的性質の推定に最も確実な制約を与える「採集地に残された土砂の土質力学的性質」の情報を得ることができる。

Keywords: Atami debris flow disaster, landfill

Session Oral | G1-3. sub-Session 03

[1oral508-11] G1-3. sub-Session 03

Chair: Yoshiyuki Tamura

Sun. Sep 4, 2022 11:00 AM - 12:00 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[G3-O-1] Sedimentary structures of gas-seep in the modern foreshore, Kujukuri Beach, central Japan

*Takeshi Yoshida¹, Takahiro Kojima¹, Osamu Kazaoka¹ (1. Chiba Environmental Prefectural Research Center)

11:00 AM - 11:15 AM

[G3-O-2] Post audit of groundwater and land subsidence simulation in Nirayama Town (2nd report)

*Katsuhiro FUJISAKI

11:15 AM - 11:30 AM

[G3-O-3] Groundwater levels in the Kanto Groundwater Basin in 2017 and 2020 by local government observation wells

*Kunio FURUNO¹, Atsushi KAGAWA² (1. Former Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2. Research Institute of Environmental Geology, Chiba)

11:30 AM - 11:45 AM

[G3-O-4] Groundwater survey of Alluvial lowland in the Inba-numa basin

*Kumiko IWAI¹, Takashi KUSUDA¹, Yoshiyuki TAMURA¹, Kazuo TAKI², Masanao NAKAMURA¹, Akihiko KONDOH³ (1. Chiba Prefectural Environment Foundation, 2. Non profit organization institute of water environment, 3. Center for Environmental Remote Sensing Chiba University)

11:45 AM - 12:00 PM

Sedimentary structures of gas-seep in the modern foreshore, Kujukuri Beach, central Japan

*Takeshi Yoshida¹, Takahiro Kojima¹, Osamu Kazaoka¹

1. Chiba Environmental Prefectural Research Center

はじめに

千葉県九十九里浜におけるガス湧出地点の堆積構造の例 はじめに千葉県九十九里平野では、「上ガス」と呼ばれる天然ガスの湧出現象が水田や河川で気泡として見られる。このガスは上総層群中の遊離ガスの可能性が高い（楡井ほか, 1978；風岡ほか, 2006）。また、九十九里浜南半部の潮間帯（前浜）においても天然ガスの湧出が認められている（吉田ほか, 2008, 2009, 2020）。ガスの湧出箇所は上述のような水域以外、目視による確認は難しい。

本発表では九十九里浜においてガス湧出地点の堆積構造を示し、過去の地層中におけるガス湧出痕の可能性の一例として報告する。九十九里平野の表層に分布する潮間帯（前浜）堆積物中、下総層群中の潮間帯（前浜）堆積物中でこの構造を発見できた場合、過去にガス湧出が存在した可能性が高いということができ、計測機器等でガスの存在が認められれば爆発事故や火災等の事故を未然に防ぐ対策が可能となる。

調査地及び手法

調査地は千葉県九十九里平野中央部を流れる真亀川の河口より南方約900mの海岸であり、この地点は2007年にガス湧出が原因で起こる潮溜まりの白濁現象が報告されている。ここでは、常にガスが湧出している地点である（吉田ほか, 2012）。地表面にある径5cmほどのガス湧出孔の周辺をシャベルで掘削し、堆積構造を壊さぬように採取し、その地層断面を観察した。採取した地層試料は、深度25 cm・幅20 cm・奥行き10-15 cmである。湧出しているガスについてはメスシリンダーで捕集し、その流量を測定した。

調査結果

ガス湧出地点の地層断面について述べる。地表面で認められるガス湧出孔は、湧出部の中心が濃青灰色を呈している（左図）。この湧出孔の地層断面を右図に示す。断面の深度17 cm以深は、還元色を示す濃青灰色の砂が分布し、その上位には地表まで平行なラミナを持つ淡褐灰色砂が重なる。濃青灰色砂部には貝殻破片（ヒメバカガイ・フジノハナガイ；径20 mm以下）の密集部があり、この密集部は淡褐灰色砂の中を貝殻破片の脈となって深度2 cmのところまで伸びている。この貝殻破片脈の幅は3-5 cmであり、そこがガスの流路（脱ガスパイプ）となり貝殻破片脈周辺を還元させ濃青灰色となっている。深度2 cm以浅の淡褐灰色の砂層は、貝殻破片脈を浸食もしくは覆い堆積している。この貝殻破片脈を通り湧出していたガスの流量は毎分約500 mLであった。

引用文献

風岡 修ほか, 2006, 九十九里地域中部における上ガスの発生状況-上ガスに関する地質環境調査結果.地質汚染-医療地質-社会地質学会誌, 2, 82-91.

楡井 久・矢田恒晴, 1978, 天然ガス生産に伴う天然ガス（上ガス）湧出被害と天然ガス湧出現象のメカニズムについて（その2）. 全国公害研究所会誌, 2, 53-55.

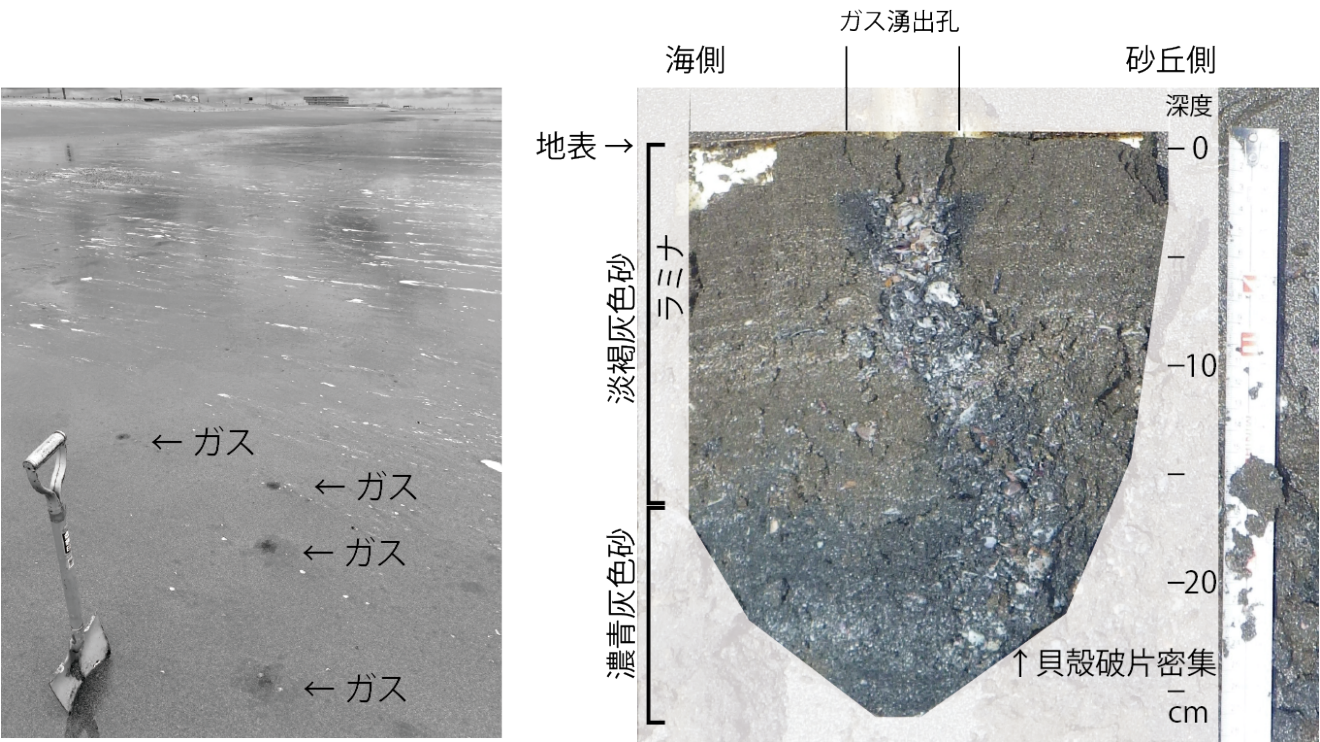
吉田 剛ほか, 2008, 千葉県長生村一松海岸で起きた潮溜まりの白濁現象. 第17回環境地質学シンポジウム論文集, 17, 41-46.

吉田 剛ほか, 2009, 天然ガスの湧出する潮溜まりの白濁と色調変化. 第19回環境地質学シンポジウム論文集, 19, 191-196.

吉田 剛ほか, 2012, 千葉県九十九里浜の天然ガス(上ガス)の湧出する潮溜まりの白濁現象.地質学雑誌, 118, 172-183.

吉田剛, 2020, 九十九里浜南半部における潮溜まりの白濁の発生可能性地域. 令和元年度年報

Keywords: gas seep, Dark bluish gray sand, gas pipe

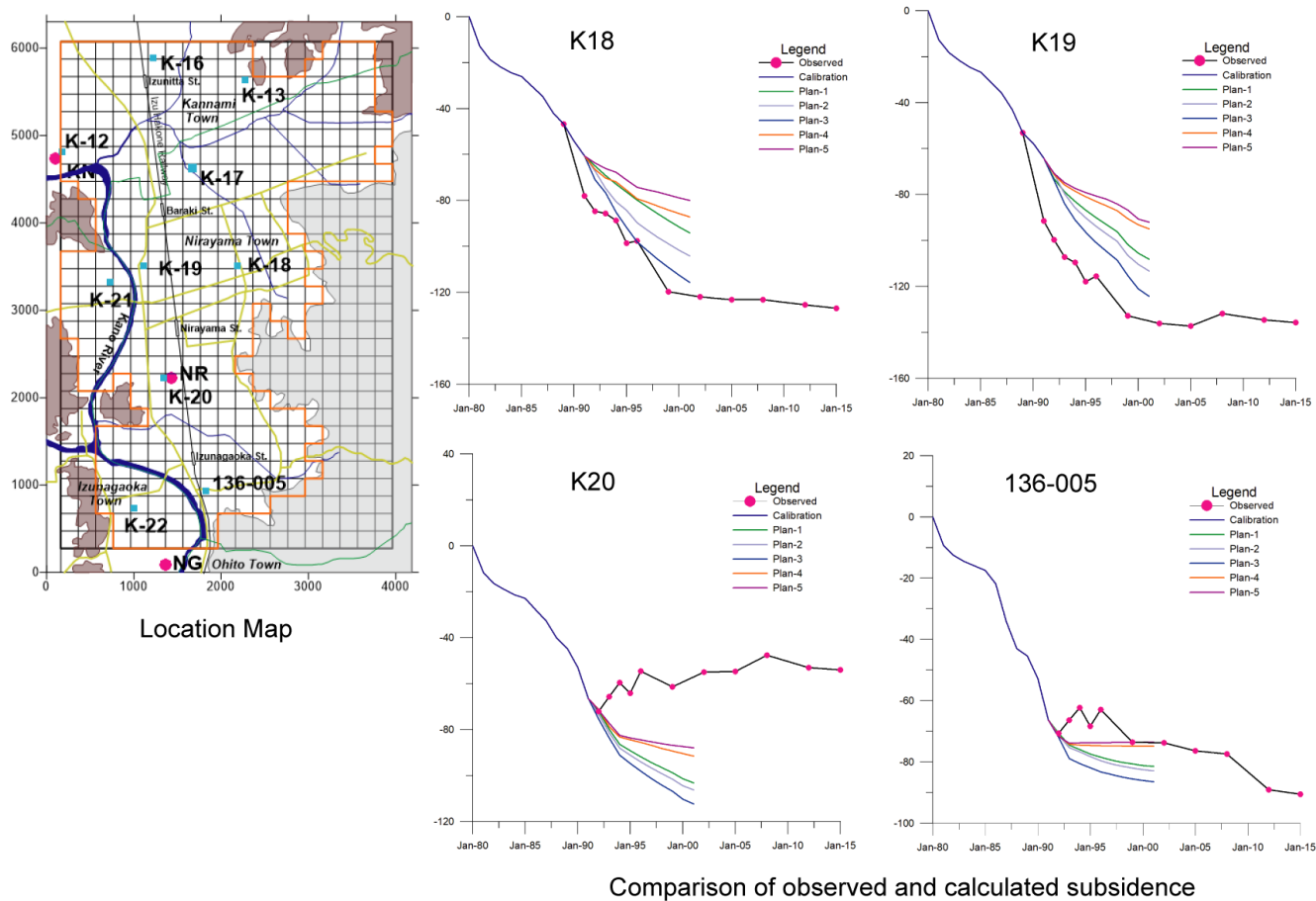


Post audit of groundwater and land subsidence simulation in Nirayama Town (2nd report)

*Katsuhiro FUJISAKI

韮山町（2005年に伊豆長岡町・大仁町と合併して伊豆の国市に）の地下水・地盤沈下シミュレーションを1991年に実施した（韮山町，1992）。これは1980～1990年を内挿検定期間とし，1991～2001年を予測期間とするものであった。内挿検定期間中の水準点変動量データがなかったため，隣接する函南町の水準点変動量を用いて内挿検定をおこなった。2003年にシミュレーション結果の事後監査をおこなった（藤崎，2003）。一点しかデータがないが，水準点K-18の沈下量は1989～1999年で73mmに達し，揚水量増加案の予測値より大きな値を示していた。揚水量は横ばい傾向であったので，計算値は過小な予測をしていたといえよう。今回，2015年までの水準点変動量データ（静岡県，1992-2017）によって，再び事後監査をおこなった。韮山町北部の水準点K-17では，1989～2002年の実測沈下量は111mmに達し，揚水量増加案の計算値より大きく，検定されたモデルは地盤沈下量について過小評価していたと評価される。韮山町中部の水準点K-18は，上記のとおりモデルは過小評価していた。その西の水準点K-19でも1989～2002年の沈下量は83mmで揚水量増加案を上回り，モデルは過小評価していた。韮山観測井付近の水準点K-20では，1991～2001年の累積計算沈下量が10～40mmであるのに対して，1992～2015年の実測値は隆起を示していた。ここではモデルは沈下量を過大評価していた。韮山町南部の水準点136-005では，1992～2002年で3mmの沈下を示し，揚水量減少案の計算値と対応していてモデルは妥当であったと評価される。函南町の水準点K-13は1980～1988年で隆起していた。水準点K-16は1980～2008年で隆起していた。計算値はいずれも沈下をしており，モデルにおける韮山町の延長で設定した粘土層厚が誤りであったと評価される。K-12は内挿検定に使用した水準点であるので，実測値は計算値とほぼ一致している。伊豆長岡町の水準点K-21では，1994～2005年の沈下量が130mmを越え，計算沈下量は著しく過小評価となっている。K-22では1994～2015年で20mm程度の隆起をしめし，揚水量減少案の計算値に近く，モデルはほぼ妥当であると評価できる。内挿検定に利用できる地盤沈下量データがわずかであったため，モデルの精度が低く地盤沈下量を過小評価していたことはやむを得ないと考えられる。また，一つの町のデータでモデルを構築するため，粘土層厚などのデータを外周に延長せざるを得ず，そこでもモデルの精度を低下させていた。地下水盆の一部をモデル化することの限界があらわれている。参考文献 韮山町，1992，韮山町の自然環境（ビデオテープ）。藤崎克博，2003，第13回環境地質学シンポジウム論文集，321-326。静岡県，1992-2017，地下水調査報告書。

Keywords: Land Subsidence, Postaudit, Groundwater Simulation



Groundwater levels in the Kanto Groundwater Basin in 2017 and 2020 by local government observation wells

*Kunio FURUNO¹, Atsushi KAGAWA²

1. Former Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2. Research Institute of Environmental Geology, Chiba

関東地下水盆の地下水位経年変化：関東地方の各自治体による観測成果はそれぞれの自治体ごとに公表され活用されてきたが、関東地方知事会関東地方公害対策本部地盤沈下部会（1983）が1964年以降の関東地下水盆の地下水位図を発表して以降、同組織が2011年に解散されるまでは同組織により関東地下水盆の地下水位図が適宜公表されてきた。また、同組織が解散した後は筆者らにより随時作成されてきた。それらによれば、1964年の地下水位図では東京の江東地区に-50mTP（TPは標高を意味する）の最も地下水位の低い等値線を中心に盆状の形状となっている。その後、最も低い地下水位等値線は、1971年は、-60mTP、1975年は-40mTP、1980は-30mTP、1984年は-20mTPであり徐々に上昇してきている。その後は大きな変化はなく、渇水時など稀に-30mTPまで低下することもあったが、-20mTPが最も低い等値線であった。地下水位はその後もわずかながら上昇を続け2001年には-10mTPとなった。これ以降は大きな変化はなく、最も低い等値線は-10mTPが続いている。

2017年と2020年の地下水位の比較：最近の地下水位について2017年7月と2020年7月の関東地下水盆の地下水位図を比較して述べる。2017年から2020年にかけて地下水位は全体的にはわずかながら上昇している。最も地下水位が低下している地下水盆の中央部は-10mTPの等値線が見えるがその範囲は縮小している。千葉県佐倉市にあった-10mTPの等値線は消滅した。東京都西部にあった地下水位の高まりを囲んで独立して存在していた+10mTPの等値線は消え、+10mTPの等値線はこの高まりを飲み込む形で東に大きく張り出した形となった。千葉県南西部の0mTPの等値線が消滅した。また、横浜市の地下水位測定の再開により、2020年の横浜市付近の地下水位が明らかとなった。両図から地下水盆の縁辺部の地下水位を見ると、地下水盆北部では群馬県で+90m、栃木県で+70mTP、地下水盆北西部では埼玉県北西部に+60mTP、地下水盆西部では東京都北西部に+80mTP、地下水盆南東部では千葉県中央部で+50mの等値線が見える。南関東地方では1970年代に地下水位が上昇しているが、北関東地方では地下水位が低下している観測井もある。

まとめ：地下水位が最も低下した時期は1971年で-60mTP、その後は南関東地方では上昇を続け、現在は-10mTPに回復している。北関東地域では現在も地下水位が下がったままの地域もあるが全体としては上昇傾向が続いておりその傾向は2020年においても変わらない。関東地方の自治体がそれぞれの自主性を尊重しながら、お互いの情報を交換し合い、共同して調査・研究を進めてきた関東地方知事会環境対策推進本部地盤沈下部会は2011年に解散したままだが、一刻も早い同組織の再開と関東地下水盆の地下流体資源の持続的な有効活用の検討が望まれる。

謝辞：関東地方における地盤沈下観測井・地下水位観測井などのモニタリングの維持管理および観測記録の取りまとめは、各自治体の担当職員、現場において品質の良い現場データ維持管理および計測を担当されている多くの観測員の努力によりなされている。これらの方々に感謝いたします。

引用文献（参考文献）：Nirei, H., and Kunio F., 1986, Development of Quaternary Resources and Environmental Protection, -Status of Underground fluid resources use in the Kanto groundwater basin-, Recent Progress of Quaternary Research in Japan, National Committee for Quaternary Research in Japan, vol.11, Quaternary Research, 71-80.

楡井久・古野邦雄, 1998, 地下水盆のモニタリング, アーバンクボタ No.27, pp20-26

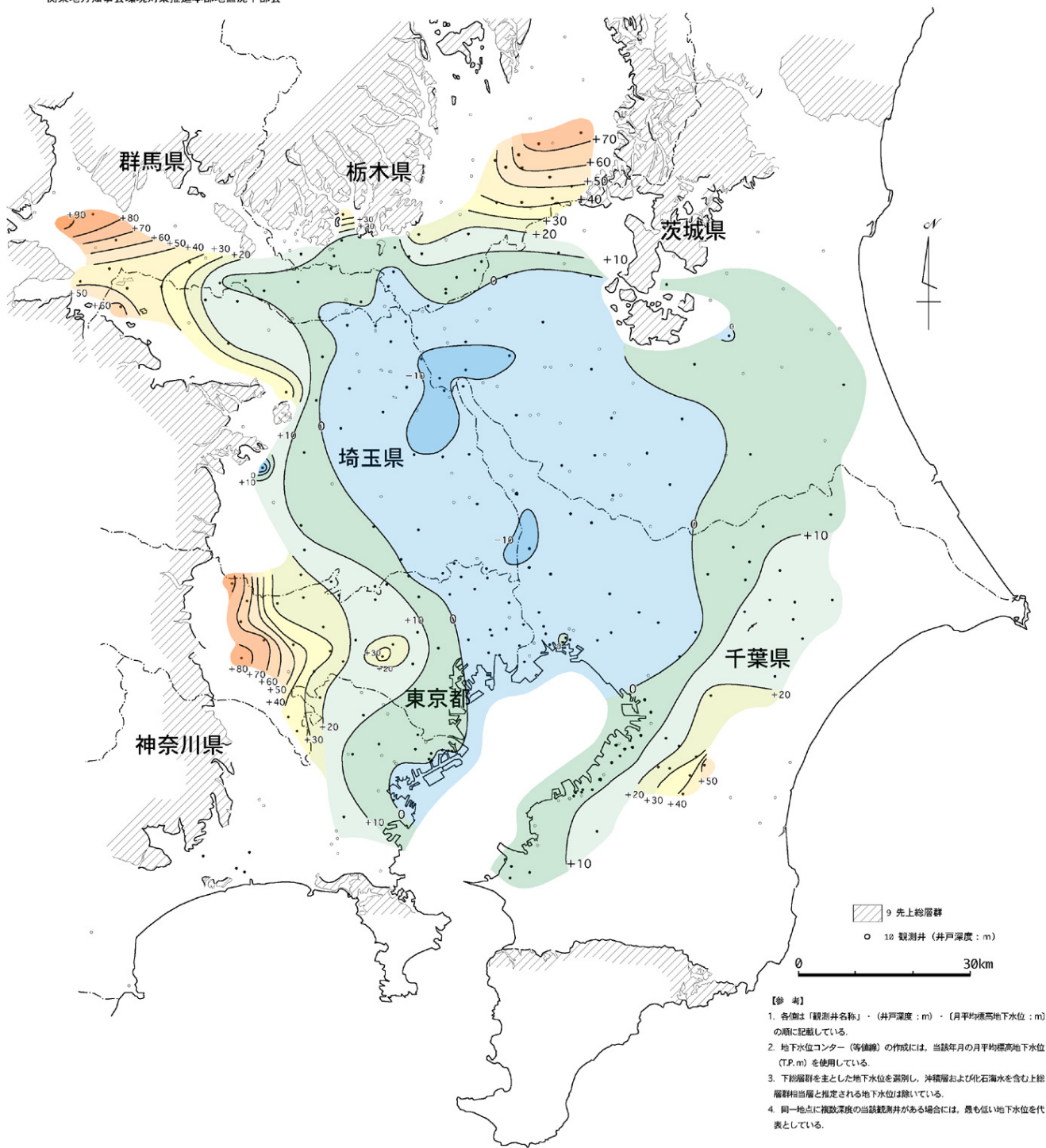
関東地方知事会 関東地方公害対策推進本部地盤沈下部会, 1983, 関東地方広域地下水位等調査報告書 p228

関東地方知事会 関東地方環境対策推進本部地盤沈下部会, 2005,

関東地方広域地下水位等調査報告書 p124 関東各都県 地盤沈下調査結果報告書, 各年, 関東各都県.

Keywords: Kanto groundwater basin, Monitoring system, Observation well, Groundwater level, Groundwater basin management

関東地下水盆の地下水位図 2020 年 7 月（令和2年 7 月）
関東地方知事会環境対策推進本部地盤沈下部会



関東地下水盆の地下水位図 2020年 7 月（令和 2 年 7 月）

Groundwater survey of Alluvial lowland in the Inba-numa basin

*Kumiko IWAI¹, Takashi KUSUDA¹, Yoshiyuki TAMURA¹, Kazuo TAKI², Masanao NAKAMURA¹, Akihiko KONDOH³

1. Chiba Prefectural Environment Foundation, 2. Non profit organization institute of water environment, 3. Center for Environmental Remote Sensing Chiba University

1.はじめに

印旛沼は千葉県北西部の下総台地のほぼ中央部に位置する面積約11.55km²の湖沼である。流域面積は千葉県面積の約1割に相当する約541km²（千葉県、2007）で、利根川水系一級河川鹿島川をはじめ、手繰川、師戸川、新川とそれらの支川を含め7河川から構成されている。

印旛沼流域内の地形地質は、後期更新統下総層群よりなる下総台地と、これらの台地を樹枝状に開析する「谷津」と呼ばれる完新統の谷から成る。流域内の下総台地の標高は約T.P.20～50mで西側に向かって低くなっている。一方、谷埋め低地の標高はT.P.10～40mほどで流域上流側ほど谷が浅くなっている。

調査地は、印旛沼流域のほぼ西側下流部に位置し印旛沼まで直線距離で約5kmの位置にあり、標高約14m、谷頭部までの奥行き約100m、幅約50mほどの手繰川支川畔田沢に注ぐ枝谷津のひとつである（図-1）。調査地は約20年前まで水田耕作地であったが、現在は放棄され、カサスゲやガマなどの群落がみられる。谷頭部には湧出口が2箇所あり、それぞれ谷津の右岸、左岸の水路を流下しているほか、一方の湧水は谷津低地内に流入し湿地を形成している。

筆者らは湿地内で湧水中の硝酸性窒素の脱窒による浄化機能を検証し、脱窒機構解明を目的として、2016年7月より調査を開始した。本稿では、谷津低地に設置した観測井の地下水調査より、完新統と更新統の地下水位の変化と水質について報告する。

2.調査内容

谷津低地内の水文地質構造を把握するために、ハンドオーガーにより深度3.5mまで地質調査を7箇所で行った。また、Φ50mmの観測井を谷津低地の完新統に8本（深度GL-1.0、-1.5m、-2.0m、-2.5m各2本）、更新統に1本（深度GL-3.2m）設置し、月1回の頻度で実測による地下水位を測定している。2019年には簡易揚水試験により透水係数を算出した。さらに、2020年より自記記録計（HOBOWATERレベルロガー）による地下水位の観測を開始した。

水質測定は、2016年より湧水、観測井、湿地表流水を対象に月1回の頻度でpH、電気伝導率、溶存酸素濃度、酸化還元電位、硝酸性窒素濃度（パックテスト）、二価鉄（パックテスト）、水温の7項目について現地測定を行っている。そのほか、形態別窒素4項目、主要イオン8項目、窒素安定同位体比、酸素安定同位体比の室内分析を行った。

3.調査結果及び考察

地質調査の結果、谷津低地は地質調査の結果は下位より凝灰質中砂を主体とする更新統及び軟質で含水が大きい有機質シルトや腐植土を主体とする完新統よりなることを確認した。完新統の層厚は下流に向かって厚くなり、上流部では2.5m、中流部では3.5m以上であった。完新統は全体に暗褐色～黒色を呈し、不均質で連続性は認められなかった。

現場揚水試験で算出した透水係数は完新統が $7.2 \times 10^{-7} \sim 2.31 \times 10^{-8}$ の値、谷津低地の更新統は 5.26×10^{-7} であった。完新統ではGL-2.5m付近で最も透水性が低いことが確認された（図-2）。完新統内の水位の回復は一樣ではなく、浅い観測井で相対的に回復が早い傾向がみられたが、完新統内の不均質性に因るものと考えられる。一方、水位が安定した後、完新統底部に設置した観測井W2-2.5②と更新統の観測井W2の水頭は拮抗して変動しており、両者の水頭の順位交代により更新統と完新統の境界付近で地下水の上下方向の動きが生じているものと想定される。図-2に示した室内分析による主要8イオンのヘキサダイアグラムではW2とW2-2.5②の水質に類似性がみられたことから推察できる。また、これまでの水質調査により更新統の地下水は硝酸性窒素濃度が高いこと、完新統の地下水は酸化還元電位がGL-2.0～2.5mの範囲で還元的环境にあることを示している（図-2）ことから、完新統と更新統の境界付近で脱窒の場が形成されている可能性がある。

現在、完新統の透水係数や水質データに欠測があるため、今後はこれらのデータを補完するとともに、谷津の台地から谷津低地までの地下水流動系と脱窒との関連性を明らかにすることが必要であると考えます。

4. 謝辞

本調査はちば環境再生基金の助成事業として実施しました。また土地の立入りや観測井の設置に関して地権者および佐倉市環境保全課のご理解とご協力をいただきました。。ここに関係者の皆様に深く謝意を表します。

(参考文献)

千葉県(2007): 印旛沼流域情報マップ-治水・利水編一,p5

Keywords: Inba-numa basin, Alluvial lowland, Groundwater, Denitrification

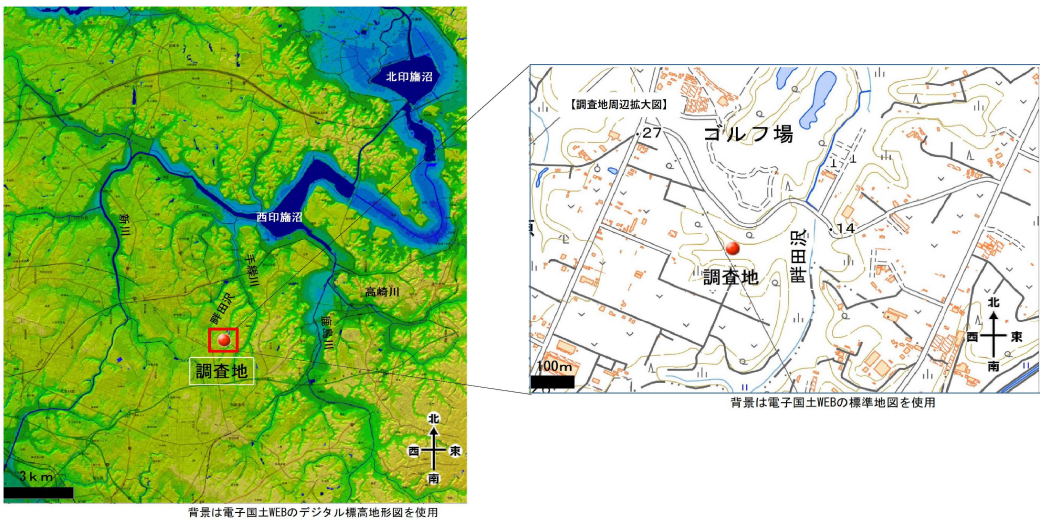


図-1 印旛沼周辺の地形と調査地点位置図

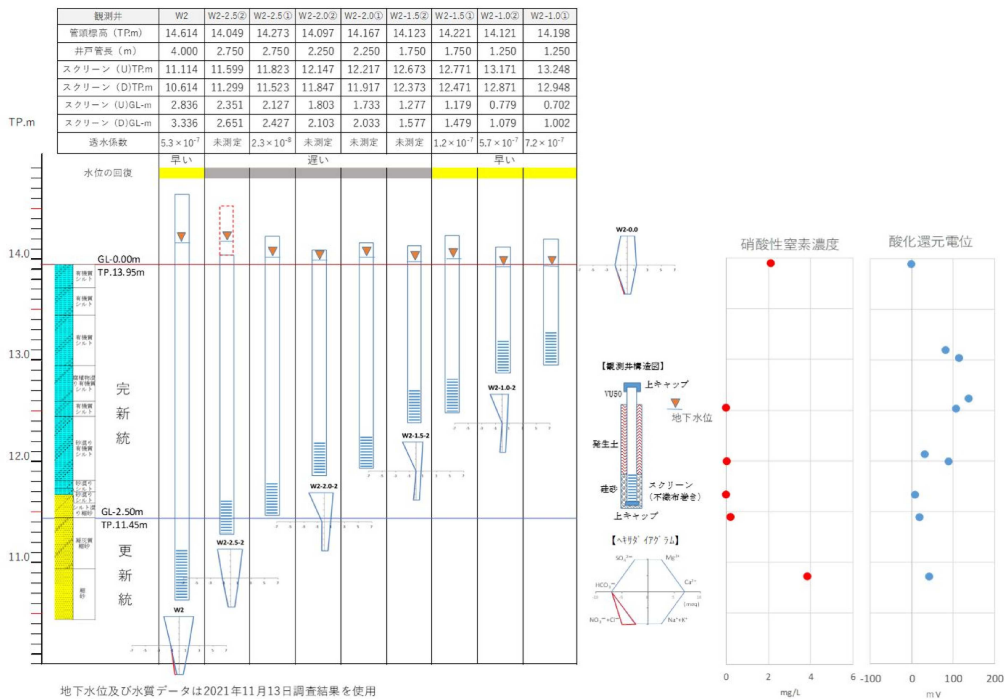


図-2 観測井設置断面図及び水質

Session Oral | T12. [Topic Session] 火 Volcanic phenomena deciphered from volcanic products and their application to disaster prevention

[1oral408-10] T12. [Topic Session] 火 Volcanic phenomena deciphered from volcanic products and their application to disaster prevention

Chair: Tomohiro Tsuji, Kuniyuki Furukawa

Sun. Sep 4, 2022 11:15 AM - 12:00 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

[T12-O-1] Geology of the obsidian lithofacies of the Shiroyama lava on Himeshima Island, Japan

*Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Yu Horiuchi³, Motohiro Tsuboi⁴ (1. Aichi Univ., 2. Univ. of Hyogo, 3. Oita Himeshima Geopark Promotion Office, 4. Kwansei Gakuin Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM

[T12-O-2] Discovery of Aso-4 pyroclastic flow deposit at Tokuji, Yamaguchi City with the distance of 170 km from Aso caldera

*Tomohiro Tsuji¹, Takehiro Ota¹, Naoki Fujiwara¹, Eiji Nakata², Masashi Ushioda³, Chisato Nakamura⁴ (1. Yamaguchi Univ., 2. CRIEPI, 3. SRI, 4. Naiba)

11:30 AM - 11:45 AM

[T12-O-3] An attempt to obtain findings on volcanic history from distal turbidite deposits: the example of Ogasawara Ioto (Iwojima) Volcano

*Masashi NAGAI¹, Takahiro Miwa¹, Tetsuo Kobayashi² (1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Kagoshima University)

11:45 AM - 12:00 PM

Geology of the obsidian lithofacies of the Shiroyama lava on Himeshima Island, Japan

*Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Yu Horiuchi³, Motohiro Tsuboi⁴

1. Aichi Univ., 2. Univ. of Hyogo, 3. Oita Himeshima Geopark Promotion Office, 4. Kwansei Gakuin Univ.

<はじめに> 黒曜石の形成を伴う流紋岩溶岩の噴出は事例の少ない現象である。そのため詳細を理解するには過去の噴出物を用いた地質学的な研究が求められる。そこで本研究では、大分県姫島に分布する、黒曜石相を含む流紋岩組成の城山溶岩の研究を行った。この黒曜石は国の天然記念物および日本ジオパークに認定されている。城山溶岩は10-30万年の噴出年代が報告されている (兼岡・鈴木, 1970; 鎌田, 1988; 松本ほか, 2010)。基本的な地質学、岩石学的な研究成果は伊藤ほか (1989)に記されている。

<地質調査結果> 城山溶岩は最大層厚52mで基底は露出してない。観音崎を北端にして南に約480mに渡り分布している。観音崎周辺の城山溶岩下部にはベペライトや多角形割れ目、パーライトが発達しており、水との接触があったことが推測される。ただし溶岩上部や観音崎以南にはそのような特徴は見られないため、観音崎周辺でのみ浅海環境で流動し、大部分は陸上を流動したと考えられる。黒曜石 (obsidian lithofacies)は観音崎北端にわずかに分布があるのみで、その南側で観音崎火砕岩と接する (伊藤ほか, 1989)。またobsidian lithofaciesは、溶岩の大部分を構成する発泡する岩相 (vesicular lithofacies)に漸移する。Obsidian lithofaciesは構造の違いから東西方向に伸びる3つの帯状領域に分けられ、観音崎火砕岩に接する南側から、brecciated zone (BZ), sheared brecciated zone (SZ), massive to brecciated zone (MZ)とした。観音崎火砕岩と接するBZは1m以内の幅で、主に数cm程度の黒曜石クラストと同質マトリクスから成る。また観音崎火砕岩のクラストも混在している。クラストの長軸は鉛直方向に配列することが多い。SZは13m程の幅で、帯状構造の伸びに平行な概ね東西走向の面構造が発達する。面構造は、鉛直方向に長軸を持ち各々長さ20cm程度の扁平な黒曜石で規定されている。この黒曜石の表面には、鉛直方向に平行に発達する多数の細い溝でできた線構造が確認できる。MZは22m程の幅で、主に塊状の黒曜石から成る。塊状の黒曜石には割れ目のネットワークがよく発達する。黒曜石は全体的に細かく発泡しており灰白色を呈するが、割れ目沿いの幅数cm程度の領域は発泡しておらず黒色を呈する。この割れ目を含む領域が塑性変形することもあり、そのような部分では発泡度および色の異なる領域が流紋岩に特徴的な流理構造に遷移している。

<考察> Obsidian lithofaciesのBZに発達するクラストの鉛直方向の定向配列やSZの鉛直方向の線構造は、セントヘレンズ山の露出した火道 (Pallister et al., 2012)でも観察されることから、城山溶岩のobsidian lithofaciesは侵食された火道であると考えられる。火道の北側の境界は海で確認できないが、南では観音崎火砕岩を母岩にしてマグマが上昇し、母岩に接する部分では火道マグマの脆性破壊が起き角礫化したのだろう (BZ)。このマグマ上昇により、接している観音崎火砕岩も侵食されクラストは火道内に取り込まれた。BZのクラストは、火道上昇時に母岩との剪断により鉛直方向に配列したと考えられる。BZより内側でも火道マグマの脆性破壊は起きたが、歪み速度が減少もしくは温度上昇した時にクラストは塑性変形に転じて扁平化し、面構造や線構造が発達した (SZ)。火道の中心部では、歪み速度の上昇もしくは温度下降した時に割れ目ネットワークが発達したと考えられる。その割れ目に接したマグマからは拡散や気泡の崩壊により脱ガスが進行することが期待される (Tuffen et al., 2003)。それにより割れ目沿いでは気泡が消失し、その後、歪み速度の減少もしくは温度上昇により割れ目は癒着した。さらにその部分が塑性変形することで、発泡度の異なる組織が流理構造に発達したと考えられる (MZ)。

<引用文献> 伊藤ほか (1997) 5万分の1地質図幅「姫島」. 兼岡・鈴木 (1970)地質学雑誌, **76**, p309-313. 鎌田 (1988), 月刊地球, **10**, p568-574. 松本ほか (2010) 火山学会要旨, p132. Pallister et al., (2012) Geological Society of America Bulletin, **125**, p359-376. Tuffen et al. (2003) Geology, **31**, p1089-1092.

Keywords: Obsidian, Himeshima, Rhyolite, Lava, Geopark

Discovery of Aso-4 pyroclastic flow deposit at Tokuji, Yamaguchi City with the distance of 170 km from Aso caldera

*Tomohiro Tsuji¹, Takehiro Ota¹, Naoki Fujiwara¹, Eiji Nakata², Masashi Ushioda³, Chisato Nakamura⁴

1. Yamaguchi Univ., 2. CRIEPI, 3. SRI, 4. Naiba

【はじめに】Aso-4火砕流は、約9万年前の阿蘇4噴火によって放出された大規模火砕流の一つであり、国内の活火山から発生した火砕流としては、国内で最も遠くまで到達した火砕流である。Aso-4火砕流のような拡散型の大規模火砕流の移動には内的・外的な要因が複雑に関係することから、その運搬能力や堆積過程は解明されていない。特に、火砕流の末端部に関して産状の記載例が不足していることから、詳細について不明な点が多い。今回、山口県山口市徳地での県の道路改良工事現場にてAso-4火砕流堆積物（以下、Aso-4と呼称する）の最遠部の露頭を発見したので報告し、その堆積過程とその意義について論じる。

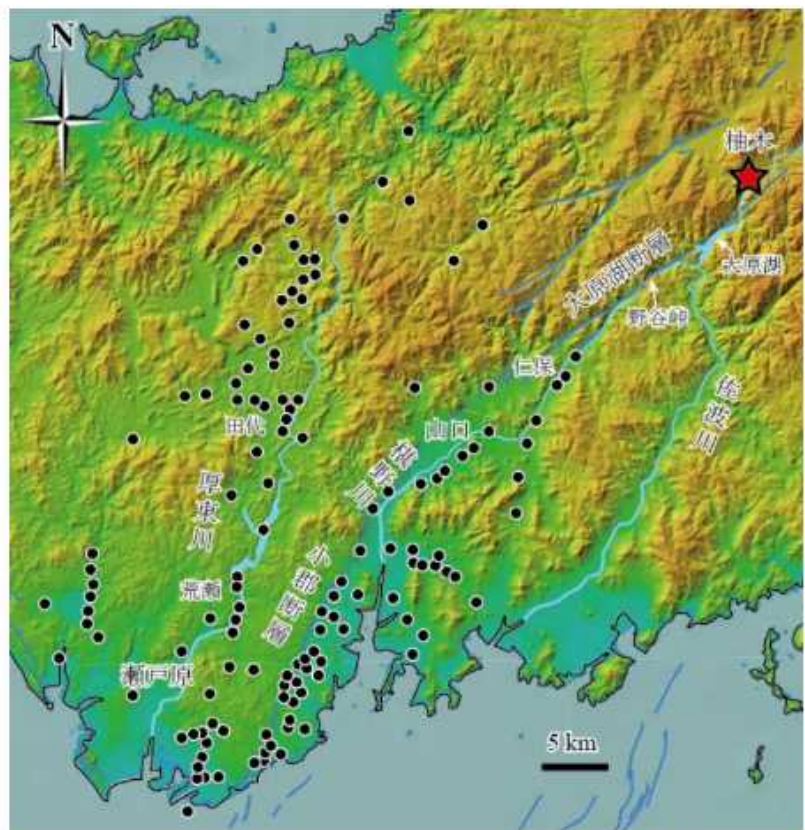
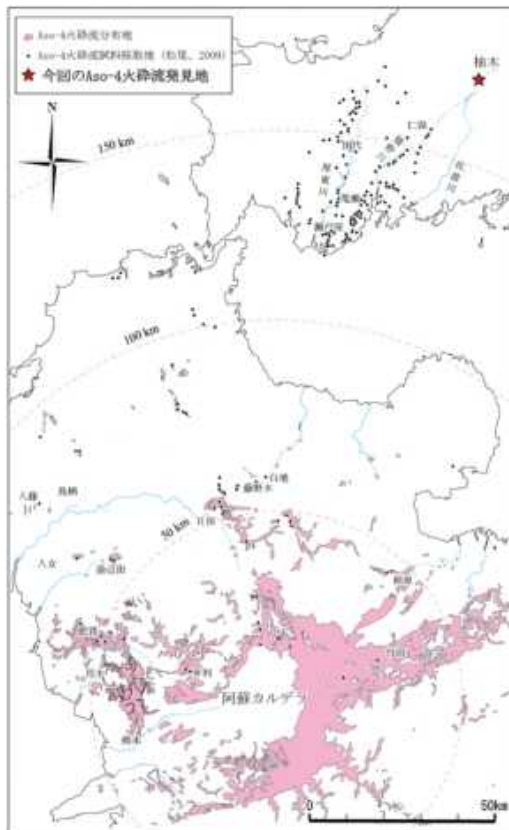
【産状】本Aso-4露頭は、佐波川上流の徳地柚野中学校跡地であり、従来報告されていたAso-4分布域より20 kmほど北東であり（図1）、これまで報告されていない地域での発見である。また、本地点は阿蘇カルデラ中心から170 km離れており、Aso-4として最遠方相である。露頭では、下位から、基盤岩を覆う中位段丘礫層、灰白色粘土、Aso-4、白色シルト、砂礫層、褐色土壌、AT、褐色土壌、黒色土壌、K-Ah、黒色土壌が累重する。AT、K-Ahが一つの露頭で観察されるのは本州では非常に希である。露頭西側ではAso-4は侵食されており、露出ししない。Aso-4は、下位の灰白色粘土を覆うようにして、層厚20～50 cmで堆積する。本堆積物は、デューンもしくはアンチデューン、斜交葉理、平行葉理の発達した火砕サージ堆積物である。橙色の層と優黒色の層が層厚4～10 cm程度で互層ないしレンズ状に混在して堆積している。各層の内部には葉理が認められる。上位の層が下位の層を侵食する侵食基底面がいずれの層にも認められ、下位の層をレンズ状ブロックとして含んでいることがある。橙色の層は軽石由来の風化粒子に富み、優黒色の層は鉍物に富む。砂サイズの粒子を主体としており、軽石の最大粒径は1 cmである。Aso-4の最下部には層厚2～3 cmで連続性の良い層が認められる。この層はマントルベッドしていること、明瞭な級化構造を示すこと、クラストサポートであること、軽石が円摩されていないことから、降下軽石層と解釈される。

【考察】堆積学的特徴から、Aso-4は、火砕物密度流の下部にて砂～細礫サイズの粒子が比較的濃密な流れとして移動・堆積したトラクション（掃流）堆積物と考えられる。Aso-4中の堆積ユニットはそれぞれ下位の降下軽石や下位のユニットを侵食していることから、侵食と堆積を何度も繰り返して形成されたと解釈される。Aso-4の発見地点は佐波川の上流域であるにもかかわらず、佐波川の下流域にはAso-4火砕流堆積物は報告されていないことから、輸送経路として谷に沿って榎野川を遡上して佐波川上流に達した可能性がある。Aso-4のような拡散型の大規模火砕流であっても、火砕流の遠方域では、その輸送過程に地形が影響していたと考えられる。これは、Aso-4の層厚分布から地形条件による制約について論じた長田ほか（2018）とも調和的ある。Aso-4のまた、Aso-4の基底部に降下軽石層が存在することは、これまで星住ほか（2022）によってAso-4X降下軽石の報告があるのみであり、非常に重要である。本降下軽石層に関する詳細分析を今後行っていく予定である。

引用文献：星住ほか（2022）火山，67，91-112.

図1. 九州中部～山口県におけるAso-4の分布。

Keywords: Aso-4 pyroclastic flow, Low aspect ratio ignimbrite, long distance travelling, sedimentary process, air fall pumice



An attempt to obtain findings on volcanic history from distal turbidite deposits: the example of Ogasawara Ioto (Iwojima) Volcano

*Masashi NAGAI¹, Takahiro Miwa¹, Tetsuo Kobayashi²

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Kagoshima University

伊豆-小笠原弧とマリアナ弧の接合部にある火山列島では近年活発な火山活動が続いている。小笠原硫黄島火山は直径約10kmのカルデラを持ち、水蒸気噴火を伴いつつ再生ドームの成長が続いている。南硫黄島近海の福德岡ノ場火山では2021年に大規模な軽石噴火が発生し、漂流軽石が南西諸島や本州南岸に到達した。これらの火山では海域であるため火山発達史の全体像はほとんどがわかっていない。そのため火山災害ポテンシャルを評価するうえで必要な、過去の噴火の時期・規模・噴火様式・周辺環境へ与えた影響などの情報がほとんど得られていない。

我々は硫黄島火山の大規模噴出物の捕捉やマグマ組成の長期的な変遷を解明する目的で、かつてパレスペラ海盆で採取されたピストンコアKR98-01-P1に注目した。このコアは池原ほか（1998）や川村ほか（1999；2002）などで詳しく解析されたもので、全長17m38cmのコア試料はタービダイト層（下位よりT6-2～T1層）と遠洋性粘土層（P6～P1層）の互層からなる。堆積年代は微化石群集解析より46万年前以降とされている。タービダイト層には火山ガラス粒子が多く含まれており、またCCD以深なのに石灰質微化石も多く含有することから、一旦CCD以浅に堆積した火山砕屑物が再移動したものと考えられた。その給源候補として古流向解析と海底地形の検討から採集地より300km以上離れた硫黄島周辺が挙げられた。しかし火山砕屑物粒子の起源についての詳しい検討はなされていなかった。一方、硫黄島及び周辺海域の火山はアルカリに富む噴出物を産することが知られており、岩石学的な特徴による給源火山の同定に有利な性質を持っている。

高知コアセンターに保存されていたコア試料には欠落もあったが、大部分の地層ユニットから試料を採取することができた。堆積年代を絞り込むため、長期間かけて堆積したとみなされる遠洋性粘土層から広域テフラ粒子の検出を試みた。識別が容易な薄い泡壁状の火山ガラス粒子を選別してSEM-EDSで主化学組成を測定した結果、Kb-Ks、Ata-Th、Aso-4、ATに由来すると考えられる粒子が見つかり、タービダイトは5~10万年程度に1回の頻度で発生したことが推定された。タービダイト層を構成する火山ガラス粒子の主化学組成は大部分がアルカリに富み粗面安山岩から粗面デイサイトの範囲であった。SiO₂組成変化図ではNa₂O図やCaO図で大きく2つの組成トレンドに分かれている。個々のタービダイト層では、常に両方のトレンドに乗る火山ガラス粒子が含まれており、双方の組成トレンドを形成したマグマに由来する砕屑物が混合して流下したものと考えられる。

タービダイト層は直接の噴火堆積物ではないが、低頻度であっても逐次浅海域の新鮮な状態の噴出物を深海に持ち込んだと推定されるので、給源火山の化学組成などの長期的な傾向をある程度平均化しつつ反映していると考えられる。Na₂Oに富みCaOに乏しいほうのトレンドの粒子ではK₂O量に若干の変化が認められるが、T4-2層以降は陸上の硫黄島火山噴出物とほぼ一致する組成となっている。これは現在の硫黄島火山のマグマ活動に対比されるもので、その開始はAta-Th 降灰以降と推定が可能である。Na₂Oに乏しくCaOに富むトレンドの粒子ではNa₂O量が次第に増加する傾向があり、T1層では福德岡ノ場火山噴出物とかなり一致している。こちらは福德岡ノ場を含む北福德カルデラの活動に対比される可能性がある。

今後は化学組成だけでなく、粒子形状の特徴や、今回対象としなかった結晶度の高い粒子の性質などについて、時間変化を明らかにして給源火山の活動実態の解明を進める予定である。遠方のコアに含まれる再堆積物の解析は、手段の限られた海域火山の発達史研究では有用であり、今後多くのコア試料で研究が進むことが望まれる。

謝辞：海洋研究開発機構には所蔵ピストンコア試料の利用を御許可いただいた。コア試料のサンプリングでは久光敏夫博士をはじめ高知コア研究所のスタッフの御世話になった。記して御礼申し上げる。

文献：

池原ほか（1998）JAMSTEC深海研究, 14, 193-204.

川村ほか（1999）JAMSTEC深海研究, 15, 73-82.

川村ほか（2002）地質学雑誌, 108, 207-218.

Keywords: Quaternary, Marine Core, tephrochronology, Izu-Bonin-Mariana Arc

Session Oral | T4. [Topic Session] History of the Earth

[1oral111-17] T4. [Topic Session] History of the Earth

Chair: Takuto Ando, Daisuke Kuwano

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[T4-O-11] (Invited) Paleoeological changes in marine benthos during the Mesozoic: Ichnological evidence

*Kentaro IZUMI¹ (1. Faculty & Graduate School of Education, Chiba University)

1:30 PM - 2:00 PM

[T4-O-12] Reconstruction of fungal flora changes by fungal palynomorph analysis in the sediments deposited during the Cretaceous Oceanic Anoxic Events

*Masashi A IKEDA¹, Ken SAWADA², Takuto ANDO³, Reishi TAKASHIMA⁴, Hiroshi NISHI⁵ (1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Estuary Research Center, Shimane University, 4. The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku University Museum, Tohoku University, 5. Institute of Dinosaur Research, Fukui Prefectural University)

2:00 PM - 2:15 PM

[T4-O-13] The Review of Late Cretaceous of East Asia Continental margin of Hinterland and The impact of Hinterland uplift on the Forearc Basin Sediments

*Jumpei SAIGAN¹ (1. Yamaguchi university)

2:15 PM - 2:30 PM

[T4-O-14] Development of a lutetium-hafnium radiometric dating for pelagic brown clay

*Junichiro Ohta^{1,2,3}, Jun-Ichi Kimura³, Qing Chang³, Takashi Miyazaki³, Vaglarov Bogdan Stefanov³, Yasuhiro Kato^{1,2,3} (1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

2:30 PM - 2:45 PM

[T4-O-15] Spatangoida fossils from middle Miocene Tanabe Group in the Wakayama Prefecture, Japan.

*Masaaki OHARA¹ (1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History)

2:45 PM - 3:00 PM

[T4-O-16] Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktic foraminiferal assemblages in the upper Pliocene to lower Pleistocene Tentokuji and Sasaoka Formations distributed in the Masayamazawa area, northern part of Akita Prefecture

*Makoto YAMASAKI¹, Yuki MUKAE², Noki NEMOTO³, Minoru IKEHARA⁴ (1. Akita University, 2. JAPAN GAS ENERGY CORPORATION, 3. Hirosaki University, 4. Kochi University)

3:00 PM - 3:15 PM

[T4-O-17] Dimorphic life cycle through transverse division in burrowing hard coral *Deltocyathoides orientalis*

*Asuka SENTOKU¹, Keisuke SHIMIZU², Tsubasa NAKA¹, Yuki Tokuda³ (1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The

University of Tokyo, 3. Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental
Studies)

3:15 PM - 3:30 PM

Paleoecological changes in marine benthos during the Mesozoic: Ichonological evidence

*Kentaro IZUMI¹

1. Faculty & Graduate School of Education, Chiba University

中生代は、海洋生態系が大規模に変革した地質時代である。特に重要な現象としては、海洋プランクトンの多様化が挙げられる。これにより、大規模なブルームを起こすグループが新たに出現し、大量の有機物が海底に輸送されるようになった。一方、海洋底に生息している底生生物（以下、海洋ベントス）は、海洋底の堆積物中に含まれる有機物を餌として摂食している。これらの有機物は、海洋表層で植物プランクトンによって生産された有機物や動物プランクトンの糞粒に由来しているため、海洋ベントスの活動は海洋表層から海洋底に輸送される有機物によって支えられている。

このことから、中生代に起こった海洋プランクトンの多様化という現象は、当時の海洋ベントスの行動生態にも大きな影響を与えたことが想定され、実際にそれを裏付けるような化石証拠が報告されている。しかしながら、そのような知見の多くは体化石記録に基づいている。殻などの生体硬組織を持つ海洋ベントスは体化石として地層中に保存される可能性が高いが、一方で生体硬組織を持たない海洋ベントスも多く存在しており、体化石からの知見のみでは、化石保存可能性のバイアスを大きく受けてしまう。そのため、中生代における海洋ベントスの行動生態の変化の全容を解明するためには、生体硬組織を持たない海洋ベントスに関する知見も併せて検討することが必要である。

生体硬組織を持たない海洋ベントスが体化石として地層中に保存される可能性は極めて低いため、生痕化石に注目することが重要である。生痕化石とは、古生物の行動の痕跡が地層中に保存されたものである。それを解析することによって生体硬組織を持たない海洋ベントスの行動生態に関する知見を得ることが可能になる。実際に生痕化石の産出パターンの長期変化を検討するような研究がなされており、その結果、いくつかの種類の生痕化石については形成生物の生息域がジュラ紀後期から白亜紀にかけて深海域にシフト（あるいは拡充）する現象が認識され、海洋プランクトンの多様化との関連が示唆されてきた。

しかし、依然として海洋ベントスの生痕化石を長時間スケールで解析した研究事例は少ない。さらに、本来であれば海洋プランクトンと海洋ベントスの関連性を議論する際には、生痕形成生物が実際に海洋プランクトン（+それに由来する有機物）を摂食していたかを実証することが望まれるが、この点を具体的に検討した先行研究はほとんど存在しない。

以上の背景より、発表者はこれまで生痕化石 *Phymatoderma* を主要対象として研究を行ってきた。*Phymatoderma* は古生代から第四紀の海成層から産出し、堆積物食性ベントスの巣穴内に糞が充填されることで形成されたものである。発表者は、古生代（ペルム紀）から新生代（鮮新世）の海成層（計10口カリティー）から産出する *Phymatoderma* を実際に調査・観察し、文献調査データも統合して *Phymatoderma* 形成生物の行動生態の変化を長時間スケールで考察した。その結果、白亜紀以降に形成生物の生息域が深海域にシフトし、かつ形成生物のサイズが大型化する傾向が認識された。また形成生物の食性については、新たに出現した海洋プランクトンを実際に摂食していたことが示され、かつ白亜紀以降になると、ブルームや動物プランクトンの糞粒等の有機物が大量に海底に供給されたタイミングと同期して摂食するというより効率的な摂食様式に変化した可能性が示唆された。さらに新生代に入ると、糞が別の小型堆積物食性ベントスに摂食（糞食）されたことを示す *Phymatoderma* が産出することがわかった。中生代以降に大量の有機物が海底に輸送されるようになったことに伴い、巣穴内に充填された形成生物の糞も有機物に富むようになり、小型堆積物食性ベントスの効率的な餌場として機能するようになったためと考えられる。

本研究で得られた知見の普遍性を検討するために、文献調査を実施し、堆積物食性ベントスによって形成された *Phymatoderma* 以外の生痕化石についても長時間スケールでの変化を検討した。その結果、少なくともサイズの大型化・生息域の変化・糞食の増加については、他の種類の生痕化石においても同様の傾向が見出された。

以上のことから、中生代における海洋プランクトンの多様化によって、生体硬組織を持たない海洋ベントスの

行動生態も大きく影響を受けたことが多角的に示された。ただし、生痕化石のデータから示唆された中生代における海洋ベントスの行動生態の変化の要因をより具体的に推定するためには、化石記録と地質記録を比較するだけでなく、他の研究アプローチも組合わせて考察する必要がある。本講演では、発表者の研究室で最近取り組んでいる海洋ベントスの糞食行動に関する数理モデルについても紹介する。

Keywords: Mesozoic, marine benthos, trace fossils, organic matter

Reconstruction of fungal flora changes by fungal palynomorph analysis in the sediments deposited during the Cretaceous Oceanic Anoxic Events

*Masashi A IKEDA¹, Ken SAWADA², Takuto ANDO³, Reishi TAKASHIMA⁴, Hiroshi NISHI⁵

1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Estuary Research Center, Shimane University, 4. The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku University Museum, Tohoku University, 5. Institute of Dinosaur Research, Fukui Prefectural University

[はじめに] 現代において最も多様なグループの一つである菌類は、陸上生態系において分解者または共生者として重要な位置を占めている。地球史においても、大量絶滅期の陸上荒廃に際して分解者として菌類の一時的な増加が報告されており(Vajda & McLoughlin, 2004; Rampino & Eshet, 2018), また、平常時においても分解や大陸風化の促進によって炭素循環に大きな影響を与えた可能性が示唆されている(Pieńkowski et al., 2016; Taylor et al., 2009, 2011)。本研究では、中期白亜紀に複数回発生した大きな環境擾乱イベントとして知られている海洋無酸素事変(OAE)を記録した堆積岩から有機質微化石(パリノモルフ)を分離し、特に菌類フロラの変遷に注目した蛍光顕微鏡観察の結果を報告する。

[試料と方法] 南東フランス・ボコンティアン堆積盆から採集した

OAE1a(Goguel), OAE1b(Jacob, Kilian, Paquier), OAE1d(Breistroffer), OAE2(Thomel)層準, ブラジル・Araripe堆積盆 Santana層(Estivaセクション)のOAE1b層準, 北海道・蝦夷層群(白金沢, 朱鞠内川, 大曲沢セクション)のOAE2層準, 北米カリフォルニア州・Great Valley Sequence(North Fork Cottonwood Creekセクション)のOAE2層準試料を用いてパリノモルフ分析を行った。ケロジェンはSawada et al.(2012)に従って分離し、透過・蛍光顕微鏡を用いて観察した。菌類の同定には落射微分干渉観察と蛍光顕微鏡観察を組み合わせで行った。

[結果と考察] 南東フランス・ボコンティアン堆積盆において菌類パリノモルフはOAE1a期(Goguel層準)からはほとんど観察されず、OAE1b期(Kilian, Paquier層準), OAE1d期(Breistroffer)やOAE2期(Thomel)では菌糸や菌胞子といった菌類パリノモルフが多く観察された。特に陸源の寄与が高かったとされるOAE1dの黒色頁岩層では、菌胞子や*Callimothallus*属に似た子実体も産出し、菌類パリノモルフの多様性も高い結果となった。これは、南東フランスのセクションよりも陸に近い堆積場であったブラジルのOAE1b期(Estivaセクション)においても同様の傾向がみられたことから、菌類パリノモルフの増減は陸源有機物の流入量に大きく起因していることが強く示唆された。一方で、同じ南東フランス・ボコンティアン堆積盆においても観察される菌類パリノモルフの傾向が大きく異なっており、OAE1bまでは担子菌類や子囊菌類に特徴的な隔壁を持つ菌糸が大半を占め、OAE1d以降はより原始的な隔壁を持たない菌糸のみが産出した。同時期に被子花粉が出現していることや、OAE2期に後背地が草本優勢の植生であったThomelに対して森林植生だったと考えられる蝦夷層群では隔壁を持つ菌糸が顕著であることから、菌類パリノモルフにみられる菌類フロラの変化は植生の変化を反映していると考えられる。本講演では、さらに北米カリフォルニアのOAE2(North Fork Cottonwood Creekセクション)の結果についても議論し、菌類パリノモルフを用いた白亜紀海洋無酸素事変における陸域生態系を、特に菌類フロラの変遷に着目して発表する。

[引用文献]

- Pieńkowski, G. et al., 2016. *Scientific Reports*, **6**, 31930.
Rampino, M.R. & Eshet, Y. 2018. *Geoscience Frontiers*, **9**, 147-154.
Sawada, K. et al., 2012. *Journal of Asian Earth Sciences*, **54**, 78-90.
Taylor, L. et al., 2009, *Geobiology*, **7**, 171-191.
Taylor, L. et al., 2011. *American Journal of Science*, **311**, 369-403.
Vajda, V. & McLoughlin, S. 2004, *Science*, **303**, 1489.

Keywords: palynomorph, fungi, OAEs, Cretaceous

The Review of Late Cretaceous of East Asia Continental margin of Hinterland and The impact of Hinterland uplift on the Forearc Basin Sediments

*Jumpei SAIGAN¹

1. Yamaguchi university

日本各地の後期白亜紀堆積相は古典的な堆積学による解釈から、Haq et al. (1988)に基づく海水準変動を取り入れた解釈、さらにはシークエンス層序学の概念を取り入れた研究例もみられている（安藤ほか, 1995）。一方で、碎屑物供給量や堆積場のテクトニクスなどについては解釈が難しい部分も出てきた。近年、判明してきた後期白亜紀の東アジア・テクトニクスについての最新知見は、後期白亜紀堆積相の解釈に大きく影響すると考える。

そこで、本発表では、1) 後期白亜紀東アジアのテクトニクスと堆積相解析について既存研究をまとめ、2) そのような環境が、日本各地の後期白亜紀海洋堆積物にどのような影響を及ぼしたかについて、那珂湊層群などを例として作業仮説を提案する。

1) 後期白亜紀東アジア・テクトニクス；2000年代以前、Okada (1997) は、日本における前弧海盆堆積層の堆積速度より、後背地に隆起帯が存在した可能性を示した。寺岡ほか (1998) は、後背地の隆起に呼応して、前期白亜紀末から後期にかけて西南日本の和泉層群より前弧域が沈降したことを示唆した。2000年代には、Chen (2000) は、中国大陸内陸における堆積盆が白亜紀中期～後期にかけて砂漠化したことを示唆した。これは、内陸の堆積盆と前弧域とを境するように大陸縁に沿って障壁としての隆起帯が存在したことを意味する。2010年代以降には、その大陸縁隆起帯の隆起原因など詳しい研究が行われた（Song et al., 2015；Zhang et al., 2016；石坂ほか, 2021）。隆起は、火成活動活発化などによって生じ、特に前期白亜紀末～後期初め、白亜紀後期末頃に花崗岩体を主体としていた（石坂ほか, 2021）。

2) 後背地隆起による海洋堆積層への影響；上記のように、後期白亜紀の東アジアでは、大陸縁隆起帯が詳細にわかってきた。これは、日本各地の後期白亜紀堆積相において、その後背地からの供給量、時期、岩種を限定する材料となり、さらなる再検討が必要である。文献や発表者が調査を行った那珂湊層群を例に、隆起の前弧海盆堆積物への影響を推定示す。

例えば、双葉層群はジルコン年代より、コニアシアンからカンパニアン堆積体であるが、採取されたジルコンはアルビアンからカンパニアンが多数を占めると報告されている（長谷川ほか, 2020）。和泉層群はカンパニアンからマーストリヒシアン堆積体であり、その堆積速度は約4000 m / Maと速かったことが知られる（Okada, 1997）。

発表者が調査を行った那珂湊層群は花崗岩礫を多量に含んでいた。これらの堆積体は、隆起による碎屑物供給の影響を示す可能性がある。那珂湊層群はカンパニアンからマーストリヒシアン堆積体である。地表踏査の結果から、堆積相は上方粗粒化を示し、地すべり性堆積物より、堆積環境は斜面上であると考えている。ただし、生痕化石や粗粒堆積物等からは現生の大陸斜面より浅い、陸棚性の環境を示唆している。これは、陸棚があまり発達せずに、後背地に接近する形で、陸棚斜面が形成されたのだと解釈した。これは白亜紀末の後背地隆起により、前弧海盆陸側堆積面の斜面勾配が増したためと解釈する。また、このことは大陸縁沿岸域における相対的な海水準変動に影響を与えるだろう。このような状況は碎屑物供給量にも左右されるが、デルタや陸棚の発達に制限をかけたことを推測する。

以上に示したように、後背地の隆起は碎屑物供給量・堆積地形・沿岸域での海水準への影響を与えると考える。

今後、大陸縁隆起帯とこれらの日本各地の後期白亜紀堆積体をリンクさせるような解釈が求められている。活発な後期白亜紀東アジア縁辺域においては、単純に海水準変動のみにスポットを当てるだけでなく、後背地の隆起など、前弧海盆を取り巻くテクトニクスにも大きく注目する必要があることを提起する。

引用文献

- 安藤ほか, 1995, 地学雑, **104**, 284-303.
Chen, 2000, *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, **17**, 81-90.
長谷川ほか, 2020, 地学雑, **129**, 49-70.
Haq et al, 1988, *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, **42**, 71-108.
石坂ほか, 2021, 地学雑, **130**, 63-83.
Okada, 1997, *Geo. Soc. Japan.*, **48**, 1-6.
Song et al., 2015, *Cretaceous Res.*, **55**, 262-284.
寺岡ほか, 1998, 地調月報, **49**, 395-411.
Zhang et al., 2016, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **456**, 112-123.

Keywords: Late Cretaceous

Development of a lutetium-hafnium radiometric dating for pelagic brown clay

*Junichiro Ohta^{1,2,3}, Jun-Ichi Kimura³, Qing Chang³, Yasuhiro Kato^{1,2,3}

1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

遠洋性褐色粘土とは、大陸から遠く離れた遠洋域で堆積する堆積物種であり、海洋底全体の30%以上の領域を覆っている[1]。遠洋性褐色粘土は、生物活動が不活発で、大陸からの風成塵などの物質供給量も少ない海域で堆積するため、堆積速度が小さいという特徴をもつ。そのため、魚類の骨の破片、海水起源の鉄マンガン酸化物、宇宙塵などといった、堆積フラックスの非常に小さな物質が、他の堆積物種と比較して多く含まれている。この特徴を利用することで、堆積速度の小さな物質に記録された地球環境変動と物質循環の記録を読み解くことができる。近年の特に顕著な研究成果としては、南鳥島沖で発見されたレアアースを極めて高濃度で含む「超高濃度レアアース泥」の発見とその成因の解明が挙げられる[2,3]。超高濃度レアアース泥は、地球寒冷化の開始時に魚類が増えたことで魚類の骨の破片が大量に堆積し、それがレアアースを濃集したことで生成したと考えられている[3]。さらに、こうした魚類の骨の破片が大量に堆積してレアアースを濃集するというイベントは、新生代において複数回生じたこともわかっている[4]。遠洋性褐色粘土を用いた遠洋域研究を積極的に展開していくにあたって最も重要となるのは、堆積年代の決定である。従来、遠洋性褐色粘土には年代指標となる炭酸塩・珪酸塩からなる微化石や古地磁気層序が保存されていないことから、年代決定が難しいとされてきたが、堆積物に記録された海水のオスミウム同位体比を用いた年代を決定するオスミウム同位体比層序年代と、魚類の歯（イクチオリス）の形態的分類に基づいた生物層序年代を組み合わせた手法により、体系的な年代決定が可能となってきた[3]。実際に、この手法を用いて、上述した超高濃度レアアース泥の堆積年代を、およそ3,440万年前と高精度に決定することに成功している[3]。そして、このオスミウム同位体比層序年代とイクチオリス層序年代を遠洋性褐色粘土コアに広く適用し、遠洋域研究をさらに進展させていくにあたって鍵となってくるのが、「年代マーカー」である。オスミウム同位体比層序年代のような層序学的な年代決定手法は、上下の層準との相対的な関係性から年代を決定する相対的な年代決定手法であるため、年代を絶対的に固定できる層準となる「年代マーカー」がなければ、年代が一意に定まらない恐れがある。この「年代マーカー」は、多ければ多いほど年代の正確性と信頼性を高めることができるが、遠洋性褐色粘土に適用できる年代マーカーは、現状では6,600万年前の白亜紀／古第三紀境界や堆積物最表層（0万年前）にほぼ限られており、極めて少ないのが現状である。ここで、遠洋性褐色粘土の単独の層準から絶対的な年代値を得ることができるようになれば、それを年代マーカーとして扱うことで、上述した相対的な年代決定手法との組み合わせにより、強力な年代決定ツールとなる。そこで本研究では、遠洋性褐色粘土に多く含まれている魚類の骨の破片が、レアアースのひとつであるルテチウム（Lu）を濃集することに着目し、それがハフニウム（Hf）に放射改変することを利用したLu-Hf放射年代を適用することを試みた。まず予察的分析を行うために、年代がおよそ3,400万年前のレアアース泥試料を用い、ふるい分けと重液分離を用いて魚類の骨の破片を分離した。さらに化学的洗浄を行ってマンガン酸化物などの付着物を除去したうえで、イオンクロマトグラフィーによってLu-Hfを分離した。Lu-Hf同位体分析は、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マルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置を用いて実施した。本発表においては、試料の分離から同位体分析までの手順の詳細と分析結果、およびさらなる高確度・高精度・高効率分析に向けた検討結果について述べる。

参考文献：[1] Dutkiewicz et al., *Geology* **43**, 795–798, 2015. [2] Iijima et al., *Geochem. J.* **50**, 557–573, 2016. [3] Ohta et al., *Sci. Rep.* **10**, 9896, 2020. [4] Tanaka et al., *Ore Geol. Rev.* **119**, 103392, 2020.

Keywords: Pelagic brown clay, Radiometric dating, Ichthyolith, REY-rich mud

Spatangoida fossils from middle Miocene Tanabe Group in the Wakayama Prefecture, Japan.

*Masaaki OHARA¹

1. Wakayama Prefectural Museum of Natural History

ブンブク目はウニ類の中でも最大の種数を誇るグループであり、その生息場所は多岐に富む。また、岩礁域ではなく砂泥底に生息する種が多いことから、正形ウニと比較すると化石として保存されやすく、年代や生息環境ごとの優占種の変遷といった研究が可能である。しかしながら、その同定には生殖孔の数や殻表面の各種帯線を確認する必要があり、圧縮変形や母岩の固結度の上昇（殻表面の観察が困難になる）の影響が強くなる前～中期中新世の化石では詳しい報告例は多いとは言えない。複数地域にまたがって、もしくは多数の個体の産出が報告された例としては、*Moria obesa*（田野沢層、多里層）、*Cagaster reticanalis*（犀川層、余川層群）、*Brissopsis makiyamai*（網尻層、備北層群等）、*Brissopsis* sp.（師崎層群）、*Eupatagus nipponicus*（砂子坂層、田野沢層等）が挙げられる（引用文献[1],[4],[5]ほか）が、今回これらとは異なるグループに属するブンブク目化石が複数個体得られたのでここに報告する。ブンブク目化石は、和歌山県白浜町庄川、内の川、上富田町生馬など複数地点において、シルト岩もしくは細粒砂岩中から散在して産出し、40個体以上を確認した。[8]によれば、これらの地点には田辺層群朝来層郷地谷部層と同層群白浜層S1部層が分布する。年代については、朝来層から産出した浮遊性有孔虫化石からBlowのN8後期、すなわち中期中新世初頭の16～15Ma頃と解釈されている（[6]）。なお、朝来層上部については、N8後期に日本各地で起こった海進の影響で堆積した外洋に面した沖合の堆積物とされ、その上位にある白浜層は比較的浅い大陸棚上の堆積物と考えられている（[7]）。化石は基本的に上下方向に圧縮変形を受けた上に殻が溶脱しており特徴が読み取りづらいものもあるが、反口側において「正面歩帯が深い溝になり、前端部が浅く凹む。」、「前方花卉は直線状ではなくわずかにカーブし、周縁部まで到達しない。」、「前方および後方花卉は浅く凹む。」「前方花卉は後方花卉の1.5倍以上の長さがある。」、「頂上系は中央よりやや後方に位置する。」といった特徴が多くの個体において共通して認められ、すべて同一種である可能性が高い。これに加えて保存の良い標本において、「生殖孔の数が2であること」と「周花紋帯線と側・肛帯線の存在」を確認できた。以上の特徴は、現在の日本近海に生息するブンブクチャガマ（*Shizaster lacunosus*）のそれとかなり一致するが、前方花卉に比する後方花卉の長さが*S. lacunosus*に比べてより長いという点が異なる。種レベルの同定にはさらなる検討が必要であるが、ここでは本種を*Shizaster* sp.としておく。国内の下～中部中新統においては、[3]が岐阜県の瑞浪層群生俵層から、[2]が富山県の朝ヶ屋層から、それぞれ*Shizaster* sp.を報告しているが、標本の保存が悪かったり記載や図示がされていない等の理由で本種との比較ができない。しかしながら、本種がこれらと同種である可能性は残されており、もしそうだとすればかなり広範囲に分布していたことになる。少なくとも本調査地域においては複数地点・層準にまたがって多数の個体が発見されていることから、紀伊半島南部の浅海域においては本種が優占種であったことは確実で、他地域の浅海堆積物からも本種が発見される可能性は大いにある。下～中部中新統のブンブク目化石は同定が不十分なまま報告されていない標本がまだ多数存在すると思われるので、今後はそういった標本の検討もしつつ*Shizaster* sp.の分布域を探りたい。引用文献：[1]水野（1992）中新統師崎層群から産出したウニ類。瑞浪化石博研報，19，337-346。[2]森下（1950）石川・富山県の新第三紀海胆。地質学雑誌，55，254-259。[3]森下（1953）岐阜県新第三紀の化石海胆類。Trans.Proc.Palaeont.Soc.Japan,N.S.,11,61-64。[4]Nishiyama, (1968) The echinoid fauna from Japan and adjacent regions. Part II. Palaeont. Soc. Japan, Sp.13,, 1-491。[5]岡本ほか（1990）庄原市宮内町貝石谷の中新世備北層群の貝化石群集。瑞浪化石博研報，17，35-50。[6]田辺団研（1984）紀伊半島田辺層群の層序と構造。地球科学，38(4)，249-263。[7]田辺団研（1985）紀伊半島田辺層群の研究。和大教育学部紀要，34，3-24.. [8]田辺団研（1992）朝来累層の堆積相と層序。地球科学，46(6)，369-383。

Keywords: Spatangoida, middle Miocene, Tanabe Group

Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktic foraminiferal assemblages in the upper Pliocene to lower Pleistocene Tentokuji and Sasaoka Formations distributed in the Masayamazawa area, northern part of Akita Prefecture

*Makoto YAMASAKI¹, Yuki MUKAE², Noki NEMOTO³, Minoru IKEHARA⁴

1. Akita University, 2. JAPAN GAS ENERGY CORPORATION, 3. Hirosaki University, 4. Kochi University

日本海沿岸に沿って分布する最上部新生界は、石油坑井の層序検討にともなって古くから検討がおこなわれてきた。特に上部鮮新統から最下部更新統の海成堆積岩類は微化石を豊富に含むことから、層序学的検討とともに堆積当時の環境復元に有用である。後期鮮新世はmid-Pliocene warm period (Raymo et al., 1996)と呼ばれる温暖化や、その後の北半球高緯度域における氷床の拡大とそれに伴う汎世界的な寒冷化 (Rea et al., 1995) など地球環境変動の仕組みを理解するうえで重要な地質時代である。近年のIODPの成果は当時の日本海の海洋環境変遷の全容を明らかにしつつある。例えば、北半球高緯度海域の氷床拡大に伴い、遷移帯～亜熱帯種の放散虫化石群集が減少し顕著な寒冷化傾向を示すとともに (Matsuzaki et al., 2018), 4 Ma以降に注目すると、より湿潤で変化の大きい気候は1.8 Ma以降に認められるようになった (Tada et al., 2020)。こうしたなか、当時の日本列島沿岸域での環境変動については、寒冷化や海水準低下の影響を受ける一方で、暖流の流入も指摘される。しかし、寒冷化のタイミングや暖流の流入時期に関してはいくつかの研究で主張が異なる (Itaki, 2016; 北村, 2007など)。本研究では秋田県北部柁山沢地域の岩相調査、浮遊性有孔虫化石の群集解析と、有孔虫殻の安定酸素同位体比分析の結果に基づいて、鮮新世末から更新世始めの古海洋環境について詳細な検討を行った。

上部鮮新統～下部更新統天徳寺層・笹岡層の露出が良好な柁山沢ルートの調査に基づくと、調査区間中の天徳寺層最下部では塊状で淘汰の良い青灰色シルト岩、同層上部は塊状で淘汰の良い青灰色砂質シルト岩、その上位の笹岡層は塊状で淘汰の良い青灰色極細粒砂岩、その上位の中沢層は塊状で半固結の細粒砂岩から成り、中沢層中にはスウェール状斜交層理が観察された。このことから、本調査区間は上方浅海化傾向を示し、最終的に下部外浜環境まで浅海化したものと推測される。

群集解析では浮遊性有孔虫化石が産出した76試料のうち、100個体以上産出した46試料を用いた。5属13種が同定され、*Globigerina bulloides*が最も多産し、次いで*Globoconella inflata praeinflata*, *Neogloboquadrina incompta*が多産する。これらの特徴から、本調査区間は米谷 (1978) の*Globigerina pachyderma* (dextral) / *Globorotalia orientalis* Zoneに対比される。これは、本調査地域の天徳寺層・笹岡層境界に石灰質ナンノ化石基準面A (2.75 Ma) が追跡されるという佐藤ほか (2003) の結果と調和的である。*G. bulloides*と*Globigerina quinqueloba*の相対頻度を足し合わせた低塩分で富栄養な環境を示す指標の極大値が岩相の粗粒化のタイミングと一致したことから、これらの変化は本研究地域における浅海化とそれに伴う河川の影響の増加を示していると推測される。さらに、*G. inflata* s.l.を温帯性中層水の発達の指標とすると、その産出が断続的であることから、本研究地域において温帯性中層水の発達が断続的に生じたことが推測される。これに加え、温暖種の*Globigerinoides ruber*の産出傾向から、鮮新世末から更新世始めにかけて暖流の断続的な流入が示唆される。一方、寒冷な環境を示唆する*Neogloboquadrina pachyderma*の産出は極めて少なく、2.75 Ma以降も寒冷化傾向はみられない。講演では、有孔虫殻の酸素同位体比分析に基づく海洋環境変動についても議論する。

引用文献 米谷, 1978, 日本の新生代地質, 35–60; Raymo et al., 1996, Mar. Micropaleontol., 27, 313–326; Rea et al., 1995, Sci. Results, 145, 577–596; Matsuzaki et al., 2018, Prog. Earth Planet. Sci., 5:54; Tada et al., 2020, Prog. Earth Planet. Sci., 7:55; Itaki, 2016, Prog. Earth Planet. Sci., 3:11; 北村, 2007, 化石, 82, 82–59; 佐藤ほか, 2003, 地質学雑誌, 109, 280–292.

Keywords: Late Pliocene, Planktic foraminifera, Northern Hemisphere glaciation, Japan Sea

Dimorphic life cycle through transverse division in burrowing hard coral *Deltocyathoides orientalis*

*Asuka SENTOKU¹, Keisuke SHIMIZU², Tsubasa NAKA¹, Yuki Tokuda³

1. Faculty of Science University of the Ryukyus, , 2. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 3. Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental Studies

イシサンゴ類は現在のサンゴ礁を構成する主要な動物である。サンゴ礁域での赤土流出が問題となっているように、一般に、イシサンゴ類は砂や泥などの堆積物の埋積に脆弱な生物である。しかし、イシサンゴ類全体の約25%に相当する300種以上のイシサンゴが沖合の砂泥底に生息している。琉球列島をはじめ日本近海にも直径が1 cmに満たない小さなイシサンゴ類が、沖合の海底に多数生息している。その一種としてTurbinoliidae科*Deltocyathoides orientalis* (和名：タマサンゴ) があげられる。当該種は、ボウル状の外形を有する直径1 cm程度の無藻性単体イシサンゴであり、軟底質中へ潜行する内生の生活様式を有する。化石記録からこのような行動が約8000万年前の後期白亜紀にはすでに存在していたことが推測されている (Sentoku et al., 2016)。これまで、タマサンゴは有性生殖のみを行うと考えられてきたが、それを示唆する形態学的・発生学的な証拠はこれまで認められていない。一方で、日本近海において、タマサンゴが採集される際には、未記載種の固着性単体イシサンゴが同時に採集される。本研究ではこれら2種が同種であるとの仮定のもと、形態解析及び分子系統解析による系統分類学的検討を行い、タマサンゴの生活環の解明を試みた。骨格形態解析の結果、タマサンゴの骨格底部には横分裂による無性生殖に伴う骨格脱石灰の痕跡が認められた。一方、未記載種は、莖部の直径が2 mm程度の円柱状で、サンゴ体周囲に明瞭な壁を有し、コステが認められないなど、外部形態はタマサンゴと大きく異なった。しかし、隔壁や軸柱などの莖部内の形態学的特徴が、成長最初期のタマサンゴと一致した。さらに、一部のものでは莖部内の骨格が下に凸の半球状にえぐられた個体も認められた。分子系統解析では、未記載種4個体とタマサンゴ4個体について5つの遺伝子領域の塩基配列を決定し系統樹を作成した。その結果、タマサンゴと未記載種が単系統群を構成し、当該2種が同種であることが強く支持された。以上の結果から貝殻片などに固着した小さな円柱状の個体から、横分裂と呼ばれる骨格を上下に分割する分裂方法 (自切) を用いて、砂に潜れるタマサンゴを無性的に形成していることが明らかとなった。下部個体 (Anthocaulus) は横分裂の際に、莖部の内側のみを半球状に上部個体 (Anthocyathus) として切り離すことで、コステの無い壁を下部個体に残存させ、潜行行動を担うコステが発達した自由生活に適した上部個体を形成している。砂に潜ることは、捕食者から身を守ることにつながり、切り離した個体の生存の可能性が飛躍的に上昇すると考えらる。横分裂により切り離され砂に潜る形態となったタマサンゴはそれ以上分裂せず、有性生殖のみを行い次の世代を残す。一方、そのような有性生殖により誕生した固着性のタマサンゴは、成長と横分裂を繰り返し行うことで、砂に潜るタマサンゴを作り続ける。このようにタマサンゴはその一生 (ライフサイクル) の中で、固着性の無性生殖世代と、砂に潜って自由生活する有性生殖世代とに完全に役割分担をする世代交代を行っていた。軟底質へ潜行し生息するイシサンゴの発見は、本来、堆積物による埋積に脆弱なイシサンゴが、強い障害を逆に活用し、適応放散した事例としても非常に重要である。その潜行能力をもたらし形態進化に無性生殖が関与していたことは、軟底質上に生息するイシサンゴの適応進化史の再考を求めるものである。

【引用文献】

A. Sentoku, Y. Tokuda, and Y. Ezaki (2016) Burrowing hard corals occurring on the sea floor since 80 million years ago. Scientific Reports.6,24355.1-6.

Keywords: Scleractinia, asexual reproduction, evolution

Session Oral | G1-1. sub-Session 01

[1oral213-20] G1-1. sub-Session 01

Chiar:Nana Kamiya, Hiroaki KOGE

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 1 (Build. 14, 501)

[G1-O-13] Paleostress direction of the Izu collision Zone restored from andesite dikes in the Ashigara Group.

*Shogo TAKEYAMA¹, Hideo TAKAGI¹ (1. Waseda University)

1:30 PM - 1:45 PM

[G1-O-14] Estimation of motion history by composite planar fabric and stress inversion analysis from the Shionohira and Kuruma fault zones

*Toru SAKAI^{1,2}, Masao KAMETAKA¹, Kazuhiro AOKI³, Koji SHIMADA³, Hideo TAKAGI² (1. Dia Consultants Co., Ltd., 2. Waseda Univ., 3. JAEA)

1:45 PM - 2:00 PM

[G1-O-15] Characteristics of Fault Gouges and Mineral Filling in the Shallow Fault Zone of the Neodani Fault

*Tomoyuki Ohtani¹, Kazuma Yatabe¹, Takashi Mori², Ayako Umemura³, Hidekazu Yoshida³, Nagayoshi Katsuta⁴ (1. Faculty of Engineering, Gifu University, 2. Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, 3. Nagoya University Museum, 4. Faculty of Education, Gifu University)

2:00 PM - 2:15 PM

[G1-O-16] Stress and strain indication for various rocks and mortars using the calcite twin

*arito Sakaguchi¹ (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,)

2:15 PM - 2:30 PM

[G1-O-17] Anisotropy of consolidation related to the fold structure in the post-middle Miocene forearc basin

*Nana Kamiya¹, Weiren Lin², Akira Hayashida¹ (1. Doshisha University, 2. Kyoto University)

2:30 PM - 2:45 PM

[G1-O-18] Evolution of quartz crystallographic preferred orientation (CPO) with increasing strain

*Thomas Yeo^{1,2}, Norio Shigematsu², Simon Wallis¹, Takuma Katori^{3,4} (1. The University of Tokyo, 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Fossa Magna Museum, 4. Niigata University)

2:45 PM - 3:00 PM

[G1-O-19] Diapiritic chaotic rock in the Ida Formation, Shimanto accretionary complex

*Tasuku IWAMI¹, Arito Sakaguchi¹ (1. Yamaguchi Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM

[G1-O-20] An inversion technique to automatically detect multiple stresses and friction coefficients from fault-slip data

*Katsushi SATO¹ (1. Kyoto University)

3:15 PM - 3:30 PM

Paleostress direction of the Izu collision Zone restored from andesite dikes in the Ashigara Group.

*Shogo TAKEYAMA¹, Hideo TAKAGI¹

1. Waseda University

はじめに

伊豆弧衝突帯はフィリピン海プレートが本州側のプレートに対して西北西に年間約4 cmの相対速度で収束しており、衝突は現在も継続している(小田原ほか, 2011)。伊豆弧の衝突テクトニクスを明らかにするためには、衝突帯における地質構造に残された変形機構から推定される古応力方向の情報は重要な手がかりになる。本研究はプレート境界断層の一つである神縄断層の南側に位置する更新統足柄層群中の岩脈群に着目した。 σ_3 軸に直交して発達する岩脈は古応力方向の推定に役立ち、足柄層群中の岩脈を対象に古応力方向について議論した例には天野ほか(1986)などがある。これらの研究では従来の岩脈法を用いて岩脈群の極から σ_{Hmax} を推定するに留まっていたが、昨今の岩脈法の発展に伴い3つの主応力軸方向や応力比を推定できる手法が開発された。そこで本研究では足柄層群中の岩脈群の方位データに新岩脈法を適用し、従来明らかになっていなかった3つの主応力軸と応力比も含めた古応力方向の復元を行った。

手法

本研究では地質調査で得られた40枚の岩脈方位データに対してYamaji and Sato (2011), Yamaji (2016)の手法を用いて応力解析を試みた。この手法ではあてはめるクラスター数ごとにBICを評価し、最小の値を示したクラスター数を最適解として検出する。なお足柄層群は北北西に約32°沈下する褶曲軸を持つ背斜構造が認められるが、本研究地域はその背斜構造の西翼部にあたる。ただし岩脈の貫入と背斜構造形成の前後関係が明らかになっていないことから、(1) 褶曲形成後に貫入した場合(つまり現姿勢での解析)と(2) 貫入後に褶曲した場合(褶曲で受けた傾動を補正したデータでの解析)の両方を想定した。

結果

(1)と(2)の場合共にBICはクラスターが1つのときに最小になったので、データ群を1つにまとめた際の結果を述べる。(1)ではほぼ鉛直の σ_1 軸と、SE-NW方向の σ_2 軸、NE-SW方向の σ_3 軸が検出され、応力比 $\Phi = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ は0.37を示した。(2)ではSW-NE方向の σ_1 軸、SE-NW方向の σ_2 軸、N-S方向の σ_3 軸が検出され、応力比は0.31を示した。また天野ほか(1986)は角閃安山岩脈について畑火道角礫岩体を中心とする放射状の分布を認めているが、今回の調査では明瞭な放射状の分布は確認されなかった。

議論

先行研究の天野ほか(1986)ではNE-SW方向の σ_3 の検出から直交するN52°Wの σ_{Hmax} を想定しており、小断層の解析結果との整合性から岩脈の貫入は褶曲形成後に起きたと見積もっている。これは(1)の結果と調和的で、先の σ_{Hmax} は本研究結果の σ_2 軸に対応し、最大主応力軸 σ_1 軸は鉛直方向であったことが明らかになった。鉛直方向の σ_1 軸についてはプレートの収束境界である伊豆弧衝突帯の中でどのようなテクトニクスを反映しているかについて検討が必要である。

また北垣・高木(2019)は神縄断層および周辺の小断層スリップデータを対象に応力逆解析を行い、NW-SE方向の σ_1 軸を報告している。この結果は本研究結果と一致しないことから、神縄断層が示す古応力と岩脈群が示す古応力は異なるステージの応力場を反映していると考えられる。足柄層群の褶曲の形成と岩脈の貫入の前後関係も含めて、より詳細に伊豆弧衝突帯のテクトニクスの変遷について議論する。

文献

天野一男・高橋治之・立川孝志・横山健治・横田千秋・菊池 純, 1986. 北村信教授退官記念: 地質学論文集, 7-29.

北垣直貴・高木秀雄, 2019. 第126回地質学会学術大会講演要旨.

小田原 啓・林 広樹・井崎雄介・染野 誠・伊藤谷生, 2011. 地質雑, **117**, 135-152.

Yamaji, A., 2016. *Island Arc*, **25**, 72-83.

Yamaji, A. and Sato, K., 2011. *J. Struct. Geol.* **33**, 1148-1157.

Keywords: Pleistocene, Izu Collision Zone , dike, paleostress

Estimation of motion history by composite planar fabric and stress inversion analysis from the Shionohira and Kuruma fault zones

*Toru SAKAI^{1,2}, Masao KAMETAKA¹, Kazuhiro AOKI³, Koji SHIMADA³, Hideo TAKAGI²

1. Dia Consultants Co., Ltd., 2. Waseda Univ., 3. JAEA

断層破砕帯に形成される断層岩類には、内部に複合面構造などの微細構造が発達することが知られており、それらを詳細に観察することで構造形成時の運動方向を推定することが可能である（例えば、Rutter et al., 1986；高木・小林, 1996）。一方、過去の断層活動時の応力場の復元には、断層スリップデータを用いた多重逆解法（Yamaji, 2000）が広く用いられているが、この手法は基本的には広域に分布する小断層を対象としており、単一の断層破砕帯中軸部に適用された事例は少ない。本研究では、2011年福島県浜通りの地震で活動した塩ノ平断層と、その南方延長部に位置するが活動しなかった車断層を対象に、断層岩の複合面構造解析を実施した。露頭観察、研磨片および薄片による構造観察に加え、破砕帯中軸部で断層スリップデータを密に計測し、多重逆解法による応力逆解析を試みた。観察・解析の概要と結果、考察を下記に記す。

【構造観察】

塩ノ平断層の塩ノ平地点および別当地点の断層露頭を詳細に記載した。また、各露頭から採取したブロック試料、塩ノ平断層塩ノ平地区のSSH-1孔、別当地区のSBT-1孔、車断層水上北地区のKMK-2孔のボーリングコア試料から、最新活動面に直交する鉛直断面で研磨片および薄片を作製し、上下方向の運動成分を推定した。その結果、両断層とも破砕帯の外側から最新活動面にかけて、やや固結して粗粒な断層角礫から未固結で細粒な断層ガウジが分布し、正断層成分、逆断層成分、正断層成分の順に変形組織が確認された。断層破砕帯の幅は隆起に伴い薄化するとされ（例えば、Scholz, 2002）、破砕帯の外側から中軸部にかけて、古い組織から新しい組織が形成されることが示唆される。したがって、塩ノ平断層および車断層の最新活動面付近の運動として、正断層成分、逆断層成分、正断層成分の順に変遷が生じていると考えられる。他方、塩ノ平地区では上盤の古第三系～新第三系には逆断層成分の組織のみ確認され、別当地区では逆断層成分の組織を切る方解石脈が認められた。

【応力逆解析】

最新活動面を含む破砕帯中軸部を重点的に観察し、塩ノ平断層塩ノ平地区SFS-2孔の深度16.00～19.00 mから42データ、車断層水上北地区MFS-1孔の深度20.00～24.00 mから55データの断層スリップデータを取得した。これらの断層スリップデータをもとに多重逆解法を用いて応力逆解析を実施したところ、塩ノ平断層および車断層でそれぞれ4つの応力状態が検出された。各応力状態において低ミスフィット角（ $\leq 30^\circ$ ）を示す剪断面は、ある深度区間に集中する傾向がみられた。破砕帯の薄化現象によって、外側から最新活動面にかけて新しい組織が形成されていると仮定し、ステージ分けを行った。その結果、塩ノ平断層で6ステージが推定され、Stage S-Iの正断層、Stage S-IIの逆断層、Stage S-IIIの正断層、古第三系～新第三系堆積後にStage S-IVの逆断層、Stage S-Vの逆断層成分を伴う右横ずれ断層、方解石晶出後に浜通りの地震を含むStage S-VIの正断層の順に活動が生じたと考えられる。車断層では4ステージが推定され、古第三系堆積後にStage K-Iの逆断層、Stage K-IIの右横ずれ成分を伴う正断層、Stage K-IIIの左横ずれ成分を伴う逆断層、Stage K-IVの右横ずれ成分を伴う正断層の順に履歴が復元された。構造観察で判読した鉛直成分は、塩ノ平断層はStage S-III～Stage S-VI、車断層はStage K-II～Stage K-IVに該当すると考えられ、矛盾しない。以上より、塩ノ平断層と車断層の破砕帯中軸部の複合面構造解析を実施した結果、両断層は異なる運動方向と応力場の変遷を経験していることが明らかとなった。

【引用文献】

Rutter et al., 1986, *PAGEOPH*, 124, 3-30.

Scholz, C. H., 2002, *The mechanics of earthquakes and faulting*, 2nd ed., Cambridge University Press, 471p.

高木秀雄・小林健太, 1996, *地質学雑誌*, 102, 170-179.

Yamaji, A., 2000, *J. Struct. Geol.*, 22, 441-452.

Keywords: active fault, Shionohira Fault, Kuruma Fault, fault fracture zone, composite planar fabric, stress inversion analysis

Characteristics of Fault Gouges and Mineral Filling in the Shallow Fault Zone of the Neodani Fault

*Tomoyuki Ohtani¹, Kazuma Yatabe¹, Takashi Mori², Ayako Umemura³, Hidekazu Yoshida³, Nagayoshi Katsuta⁴

1. Faculty of Engineering, Gifu University, 2. Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, 3. Nagoya University Museum, 4. Faculty of Education, Gifu University

原子力規制庁が行った孔井掘削により得られたボーリングコアを用いて、1891年濃尾地震で活動した根尾谷断層の地下浅部における断層ガウジのX線CT観察、粉末X線回折(XRD)分析、蛍光X線(XRF)分析、微小部蛍光X線(XGT)分析、走査型電子顕微鏡エネルギー分散型X線分光法(SEM-EDX)分析を行った。これらより根尾谷断層の地下浅部における最新すべり面およびその近傍の断層ガウジの特徴を明らかにすることにより、断層浅部における鉱物充填過程を検討することが本研究の目的である。

調査対象地は濃尾地震の際に6 mの垂直変位を生じた岐阜県本巣市根尾水鳥であり、圧縮性断層ジョグに位置している。本研究では、2019年に原子力規制庁が掘削したパイロット孔であるNDFP-1と本孔であるNDFD-1-S1のボーリングコアを調査対象とする。NDFP-1孔は傾斜井であり、掘削長140.0 m、孔底深度106.8 mである。NDFD-1-S1はほぼ鉛直に掘削された孔井であり、掘削長524.8m、孔底深度516.9 mである(原子力規制庁, 2019)。

X線CT観察では、最新すべり面と想定されるせん断面内部はきわめて低いCT値を示し、低密度となっている。一方で、他の断層ガウジでは低いCT値は認められず、断層角礫等の他の断層岩類と同様の値を示す。XRD分析では、最新すべり面の有無にかかわらず断層ガウジに方解石とスメクタイトが含まれる。XRF分析では、NDFP-1の最新すべり面とその近傍でCaの濃度が高い値を示す。XGT分析では、最新すべり面のごく近傍でCaの濃度が高いのに対して、最新すべり面そのものでは相対的に低い値を示す。SEM-EDX分析では、方解石と思われるCaの濃集が認められ、最新すべり面ではフラグメント化しているのに対して、それ以外では脈状や面構造に沿って配列するような分布を示す。

Scaringi et al. (2018) は低封圧下の600 kPaで地すべり粘土のリングせん断試験を行い、変位速度が大きい場合には変位量が大きいほど地すべり粘土の体積膨張が大きくなることを示している。よって、最新すべり面では圧縮性断層ジョグであるにもかかわらず濃尾地震の際に最新すべり面に沿って断層ガウジの体積膨張が生じ、密度が低くなったと考えられる。また、断層ガウジ試料全般からスメクタイトが検出されることから、最新すべり面の断層ガウジで密度が低くなることは、スメクタイトの膨潤作用によって生じた可能性は低いといえる。一方で、他のガウジではCT値が高く密度が大きいことから、鉱物充填が進み、すべり面の密度回復が十分に生じていると考えられる。過去のすべりによって生じた最新すべり面近傍の断層ガウジでは、最新すべり面に比べてCaの濃度が高いこと、Caの濃集部は最新すべり面以外では脈状や面構造に沿って配列するような分布を示すことから、方解石が鉱物充填に重要な役割を果たしているといえる。一方で、最新すべり面ではCaの濃集部はフラグメントとしてのみ認められるため、濃尾地震から約130年が経過した現在でも鉱物充填はまだ進んでいないといえる。なお最新すべり面の断層ガウジは、他の断層ガウジと同様にスメクタイトを含むため、形成条件は類似していることが考えられる。よって、いまだ低密度のままである最新すべり面の断層ガウジは、これから時間をかけて方解石による鉱物充填が進むことが予想される。一方で、今回対象としているボーリングコアは地下浅部であり封圧が小さいことから、次の地震に向けて歪エネルギーをこの深度で蓄積する必要はない。よって、次の断層運動までに断層強度は完全には回復しない可能性がある。

原子力規制庁 (2019) 平成30年度原子力規制庁請負成果報告書, 断層活動性評価手法の構築に係る破碎帯掘削調査。

Scaringi et al. (2018) *Geophysical Research Letters*, 45, 766–777.

Keywords: fault gouge, mineral filling, shallow fault zone, Neodani Fault

Stress and strain indication for various rocks and mortars using the calcite twin

*arito Sakaguchi¹

1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,

カルサイトは応力と歪みの増加に伴って、結晶内部が双晶変形する特性がある。特に歪み2%以下程度以下の場合、歪み硬化を伴いながら薄い双晶帯の数が増えていく。大理石のようなカルサイトだけの岩石の場合は、幅広い温度圧力領域で、様々な塑性変形機構を伴いながら岩石試料全体として延性変形するため議論が複雑になる。しかし硬質な粒子からなる多鉱岩中にカルサイトが散在し、試料全体が弾性変形する場合は、試料全体の歪みに応じてカルサイト粒子中に双晶変形が生じる。この場合の平均カルサイト双晶密度と試料全体に生じた応力とが比例することが、三軸圧縮試験および個別要素法シミュレーションで示された（坂口ほか、2011）。ただしこの論文では、特定の硬質砂岩でのみ実験が行われたため、その実験で得られた関係式は、弾性率の異なる他の岩石に適用することはできなかった。天然の岩石に含まれるカルサイトは、初生的に一定の双晶変形を被っており、特に低応力の圧縮試験による双晶密度変化をみるのが難しい。そこで初生的な双晶変形を有しない水熱合成カルサイト粒子を、高強度セメントによるモルタルに混ぜ込んだ試料で一軸圧縮試験を行った。セメント材料は添加する水の量によって弾性率や破壊強度が変化するので、任意の弾性率の試料を作成することができる。その結果、試料の弾性率によって平均双晶密度と応力との関係式はそれぞれ異なるが、一方でたとえ弾性率が変わっても、平均双晶密度は試料全体に生じた歪みと正比例することがわかった。この関係は、天然の砂岩を含めて一つの式で表される。この新しい式は天然岩石やモルタルの様々な材料に適用でき、カルサイトの双晶密度から歪みが得られる。もし当該試料が弾性変形を被ったと仮定できるなら、試料の弾性率と双晶密度から得られた歪みの値から古応力を推定することができる（坂口・安藤、特願2020-118208）。

引用文献

Sakaguchi A., Sakaguchi H., Nishiura D., Nakatani M. and Yoshida S., Elastic stress indication in elastically rebounded rock, *Geophysical Research Letters*, 38, L09316, doi:10.1029/2011GL047055, 2011.

坂口有人・安藤航平、セメントを主体とする複合材における応力・歪みの履歴推定方法、特願2020-118208

Keywords: stress, strain, calcite

Anisotropy of consolidation related to the fold structure in the post-middle Miocene forearc basin

*Nana Kamiya¹, Weiren Lin², Akira Hayashida¹

1. Doshisha University, 2. Kyoto University

海底の堆積物は、次々と上部に積み重なる新たな堆積物による上載圧を受けて、脱水を伴いながら体積が減少することにより、埋没していく。この体積減少の過程を圧密という。側方からのテクトニックな応力を受けない堆積盆においては、上部地層の上載圧によってのみ圧密が進行すると考えられるが、沈み込み帯に形成される前弧海盆のように、堆積過程において側方圧縮を受ける堆積盆で、圧密がどのように進行しているのかについては、ほとんどわかっていない。本研究では、造構運動により褶曲が形成される際、堆積物の圧密がどのように進行するかを明らかにするために圧密の異方性に着目した。褶曲が発達する露頭から泥質岩を採取し、褶曲軸と地層面を考慮した3方向について圧密実験を実施し、それぞれの方向の圧密度合い（圧密降伏応力）を比較して、圧密異方性を検討するとともに、褶曲軸との関係性から褶曲形成時の古応力との対応関係を考察した。また、磁気ファブリック解析である初磁化率異方性解析を組み合わせることで、粒子の配列方向等、微細組織についても明らかにし、造構運動と圧密過程の関係について統合的に考察を行った。研究対象は、房総半島に分布する前弧海盆とした。

房総半島は、南部から順に付加体、隆起帯、前弧海盆で構成される。これらのうち房総前弧海盆は、黒滝不整合を境に三浦層群と上総層群に大別される（小池，1951）。三浦層群の堆積年代は、約15-3 Maで、下位から順に木の根層、天津層、清澄層、安野層に区分され、木の根層および天津層は一般に遠洋性泥岩、清澄層および安野層はタービダイト性堆積岩からなる（中嶋・渡邊，2005）。三浦層群は、基本的には東西走向で北上位の構造をもち、東西を軸とする褶曲構造が発達しその変形は南部ほど激しい。メソスケールの断層が発達し、主に東西走向の逆断層および北東-南西走向の正断層、北北東-南南西走向の横ずれ断層が卓越する（Kamiya et al., 2017）。また、小断層解析により三浦層群形成時期には、南北圧縮場であったことが示されている（Angelier and Huchon, 1987）。

房総前弧海盆の三浦層群から、地層の傾斜が65°～20°となる範囲で定方位試料のサンプリングを行い、圧密リングを用いた定ひずみ圧密試験を実施した。載荷方向は、地層面に対して垂直な方向、褶曲軸に垂直な方向、褶曲軸に平行な方向の3方向とした。本研究では、褶曲軸の方向と古応力方向を考慮して、褶曲軸に平行な方向を東西方向、褶曲軸に垂直な方向を南北方向として設定し、露頭の現位置状態での水平面内における東西および南北方向、すなわち地層面が傾斜した状態での東西および南北をそれぞれ褶曲軸に平行な方向、垂直な方向とした。その結果、褶曲の翼部では、地層面に垂直な方向の圧密降伏応力に対して、圧縮方向の圧密降伏応力が大きく、褶曲軸方向の圧密降伏応力が小さくなる結果を得た。それに対し、褶曲軸付近では、地層面に垂直な方向の圧密降伏応力に対して、圧密降伏応力が圧縮方向で小さく、褶曲軸方向で大きくなる傾向が見られた。一方で、初磁化率の異方性が示す磁気ファブリックとしては、異方性楕円体の最小軸が地層面に対して垂直に分布し、中間軸および最大軸が地層面と平行に分布したことから、初磁化率を担う粒子が地層面に平行に配列している可能性が示唆される。フリンダイアグラムが、翼部では針状異方性を示すことなどから、翼部では堆積時の層構造が乱されやすい可能性が考えられる。本研究から、圧密の異方性は地層の傾斜の大きさよりも褶曲構造の翼部か軸部付近かにより違いが生じる可能性が示唆されたが、圧密降伏応力の異方性度合いは小さいため、圧密自体が等方的に進行する可能性も考えられる。

引用文献

Angelier, J. and Huchon, P., 1987, *Earth and Planetary Science Letters*, **87**, 397–408.

Kamiya, N., Yamamoto, Y., Wang, Q., Kurimoto, Y., Zhang, F. and Takemura, T., 2017, *Tectonophysics*, 710–711, 69–80.

小池 清, 1951, *地質学雑誌*, 57, 143-156.

中嶋輝充, 渡辺真人, 2005, 富津地域の地質, 産総研地質調査総合センター, 102p.

Keywords: Consolidation, Fold, Anisotropy, Siltstone

Evolution of quartz crystallographic preferred orientation (CPO) with increasing strain

*Thomas Yeo^{1,2}, Norio Shigematsu², Simon Wallis¹, Takuma Katori^{3,4}

1. The University of Tokyo, 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Fossa Magna Museum, 4. Niigata University

Stress build-up processes within fault zones have been discussed as phenomena that occur during the seismic cycle. Geological studies of this nature are few but bear importance in bridging geophysical and microstructural observations. Methods for investigating stress records in rocks are performed through the application of palaeo-piezometre. This however requires that the rocks are deformed through the dislocation creep mechanism.

Our studies are conducted on the exhumed mylonitic samples from the Ryoke belt along the Median Tectonic Line. The samples contain f-type quartz microstructures and are reported to preserve records of high differential stress deformations. Although deformed under similar temperature conditions close to the brittle-ductile transition, these samples display heterogeneous strain distributions [1], thus suitable to examine stress accumulation processes. However, the samples display trends of the weakening of CPO fabric intensity with increasing strain for the composing quartz crystals. Generally, this phenomenon is accredited to the onset of grain boundary sliding from the dislocation creep mechanism, thus inhibiting the application of the palaeo-piezometre.

Our samples contradicted numerous studies have shown that the CPO fabric intensity increases with strain (e.g. Heilbronner & Tullis, 2006; Muto et al., 2011). Thus, we aim to investigate the effect of strain on the evolution of the CPO fabric intensity and clarify the mechanism involved. The recrystallised fraction of dynamically recrystallised grains is adopted as a proxy for strain evaluated using a newly developed routine to process the EBSD data. Achieving the target enables us to determine sample conditions that are suitable for the application of the palaeo-piezometre, which result will be conducted for the study of stress-strain relationship along the Median Tectonic Line.

[1] Katori et al., 2021. JSG. [2] Heilbronner & Tullis., 2006. JGR. [3] Muto et al., 2011. JGR.

Keywords: EBSD, crystallographic preferred orientation (CPO), Median Tectonic Line (MTL)

Diapiritic chaotic rock in the Ida Formation, Shimanto accretionary complex

*Tasuku IWAMI¹, Arito Sakaguchi¹

1. Yamaguchi Univ.

四万十帯をはじめとする沈み込み帯には、いくつものメランジュが存在する。そのなかでも重力性滑動による崩壊起源のものと、泥の貫入によるダイアピル起源のものとを露頭産状から区別することは難しい(Orange,1990)。これらを識別する上では、露頭スケールの詳細な産状観察だけではなく、変形帯のみならずその周囲の構造を含めた、全体的な構造と岩相的特徴の詳細を明らかにする必要がある。四国四万十帯南帯の伊田層は、比較的整然としている砂岩頁岩互層を特徴とするが、一部に著しく変形した混在岩相が存在し、それは長さ約数100mの岩礁地帯に淘汰の悪い泥質基質中に分断された砂岩層が様々な向きに散在することで特徴づけられる。これまで、露頭スケールの観察から海底地滑りによるスランプ褶曲と剪断変形で形成されたという議論もある(岡田ほか,1988)。しかし、伊田層の混在岩相には、泥の注入脈や水圧破碎などの高間隙水圧を示唆する変形構造も頻繁にみられる。また、混在岩相全体の分布や、周辺層との関係もよくわかっていない。本研究ではこの伊田層中の特異な混在岩相について、周辺の構造と比較しながら、その分布と詳細な変形組織から、成因を議論することを目的とした。ドローンによる空中撮影及び、陸上踏査による露頭スケールでの観察から、伊田層中の変形帯の分布を明らかにした。本調査地域は、変形の弱い北部、変形が著しい混在岩相を含む中部、そして変形の弱い南部に分けることができる。北部は北西走向急傾斜であり、南部は北東走向急傾斜である。北部と南部は波長5m程度の大から中規模の褶曲が発達しており、一部に膨縮構造、ブーディナージ構造が観察されるが、中部と比較すると地層の連続性はきわめて良い。中部では、淘汰の悪い泥岩気質に大小様々な塊状砂岩を含む。ブロックインマトリックス組織を持つ混在岩が卓越する。地層の連続性は極めて悪い。混在岩中の一部の砂岩ブロックは、基質泥岩の注入組織を示す。また、基質泥岩と砂岩ブロック境界部の砂粒子が脆性破壊されていないという特徴から、未固結あるいは半固結状態で変形作用を被ったことがわかる。この混在岩相は縦約400m×横約150mの範囲に分布し、その北端、西端、南端で周辺層との境界を観察できる。北端と南端は周囲の整然とした地層とは不規則な形状の境界が観察できる。西端部では、混在岩相の周辺の砂岩頁岩互層と接するが、この砂岩頁岩互層は境界の近傍でのみ混在岩に引きずられたように南北走向を示す。以上のように混在岩相は、岩相や変形組織が周辺層とは大きく異なり、伊田層中に貫入してできたような分布を有することがわかった。これらの分布と各スケールで観察される変形構造から、伊田層中の特異な混在岩相の部分は泥ダイアピルによって形成されたのかもしれない。

Keywords: Shimanto group, Melange, Mud diapirs

An inversion technique to automatically detect multiple stresses and friction coefficients from fault-slip data

*Katsushi SATO¹

1. Kyoto University

断層群の方位解析により地殻応力を知るため、構造地質学と地震学の分野で応力逆解析法が広く用いられている。近年、応力だけでなく断層の摩擦係数を推定する手法が開発されてきた。しかし、多数の断層データから、複数の応力や複数の摩擦係数を検出する手法は確立していない。特に構造地質学分野では、地質時代の複数の変形を記録した断層群のデータが得られる場合が多いので、複数の応力と摩擦係数を検出できる手法が求められる。

複数の応力を検出する手法は、2000年代以降にいくつか提案されてきた。岩脈や方解石双晶を用いた応力逆解析では、情報量規準を用いた応力数の決定ができるようになっている。しかしながら、断層データを用いた解析では、情報量規準による応力数の決定ができていない。これは、断層データの頻度分布を表現する確率分布モデルが存在していないためである。

本研究は、逆解析の目的関数を断層ごとに算出し、目的関数値の頻度分布を表現する確率分布モデルを考案した。目的関数は、従来の応力逆解析で最小化されるミスフィット角（観測された滑り方向と剪断応力がなす角）と、摩擦係数の決定において最大化される断層不安定度（滑りやすさ）の両方から構成される。複数の確率分布を重ね合わせた混合分布モデルを用いることで、最尤法の手順によって複数の応力と摩擦係数を決定できる。また、混合する分布の数を変えて解析結果を比較すれば、情報量規準によって最適な解の数を決定できる。

模擬データの解析により、新手法の性能を検証した。模擬データは、南北圧縮と東北東圧縮の2つの逆断層型応力に適合する断層を50条ずつ混ぜ合わせたデータである。前者の応力に適合する断層は、内部摩擦角を30°と想定し、断層不安定度の大きい方位に集中している。後者の応力に適合する断層面の方位はランダムである。解析の結果、情報量規準によって応力数2が正しく選択された。主応力軸はほぼ正しく決定されたが、摩擦係数の確度は低かった。

新手法を、別府-島原地溝の第四系礫層群を切る小断層群に適用した。結果として応力数2が選択され、南北引張と東北東-西南西引張の2種類の正断層型応力が検出された。上位層準との比較により、およそ100万年前に応力転換があったことが示唆された。

Keywords: fault-slip analysis, stress tensor inversion, friction coefficient, information criterion

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

[1oral411-17] T11. [Topic Session] Latest Studies in Sedimentary Geology

Chair: Dan MATSUMOTO (AIST), Miwa Yokokawa

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 4 (Build. 14, 401)

- [T11-O-1] Long-term variation in density of trace fossil *Phycosiphon* associated with development of the submarine-fan system based on analysis of core images
*Kazuki Kikuchi¹, Hajime Naruse¹ (1. Kyoto University)
1:30 PM - 1:45 PM
- [T11-O-2] Characteristics of the spaced stratification in the Upper Cretaceous Izumi Group -grain fabric analysis using semantic segmentation techniques with the CNN-
*Takumi NAGATO¹, Hajime NARUSE¹ (1. Graduate School of Science, Kyoto University)
1:45 PM - 2:00 PM
- [T11-O-3] Preliminary Test of Two-Dimensional Inverse Modeling of Turbidity Currents in Japan Trench
*Zhirong Cai¹, Hajime Naruse¹ (1. Kyoto University)
2:00 PM - 2:15 PM
- [T11-O-4] The origin of changes in sedimentary structures in hybrid event beds: Estimation of the flow processes based on grain fabric analysis
*Ryogo TANAKA¹, Hajime NARUSE¹ (1. Kyoto Univ.)
2:15 PM - 2:30 PM
- [1oral411-17-5add] Break
2:30 PM - 2:45 PM
- [T11-O-5] Estimation of fault parameters by inverse analysis of tsunami deposit using machine learning
*Yasutaka IJIMA^{1,2}, Hajime NARUSE¹, Daisuke SUGAWARA³ (1. Kyoto University, 2. INPEX Corporation, 3. Tohoku University)
2:45 PM - 3:00 PM
- [T11-O-6] A new chemical weathering index for sediments containing authigenic and biogenic materials: RW index
*Tenichi CHO¹, Tohru OHTA¹ (1. Waseda University)
3:00 PM - 3:15 PM
- [T11-O-7] Digital measurement of pebble shape in rivers and beaches: Beach pebbles are more rounded and flattened than river pebbles
*Akira ISHIWATARI¹ (1. Nuclear Regulation Authority, Japan)
3:15 PM - 3:30 PM

Long-term variation in density of trace fossil *Phycosiphon* associated with development of the submarine-fan system based on analysis of core images

*Kazuki Kikuchi¹, Hajime Naruse¹

1. Kyoto University

本研究は、海底掘削コア画像から生痕化石を自動抽出するモデルを開発し、生痕化石の密度の長期間の変動を検討した。生痕化石*Phycosiphon*は様々な方向へ蛇行を繰り返す暗色の細粒碎屑物からなる管とそれを取り囲む明色の物質で構成される。本生痕属は、混濁流の流下などの海底の物理的攪乱の直後に入植する日和見主義者による移動摂食痕と解釈され、しばしば一時的な生態系の破壊とその後の回復を示す指標として扱われる（Wetzel and Uchman, 2001など）。しかし、長期的な堆積環境の変化に対しての本生痕属の応答様式は明らかになっていない。

生痕化石は海底掘削コアの断面画像においても観察可能である。コアの場合、同一海域において連続した地層記録を観察できる利点がある。一方で、コア画像に基づいて長期的な生痕化石の産出記録を得るためには、たとえば厚さ1000 mオーダーのコア画像を同時に解析する必要がある。そこで本研究では、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いたセマンティックセグメンテーション技術によって、コア画像から生痕化石の領域を自動抽出するモデルを開発した。そして、ベンガル湾南部のIODP Exp. 362 Site U1480で掘削されたコア画像にモデルを適用し、海底扇状地システムの時間発展に伴う*Phycosiphon*の密度の層位変化を検討した。

Site U1480では後期中新世から更新世にかけて発達したNicobar Fanの堆積物が採取されている。調査地域において、Nicobar Fan堆積物は堆積相と地震波探査断面の解釈から、下位から海底扇状地縁辺相、ローブ複合体及びチャネルレービー相、チャネルレービー相、に区分される（Pickering et al., 2020）。この堆積環境の変化は海底扇状地システムの前進を反映すると解釈されている。

本研究では、ローブ複合体相の厚さ約4 m分のコア画像を、背景、コア断面、生痕、の各領域で人為的に着色した画像を作成し、コア画像との関係をCNNに学習させた。CNNの構造として、活性化関数前置型残差ブロックを用いたU-Netを採用した。そして、クラス間不均衡を補正した損失関数（Cui et al., 2019）を最小化する学習を300エポック行った。また、学習初期の10エポックでは線形に学習率を上昇させ、以降は余弦関数に従って減衰させることで、教師データへの過剰適合を軽減させた。学習したモデルを未知のコア画像に適用したところ、約83%のピクセルの分類が人為的に着色した正解画像と一致する推定画像が得られた。背景部分とコア断面部分は精度よく推定されたものの、生痕部分は*Phycosiphon*を除きほとんど再現されなかった。正解画像と推定画像を10 cm間隔の区間に分け、生痕の面積の割合を計算して同じ区間どうしで比較した結果、RMSEは0.004であった。したがって、本研究で作成したモデルは*Phycosiphon*の密度推定には十分な精度を持つといえる。

本研究のモデルをHole F（98–805 mbsf）とHole G（759–1431 mbsf）のコア画像に適用した。各コア画像で生痕の面積の割合を計算することで、約1.5 m間隔で*Phycosiphon*の密度を見積もった。その結果、堆積環境ごとに生痕密度の変動パターンに違いがあることが明らかになった。*Phycosiphon*の密度は海底扇状地の堆積開始直前に上昇し、海底扇状地縁辺相では比較的高い密度を示す。ローブ複合体相では、泥岩優勢部では密度は上昇するものの、砂岩優勢部では低下する変動パターンが見られた。また、チャネルレービー相では比較的低い密度を示した。この変動パターンの違いは、海底扇状地システムの前進に伴って堆積場の物理的攪乱の頻度や規模が増大することで、しだいに生痕形成者が入植しにくくなったことを反映していると考えられる。今後、他地域のコア画像の解析も行うことで、海底扇状地システムの生痕密度の普遍的な層位変化パターンが明らかになるだろう。堆積環境ごとの層位変化パターンの普遍性が明らかになれば、限定的なコア情報からの堆積環境の推定や異なる時代間での比較が可能になると期待される。

引用文献

Cui, Y. et al., 2019, In Proceedings of the IEEE/CVF CVPR, 9268–9277.

Pickering, K. et al., 2020, *Sedimentology*, 67, 2248–2281.

Wetzel, A. and Uchman, A., 2001, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168, 171–186.

Keywords: Convolutional neural network, Semantic segmentation, Ichnology, Nicobar Fan, IODP Exp. 362

Characteristics of the spaced stratification in the Upper Cretaceous Izumi Group

-grain fabric analysis using semantic segmentation techniques with the CNN-

*Takumi NAGATO¹, Hajime NARUSE¹

1. Graduate School of Science, Kyoto University

分厚く粗粒な砂からなる砂岩層の基底部には、逆級化を複数回繰り返す多重逆級化構造と呼ばれる堆積構造が観察されることがある。多重逆級化構造はトラクションカーペット堆積物やSpaced stratificationなどと呼ばれ、深海の粗粒な砂岩だけでなく陸上で発生したハイパーコンセントレイティッド流堆積物などにも特徴的な堆積構造として知られている。この構造は高密度な流れの底部に形成されるトラクションカーペット、または掃流状集合流動などと呼ばれる、粒子が濃集した領域が長期間維持されることによって形成される構造だと考えられてきた(Sohn, 1997)。しかし、従来考えられていた高密度な流れよりもはるかに低濃度な流れでも、底面に発達するベッドフォームが移動することによって多重逆級化構造が形成されるとする、水槽実験に基づいた仮説が提唱されている(宮田・田中, 2011)。野外で観察される多重逆級化構造について、これらの形成仮説のうちどちらが主な原因となって形成されているのかを検証するには、粒子配列を可視化して測定・解析し、構造を形成した流れを復元することが有効である(横川, 1998)。多重逆級化構造の粒子配列に着目した先行研究は存在するが(Hiscott and Middleton, 1980; Yagishita, 1988)、技術的な制約のためか細粒な部分や、粒径が次第に移り変わっている部分について、構造の特徴を連続的に観察している例は無い。

そのため、本研究では畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた画像認識モデルを作成し、肉眼では捉えられない微細な特徴について、構造全体を連続的に観察することに成功した。

今回、西南日本に分布している上部白亜系和泉層群に含まれる、徳島県北部大毛島に分布する板東谷層および兵庫県淡路島南東部に分布する灘層において、多重逆級化構造を示す砂岩試料を見出した。これらの試料について粒子配列および粒度変化の特徴を解析した結果、粗粒な砂岩層に観察される多重逆級化構造には複数の逆級化パターンが観察された。今回明らかになった逆級化パターンを形成した流れの水理条件は現時点で明らかではないが、本研究の調査地で観察された多重逆級化構造は少なくとも2つ以上の異なる流れから形成されている可能性が高い。

参考文献

Hiscott, R. N. and Middleton, G. V., 1980, *Journal of Sedimentary Research*, 50, 703–721.

宮田・田中, 2011, *地質学雑誌*, 117, 133–140.

Sohn, Y. K., 1997, *Journal of Sedimentary Research*, 67, 502–509.

横川, 1998, *地球科学*, 52, 370–377.

Keywords: spaced stratification, Izumi Group, CNN, image analysis, semantic segmentation

Preliminary Test of Two-Dimensional Inverse Modeling of Turbidity Currents in Japan Trench

*Zhirong Cai¹, Hajime Naruse¹

1. Kyoto University

Earthquakes and tsunamis are catastrophic geohazards that bring destruction to cities and sometimes countries. The recurrence interval of mega-earthquake occurrence has long been a topic of focus due to its close association with the risk assessment of natural hazards. Goldfinger et al. (2003) proposed the use of seismo-turbidite as an indicator of earthquakes. Seismo-turbidite are deposits of turbidity currents induced by the seismic activities and can be identified as a potential marker for seismic events in sedimentary records. Even though seismo-turbidites proved to be a good indicator of earthquake records in sedimentary successions, there is one major problem that needs to be resolved. That is how to determine the scale of the seismic event that deposited the seismo-turbidite. The goal of hazard prevention is to identify the frequency of events that may affect human activities on land, not any seismic activity. This study proposes the inverse modeling of seismo-turbidites to reconstruct the scale of earthquake induced turbidity currents from the deposited seismo-turbidites. Japan Trench has a relatively accurate historical record of past mega-earthquakes (Ikehara et al. 2016), making it the ideal study area as the first location for the testing the inverse analysis of seismo-turbidites deposited in nature.

This study presents a preliminary test of the inverse analysis of seismo-turbidites using artificial datasets of cores at the proposed sites of IODP Expedition 386 in a Japan Trench topographic setting. In this study, we used 2D numerical simulation and the submarine topography of the region to examine the behavior of turbidity currents resulting from the large area of submarine failure. Then, DNN inverse analysis was tested to determine whether it can reconstruct the location and the scale of the initiation region of turbidity currents resulting from mega earthquakes.

Goldfinger et al. 2003: Deep-water turbidites as Holocene earthquake proxies: the Cascadia subduction zone and Northern San Andreas Fault systems

Ikehara et al. 2016: Documenting large earthquakes similar to the 2011 Tohoku-oki earthquake from sediments deposited in the Japan Trench over the past 1500 years

Keywords: Turbidity Current, Japan Trench, Numerical Experiment

The origin of changes in sedimentary structures in hybrid event beds: Estimation of the flow processes based on grain fabric analysis

*Ryogo TANAKA¹, Hajime NARUSE¹

1. Kyoto Univ.

深海の重力流堆積物には、多様な堆積構造区分が内部に発達することが知られている。Haughton et al. (2009) は大型の泥質礫を多く含む粗粒重力流堆積物の堆積構造を記載し、それらが標準的にはH1-H5の5つに区分されるとした。そして、重力流が移動中に土石流から混濁流（もしくはその逆）に移行するflow transformation現象によりこれら不連続な堆積構造区分が形成されると解釈し、このような層をハイブリッドイベント層と呼んだ。しかしながら、上記のような肉眼観察による区分の成因がflow transformationと一対一で対応するののかについては、十分に実証されてはいない。特に、砂岩中の塊状構造は土石流でも混濁流でも形成されうするため、肉眼観察から堆積構造区分の成因を判断することは難しい。

そこで、本研究は、粗粒重力流堆積物の各堆積構造区分がflow transformationにより形成される現象なのか、粒子配列に基づき検証することを試みた。既存研究から、一見して塊状であっても、粒子配列から流れのプロセスを判別できることが指摘されている（Naruse and Masuda, 2006）。粒子配列解析にあたっては、樹脂で固定した砂岩試料の研磨断面をデスクトップスキャナーで撮影した。そして、研磨断面画像から自動的に粒子を識別する畳み込みニューラルネットワークを作成し、粒子長軸の方向分布を測定した。

検討対象とされた大田代層は、千葉県房総半島に分布する海底扇状地堆積物である。本研究では、大田代層の火山灰鍵層O7近傍の層準に見られる2枚の砂層を検討の対象とする（Fukuda and Naruse, 2020）。

本研究で解析した2枚の堆積層には、下位から順に以下の四つの堆積構造区分が観察された。区分Ⅰ：厚さは約20 cmであり、主に粗粒砂～極粗粒砂で構成され、貝破片を含む。塊状または弱い級化構造を示し、最下部では下位の層を侵食する。区分Ⅱ：厚さ15 cmで、区分Ⅰとの境界は粒度の急激な細粒化によって明瞭に識別される。堆積物の淘汰は悪く、主に細粒砂～中粒砂であり、粒子支持の大型（直径10 cm程度）の泥質礫を多数含む。区分Ⅲ：主に極細粒砂～細粒砂で、小型（直径約2 mm以下）の泥質礫のみが散在的に含まれている。塊状または弱い級化を示し、厚さは15 cm程度である。区分Ⅱとの境界は明瞭である。区分Ⅳ：砂層の最上部10 cm程度を占め、主に極細粒砂～細粒砂で構成され、葉理構造が観察される。

粒子配列を解析した結果、区分Ⅲ下部の特徴が他とは大きく異なることが明らかになった。区分Ⅰの粒子配列は10–20°の低角で上流あるいは下流に傾いたインブリケーションを示すのに対して、区分Ⅲは下部では40–60°の高角なインブリケーション角を示す。この区分Ⅲの上部では、インブリケーション角が10–20°と再び低角になる。

粒子配列の特徴から、区分Ⅰは高密度混濁流堆積物であるのに対し、区分ⅡおよびⅢの下部は土石流堆積物と推定される。Naruse and Masuda (2006) は、土石流堆積物の粒子インブリケーション角が基底部では低角であるのに対し上部では40–80°と高角になることを示した。一方、タービダイトの粒子配列は一貫して低角（10–20°）であった。すなわち、区分Ⅱおよび区分Ⅲ下部の粒子配列はどちらも土石流堆積物と類似し、区分ⅠとⅢ上部はタービダイトの粒子配列の特徴と一致する。

本研究の結果は、粗粒重力流堆積物の堆積構造区分の成因が必ずしもflow transformationとは限らないことを表す。区分Ⅱと区分Ⅲ下部の境界は明瞭だが、粒子配列はどちらも土石流堆積物のものであり、flow transformationとは無関係に区分境界が形成されていることがわかる。また、肉眼では一連の区分Ⅲだが、下部と上部で流れの状態が異なる可能性は高い。すなわち、flow transformationが起こっても堆積構造区分には反映されない場合もあることが伺える。今後は、flow transformation現象と堆積構造区分の関係を理解するため、実験や理論に基づく検討が必要となるだろう。

文献

Fukuda, S. and Naruse, H., 2020, *Jour. Sed. Res.*, 90, 1410–1435.

Haughton, P., Davis, C., McCaffrey, W., and Barker, S., 2009, *Mar. and Petr. Geol.*, 26, 1900–1918.

Naruse, H. and Masuda, F., 2006, *Jour. Sed. Res.*, 76, 854–865.

Keywords: flow transformation, convolutional neural network, Otadai Formation, early Pleistocene

2:30 PM - 2:45 PM (Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 4)

[1oral411-17-5add] Break

Estimation of fault parameters by inverse analysis of tsunami deposit using machine learning

*Yasutaka IJIMA^{1,2}, Hajime NARUSE¹, Daisuke SUGAWARA³

1. Kyoto University, 2. INPEX Corporation, 3. Tohoku University

津波堆積物から得られる情報を用いて、津波堆積物を形成させた津波の水理条件、さらには津波の波源となった断層等の情報を推定する試みを逆解析と呼ぶ。これまでに、一地点における津波堆積物の粒度情報から津波浸水流のせん断流速を推定したり (Moore et al., 2007)、傾斜一定な地形において流速一様かつ底面堆積物の連行無しとする単純な断面1次元津波伝播モデルにより波高を推定する手法 (Soulsby et al., 2007) が提案された。しかし、水理条件を過度に単純化したため実際の津波の複雑な挙動を十分再現できず、現世の津波で検証すると流れの規模を過大もしくは過小に評価する傾向があるとの指摘がある (菅原, 2014)。これらに対し、津波堆積物を用いて波源断層パラメーターを推定した既往研究として、西暦869年の貞観津波の例がある (菅原ほか, 2011)。断層パラメーターや潮位を変化させ順解析を実施し、堆積物分布と浸水範囲の比較により、断層パラメーター推定に成功した。ただし、津波浸水流が堆積物運搬の限界掃流力を超えているかのみを逆解析結果の判断基準とし、堆積物の層厚や粒度情報は用いられていない。計算結果と観測結果の比較も人為的判断に頼っており、計算資源量の問題もあったため、客観的・定量的比較に課題を残していた。

一方、近年開発された津波堆積物の逆解析手法として、DNN (Deep Neural Network)を用いたものがある (Mitra et al., 2020, 2021)。傾斜一定な地形を仮定した断面1次元順解析モデルを用い、津波伝播・土砂移動の順解析を多数回実施、津波の初期水理条件と堆積物性状の組み合わせを多数生成し、それを教師データとして機械学習を行う事で逆解析モデルを構築した。仙台平野およびタイ・プラトン島の現世津波堆積物を対象とした解析の結果、津波の水理条件として妥当な復元値を示す事が確認された。一方で、断面1次元順解析では津波の平面的挙動を考慮できず、より複雑な地形を遡上した津波の逆解析は困難である。また、復元値は海岸線における波高・流速等の初期水理条件であり、波源断層パラメーター推定には至っていない。

そこで本研究では、津波堆積物から波源断層パラメーターを復元する新しい逆解析手法開発を試みている。実地形上での津波挙動を考慮可能な、水平2次元順解析モデルであるDelft3D-FLOW (Deltares, 2021)を用いて、津波伝播・土砂移動計算を実施した点が特色である。解析対象は2011年東北地方太平洋沖地震津波の堆積物であり、対象地域として宮城県仙台市の七北田川右岸を選んだ。波源断層モデルは今村ほか(2012)に従い、断層パラメーターのうち断層変位量と断層幅を復元対象とした。教師データ生成にあたり、断層変位量は1~40m、断層幅は10~200kmの範囲で変化させた。底面堆積物の初期条件として、4粒径クラス (140, 250, 420, 1000 μm) の一様分布を仮定した。対象地域上の測線における各粒径クラスの堆積量を、順解析を多数回実施して求め、教師データを生成した。その後、教師データをDNNに学習させ逆解析モデルを構築した。本研究で用いたDNNは入力層、3層の中間層、出力層の計5層で構成され、活性化関数にReLU、損失関数に教師データと予測値間の平均二乗誤差を用いた。

順解析により、断層変位量および断層幅が、津波の遡上過程や津波堆積物分布に影響を与える事が観察された。断層変位量が大きいほど遡上距離は長く、同一地点における堆積物層厚は大きくなった。また、断層幅が大きいほど遡上距離は長くなる傾向が観察された。一方、海岸線から300~600mの範囲では、断層幅が100km前後の場合に堆積物層厚が極大となり、それより断層幅が増減すると層厚が減少する傾向がみられた。さらに、数十例の順解析結果を用いた予察的な逆解析を実施した。その結果、断層変位量と断層幅について、教師データと予測値の間に相関関係が観察され、逆解析による推定が可能である事が示唆された。一方、ハイパーパラメーターを調整しても過学習傾向がみられ、教師データ数の不足が示唆された。今後は順解析数の増加により過学習傾向が低減され、より高精度な逆解析が可能となる事が期待される。

引用文献

Moore et al., 2007, Sediment. Geol.
Soulsby et al., 2007, Coastal Sediments
菅原ほか、2011、自然災害科学
今村ほか、2012、東北大学モデル (version1.2)
菅原、2014、地学雑誌
Mitra et al., 2020, JGR Earth Surf.
Mitra et al., 2021, Nat. Hazards Earth Syst. Sci.
Deltares, 2021, Delft3D-FLOW

A new chemical weathering index for sediments containing authigenic and biogenic materials: RW index

*Tenichi CHO¹, Tohru OHTA¹

1. Waseda University

大陸地殻の化学風化は、気候条件を反映して進行するため、過去の気候の復元に活用できる指標となる。また、化学風化は大気CO₂の消費を通して気候を寒冷化させることで地球環境の温度調整を担うことや、大陸地殻から海洋への栄養塩供給を担うことで、地球表層環境を制御する重要なプロセスである。風化生成物である砕屑物の化学組成は、生成当時の風化強度を反映する。したがって、砕屑物の主要元素を用いた風化指標は、過去の風化度を見積もる際に良く用いられてきた (Nesbitt and Young, 1982)。しかし、堆積物・堆積岩の化学組成は、風化強度のみによって規定されるわけではなく、源岩の化学組成の差異によっても変化する。この問題を是正したのが風化指標W値 (Ohta and Arai, 2007) であり、化学風化と源岩組成に依存した化学組成情報を独立化させた。しかしながら、W値は、堆積物にしばしば混入する生物源や続成起源物質 (シリカ、カルサイト等) による化学組成変化の影響を補正できていない。

そこで、本研究ではこの問題を解決するために、生物源や続成起源物質からの寄与が考えられるSiO₂, CaO, P₂O₅を用いない新たな化学風化指標RW indexを構築した。これは、様々な組成をもつ未風化な火成岩と現世風化プロファイルの主要元素のデータセットに多変量統計解析を適用することにより、SiO₂, CaO, P₂O₅の値を使用せずに源岩組成トレンドと化学風化トレンドを統計的に独立に抽出することで構築されたものである。火成岩のデータはUSGS, GSJの標準試料などを、現世風化プロファイルについては熱帯雨林気候や温帯気候、乾燥気候、氷雪気候に発達するサブプロライトやラテライトなどを使用した。この組成データのデータセットについて有心対数比変換を施した後に、独立成分分析を適用し、源岩組成 (苦鉄質～珪長質) の差異によるトレンドと化学風化のトレンドの2つの独立成分を抽出した。この主要元素の対数の線形結合で表される2つの軸を、等長対数比変換の逆写像を用いることで、新たなデータを投影することのできる三角図に整備した (mafic-felsic-RW diagram)。

RW indexの構築には使用していない現世の風化プロファイルや古土壌のデータにRW indexを適用することで、RW indexの有用性を確認した。花崗岩と玄武岩のサブプロライトプロファイルにRW indexを適用したところ、地中の未風化の源岩から風化が進行している表層に近づくに伴いRW indexの値が上昇した。また、RW indexを異なる気候帯に発達する現世土壌に適用した結果、寒冷気候、温暖気候、熱帯雨林気候の順に化学風化度を反映してRW indexの値が増加した。さらに、カルサイトノジュールを多く含む古土壌プロファイルにRW indexを適用した結果、カルサイトの濃度変化傾向とは独立に、土壌表面に近づくにつれて風化度が上昇する傾向を示した。以上の結果より、RW indexは「異なる源岩組成をもつ砕屑物について適用可能」、「多元素を用いているために特定の元素濃度に影響されづらい」といったW値の利点を引き継ぎつつ、シリカ、カルサイト、アパタイトといった生物・続成起源物質の混入の影響にも強固な指標であることが確かめられた。RW indexにより、続成や生物源のシリカ、カルサイトを多量に含む浅海堆積物や陸成堆積物においても、追加の実験や補正を必要とせずにケイ酸塩化学風化度を簡便に算出することが可能となったため、今後の陸成層・海成層双方を用いた複合的な古環境解析においての適用が期待される。

文献：

Nesbitt and Young, 1982, *Nature* **299**, 715-717. Ohta and Arai, 2007, *Chem. Geol.* **240**, 280-297.

Keywords: Chemical weathering, Major elements, Multivariate statistics, Paleoenvironment, W index

Digital measurement of pebble shape in rivers and beaches: Beach pebbles are more rounded and flattened than river pebbles

*Akira ISHIWATARI¹

1. Nuclear Regulation Authority, Japan

石渡他（2019）は河川と海岸各100個の礫につきキッチンマットとフリーの画像計測ソフトImage-Jを用いてデジタル礫形計測を行い、ab面の真円度（ $4\pi \text{面積}/(\text{周囲長})^2$ ）と楕円近似の短径長径比（ c/a 、扁平さ）を計測して、統計的に「海岸礫は河川礫より円くて扁平である」ことを認め、中山（1965）等の結果を再確認した。石渡（2022）は日本各地でこの結果の普遍性を示したが、岩石海岸では川と海で扁平さに違いがない場合もあった（真円度には差がある）。Ishimura & Yamada (2019)はデジタル礫形計測で岩手県山田町の津波堆積物を研究し、円磨度の高い海岸礫の内陸への到達距離から津波遡上高さを推定したが、扁平さの違いは無視した。

__小杉（1962）はCailleux*（カユー, 1947, 1952）が「海成礫は河成礫に比べて相対的に扁平度（ $(a+b)/2c$ ）が高いこと…を実証した」と述べ、「この形態的差異は、根本的にその営力の違いによって生ずる」と示唆し、Vernhet*（1953）の意見として、モナコのLarvotto湾内においては、扁平度は波が静かな場所で高く、円磨度は波が荒い場所で高いと指摘した。小杉（1968）は、「きわめて扁平性に富みしかもよく円形化された対称的な形態の海浜礫と、これとは対照的に不規則形を示す周氷河起源およびそれらの中間的な河床礫や湖沼礫のそれぞれ固有の形態は、環境条件に左右されながらも、各種の最終営力の特性をより一層敏感に反映したものと解釈される」と総括した。

__石渡他は河川での転動、海岸での滑動（摺動）という礫の運搬プロセスの違いが礫形の違いの原因と示唆した。宮田・末弘（2016）は「扁平礫問題」を取り上げ、「礫浜には扁平礫の割合が高いことは従来から知られていたが、その原因として礫浜特有の摩耗があるという解釈と、形状による淘汰の結果ではないか、という異なった考えがある」と述べ、「決定的な証拠を得るには至っていない」が、礫の大きさ（ $(abc)^{1/3}$ ）と扁平度（ $(a+b)/2c$ ）の間に相関がないか、または正の相関がある（大礫ほど扁平度が高い）ことを示す彼らのデータは「選択的な扁平化をもたらす礫浜特有の摩耗作用を示唆している」。

__石渡他は河川礫に対する海岸礫の境界値として真円度0.78以上、短径長径比0.48以下を示した。礫の円磨度判定には長年Krumbein*（1941）の円磨度印象図（保柳ほか, 2004, p.104；公文・立石, 1998, p.130）が使われてきたので、今回この図のデジタル計測を行った。その結果、円磨度0.1の角礫の真円度は0.72程度、円磨度0.9の円礫の真円度は0.84程度となり、真円度の川・海境界値0.78は円磨度0.6に相当し、これは中山（1965）の川・海境界値と一致する。公文・立石（1998）のp.131の礫形図を計測すると、真円度は超円礫 ≥ 0.84 、円礫 ≥ 0.81 、亜円礫 ≥ 0.78 、亜角礫 ≥ 0.75 、角礫 ≥ 0.72 、超角礫 < 0.72 とするのが妥当と判断される。同じ円磨度の礫でも細長いと真円度が低くなるので、等方礫と伸長礫の中間値を採った。特にKrumbeinの図の円磨度0.5の礫は細長くて真円度が低く出る。その意味で、円磨度を円形度と言い換えるのは良くない。

__日本の地質学教科書は海岸礫の扁平さを無視してきた。角（すみ, 1966）は「川・海を比較すると海の礫に少し球形度の低い割合が少ないという違いしかありません」と述べたが、この辺が無視の源流だろうか。しかし、簡便で客観性・再現性の高いデジタル礫形計測は堆積環境の解明に有用であり、扁平円礫の多産は海岸での形成を示す。

文献（*印の論文の出典は、その前後で引用した論文等を参照）

保柳康一・公文富士夫・松田博貴（2004）堆積物と堆積岩. 共立.

Ishimura, D. & Yamada, K. (2019) <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46584-z>

石渡明（2022）<http://www.geosociety.jp/faq/content1002.html>

石渡明・田上雅彦・谷尚幸・大橋守人・内藤浩行（2019）<http://www.geosociety.jp/faq/content0864.html>

小杉健三（1962）北海道学芸大学紀要第2部B, 13(1), 120-131.

小杉健三（1968）<http://hdl.handle.net/10097/23430>

公文富士夫・立石雅昭編（1998）新版 砕屑物の研究法. 地団研.
宮田雄一郎・末弘美咲（2016）地質学会123年会演旨R8-P-1, 231.
中山正民（1965）地理評, 38(2), 103-120.
角靖夫（1966）地質ニュース, 145, 36-42.

Keywords: pebble shape, digital measurement, beach and river, sliding and rolling, rounded and flattened pebbles in beach

Session Oral | T8. [Topic Session] Culture geology

[1oral512-18] T8. [Topic Session] Culture geology

Chair: Ohtomo Yukiko, Hiroaki Ishibashi

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 5 (Build. 14, 402)

[T8-O-1] (Invited) The Forms were given from earth to History of Building Habitat

*Norihito NAKATANI¹ (1. Waseda University)

1:30 PM - 2:00 PM

[T8-O-2] Geology and castles: Case study of Jurassic accretionary complex in in Ashio Mountains, central Japan

*Tsuyoshi Ito¹, Yasumine Ichizawa² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Toyota City Museum of Local History)

2:00 PM - 2:15 PM

[T8-O-3] Examining quarry site of the Late Heian period Buddha stone figures made of tuff at Anrakujuin Temple in Kyoto City, Japan

*Norihito Kawamura¹, Masato Sakiyama¹, Atsushi Nakai¹ (1. Univ. of Hyogo)

2:15 PM - 2:30 PM

[T8-O-4] Rokko granites and their utilization in Sumiyoshi-Mikage and Ashiya-Nishinomiya area, southeastern Rokko mountains, Hyogo prefecture, Japan

*Tohru Sakiyama¹ (1. Institute of Geo-history, Japan Geochronology Network)

2:30 PM - 2:45 PM

[T8-O-5] Selection of traditional defense type against wild boars suitable for geological conditions : Example of the Yamashishigaki in Ogimi Village ,Okinawa ,Japan

*Seiji OSAJIMA¹ (1. None)

2:45 PM - 3:00 PM

[T8-O-6] Permeability of sedimentary soil in dry moats at the medieval mountain castle and weathering process of welded tuff.

*Masami INOMATA¹ (1. Hiroshima University)

3:00 PM - 3:15 PM

[T8-O-7] Geological overview of "Daikawa" by Kenji Miyazawa

*Yukiko OHTOMO¹, Mana AKASAKA² (1. Yamagata University, 2. Daikyo Home Inc.)

3:15 PM - 3:30 PM

The Forms were given from earth to History of Building Habitat

*Norihito NAKATANI¹

1. Waseda University

・はじめに

筆者は東日本大震災後の一年をかけてユーラシアのプレート境界地域の居住様式をインドネシアからモロッコに至るまで、インド、イラン、地中海などを含めて実見した。各地の建設行為は、人々が彼らの生存環境を、各大地の諸条件を前提として作り上げようとする-生環境の構築-とまとめるに至った。その意味で集落とは大地をその皮一枚浮かして、そこに人間が住まうことのできる空間（あきま）を作ることと定義できる。その浮かせ方、要は空間を作る方法は大地が提供する素材によって大きく異なる。これが素材による生環境の構築方法の違いとなる。以下、代表的な、石、土、木についてその特徴をあげるが、同時に文明発生の原動力にもなったことも注目したい。

・芸術をも産んだ石灰岩

人類における空間利用の発生は風雨、河川、海流の侵食作用による横穴によって準備されたが、これを人類の主體的構築の側面より見た場合、空間の改変可能性が重要になる。その意味で原始期、人力による穴居住居は凝灰岩、シルト層などの掘削容易な岩盤層が主体となる。

さらに石を材として切り出し構築できる技術が進むと、その圧縮に対する力が期待されたが、一方で石梁のせん断に対する弱さは材の最適配置を意識させた。その結果古代ギリシャ比例学が発生した。石灰岩は人文芸術発展の土台となったという意味で最も重要である。その骨の成分にも似た同岩は成形の容易さによって細部に至るまでの作業を可能とし、人文的彫刻の発生を促したのだった（図）。

・文字をも発明した土

土は石に比べて二つの大きな違いがある。一つは採取場所であり、もう一つは構築方法である。土は山や段丘の侵食風化とともに、盆地、川沿いや、低地に開けた扇状地などに、堆積し地層化した。土は構築材料中最も遍在しているが、土を建築素材として用いるにはレンガという加工の発明を必要とした。土を型枠で整形し乾かし固めることで、組積することができるようになった。また焼成を加えれば、耐力は大幅に増した。レンガによる建築行為はジグラットの遺跡立地に代表されるようにメソポタミア周辺の低地で特に栄えたが、そこは同時に楔文字の発明地だった。これは紀元前30世紀ごろ発明された。生乾きの粘土板に葦のペンを押し付けることによって達成され、重要文書はその後焼成された。土を原料とした「ノート」は無尽蔵であった。

・共同性を生んだ木組

木造において、単独的な作業で可能なのは、地面に穴を掘って柱を立てる掘立柱である。しかし柱を長期的に残存させるための石場立てや壁等の垂直材を形作るには軸組構造を発展させることが不可欠であった。それによって木造建築には他の材料に比して小規模な建設行為にも、複数の人間による共同施工が必要となった。この特徴は特にアジア周辺の地域共同体成立に大きく関係したと予想される。

・古代都市の誕生

古代都市の普遍性を高めたのは紀元前後のローマ帝国であった。同帝国では侵略と各地の文明化を達成するため植民都市が現在のイギリス、東ヨーロッパ、地中海一帯、アフリカ北部にまで建設された。各都市では地域ごとに異なる大地条件を建設素材としながら、同種の機能を達成する技術活用がローマ帝国による生環境構築の真骨頂であった。石、土、木といった各地ごとの素材がそれぞれに動員された。特に火山灰由来のセメントと切石やレンガの残片を混ぜ合わせることで大規模構築体の建設を可能にしたコンクリート技術の発達は大きい。これまでの歴史によって人類は古代までに生環境構築のための基本的一覧を完成させた。

・鋼による生環境の構築

ここで一つ大きな謎が生まれた。それは生環境をつくりあげる素材としての鉄材の出自の謎である。現代都市の高層稠密を支える生環境構築は鉄素材が圧倒的な主体を占めている。この伝統的集落と現代的都市との構築素材のギャップはどこから発生したのか。圧延のできる鋼が、圧縮力を基本としていた生環境構築の方法を根底的に変えた。さらに鋼の生成は大地＝地球との連関の中で他の素材に比べてより全球的な特徴を含んでいる。

北アメリカ大陸東海岸の同地域一帯は鉄の一大原料である縞状鉄鉱床を多く含むカレドニア、アパラチア山脈に属する約4億年前から形成された連続する山地に属している。現在、同地域はアイスランドを横断する大西洋中央海嶺によって遠く隔たっているが、実は現在の大陸配置が形作られる以前の4億年前には、その地域はイングランドを含む北部ヨーロッパと一体的関係をなしていた。つまり4億年前のプレート運動によって現れた鉄鉱床が産業革命様式に資源場として連結したのだ。それゆえ鋼による生環境構築は人類時間による地政では計り知ることのできない奥深い「地域」的連関性をその根底に宿していたのであった。

(図) ペルセポリス遺跡の謁見の間レリーフ（石灰岩）。現イラン・イスラム共和国

Keywords: plate tectonics, History of Building Habitat



Geology and castles: Case study of Jurassic accretionary complex in Ashio Mountains, central Japan

*Tsuyoshi Ito¹, Yasumine Ichizawa²

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Toyota City Museum of Local History

はじめに

日本の歴史上では、多くの城が築かれた。築城にあたっては、地質や地形が考慮されたと考えられるが、広範囲においてその関係を論じた研究は少ない。筆頭演者の伊藤は、足尾山地南西部において5万分の1地質図幅「桐生及足利」を刊行した（伊藤ほか、2022）。その調査の過程で、同地域やその周辺の城郭と地質の関係を検討した（Ito and Ichizawa, 2022；伊藤・市澤、2022）。本講演では、この検討により明らかになった地質と城郭の関係について示す。

地質概説

足尾山地は関東平野北部に位置する。足尾山地南西部「桐生及足利」地域には、ジュラ系付加体（足尾帯）・上部白亜系深成岩類（足利岩体）・古第三系及び新第三系・更新統赤城火山噴出物・第四系が分布する。足尾山地のジュラ系付加体（足尾帯）は、黒保根-桐生コンプレックス、大間々コンプレックス、葛生コンプレックス、行道山コンプレックスの4コンプレックスからなる（伊藤、2021）。足利岩体は、黒保根-桐生コンプレックスに貫入する（伊藤・中村、2021）。

城郭と地質

「桐生及足利」地域の地質図（伊藤ほか、2022）上に、日本城郭大系（平井ほか、1979）の地図や記述に基づいて城郭の位置をプロットした。加えて、同書で縄張り（城内の配置を示した図）を示しているものについては、縄張り内での岩相分布の検討を試みた。

「桐生及足利」地域内の29城（山城及び平山城）をプロットしたところ、24城がジュラ系付加体の分布域に位置し、チャートの分布域上の城郭は13城であった（図1）。足利城や小俣城、小野城が代表的な例である。また、桐生城や高津戸城は地質図上ではチャートの分布域には当たらないが、本丸周辺などにはチャートが露出していた。チャートは一般的に緻密で硬く、険峻な地形をつくる。このチャートの特徴を利用して、築城が行われたと推定される。

足尾山地では、「桐生及足利」地域外においても、唐沢山城などでチャートの上の城郭がみられる。全国的には岐阜城や小牧山城もチャート上の城郭として有名である。

文献

平井ほか、1979、日本城郭大系 第4巻 茨城・栃木・群馬、新人物往来社。

伊藤、2021、地質調査研究報告、**72**(4)、201–285。

Ito and Ichizawa, 2022, *Geoheritage*, **14**(1), Article number:17.

伊藤・市澤、2022、GSJ地質ニュース、**11**(5)、119–126。

伊藤・中村、2021、地質調査研究報告、**72**(4)、383–396。

伊藤ほか、2022、桐生及足利地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）、産総研地質調査総合センター。

Keywords: Ashio Mountains, castle, chert, accretionary complex, geographical features

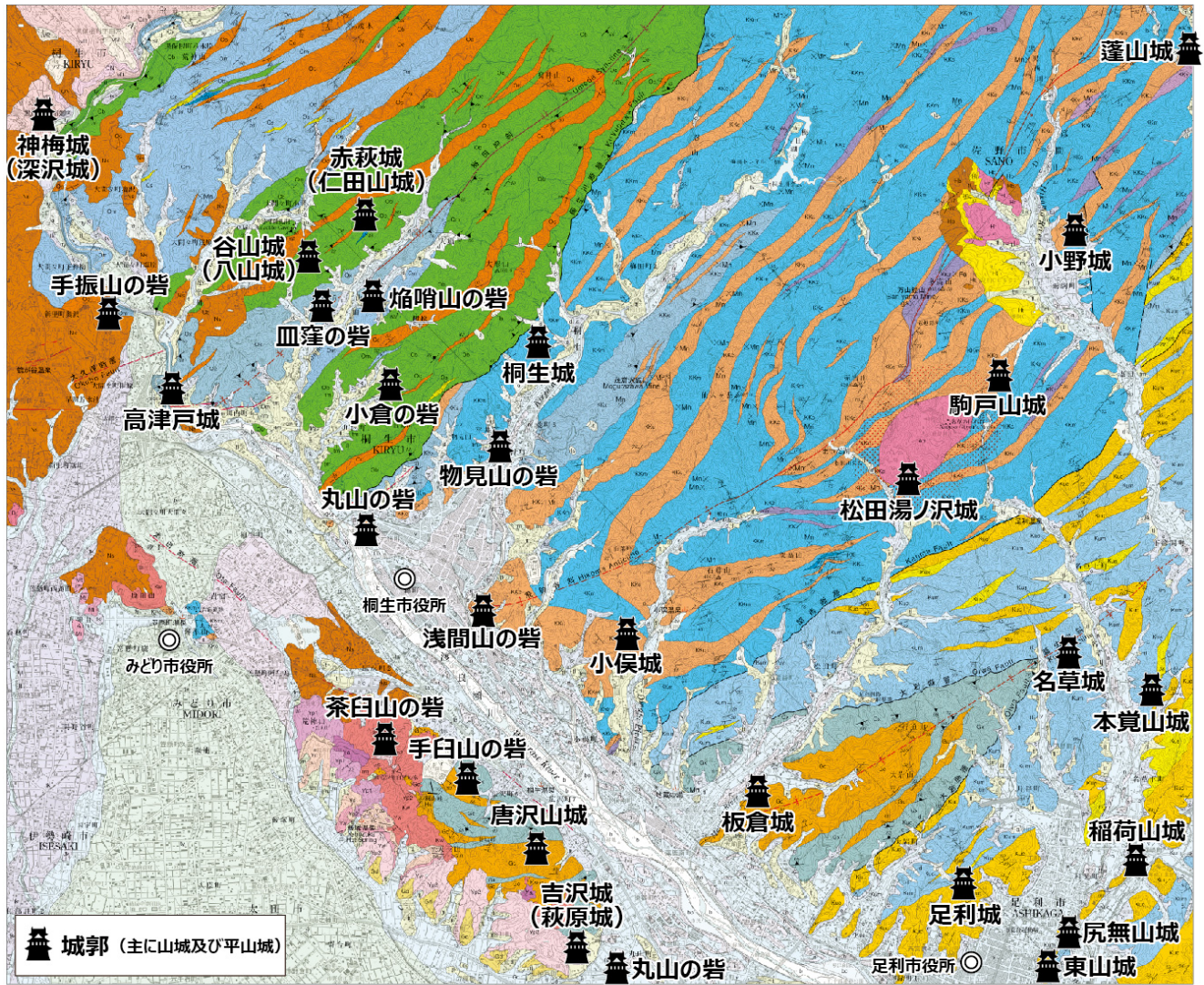


図 1 山城の分布.

Examining quarry site of the Late Heian period Buddha stone figures made of tuff at Anrakujuin Temple in Kyoto City, Japan

*Norihito Kawamura¹, Masato Sakiyama¹, Atsushi Nakai¹

1. Univ. of Hyogo

京都市伏見区竹田に位置する安楽寿院境内には、平安後期とされる凝灰岩製の石仏が2面ある（川勝、1978）。いずれも享保年間に鳥羽離宮内から出土したものである（川勝、1972）。このような凝灰岩類は京都市内には分布せず、洛外から持ち込まれたものである。石材産地の候補は、香川県東部のさぬき市の火山山腹、西教寺奥の院付近と言われている。火山南麓を含む大川町富田一帯は、平安末期～鎌倉期に安楽寿院領荘園の一つであった（「角川日本地名大辞典」編纂委員会・竹内、1985）。しかし、石仏石材を火山の凝灰岩と対比する根拠は岩石記載の点から不十分である。石造物の採石地の対比のためには、石材と採石地双方の岩石学的な議論が必要である。そこで演者らは、石材の岩石学的調査を行い、香川県内の中世以前の採石地の岩石との比較を行った。

調査対象は安楽寿院の石仏2面（伝・釈迦三尊と伝・薬師三尊）で、ともに一石からなる。現地では岩相記載ならびに帯磁率測定を行った。香川県内では採石地跡（遠藤、2005ほか）の露頭で同様の調査を行った（川村、2022a, b）。そのほか、中世と推定される香川県東部に分布する石造物のデータも得た。調査した採石地は、西から順に三豊市の岩屋寺、天霧山、坂出市岩屋寺、高松市牟礼町八栗寺、さぬき市鴨庄大串および小田、同市大川町～東かがわ市の火山（西教寺奥の院、相地）で、いずれも中新統讃岐層群（齋藤・中山、1954）の凝灰岩類が分布する。帯磁率の平均値は、石仏・露頭1区画あたり20点測定して平均値を算出した。

安楽寿院の両石仏ともに淡灰色～白色の火山礫凝灰岩である。帯磁率は、阿弥陀三尊（3区画測定）では、平均値 0.227×10^{-3} SI、 0.246×10^{-3} SI、 0.267×10^{-3} SI、薬師三尊（同）では、 0.249×10^{-3} SI、 0.264×10^{-3} SI、 0.228×10^{-3} SIである。岩相は2面とも同様で、直径1 mm弱～約6 mmの黒色のガラス質岩片のほか暗灰色火山岩の角礫が基質支持で含まれている。組織は塊状である。

これら石仏の帯磁率は、坂出市岩屋寺の岩石（ $0.132 \sim 0.302 \times 10^{-3}$ SI）とおおむね同様の範囲にある。他方、火山の西教寺奥の院（ $0.066 \sim 0.154 \times 10^{-3}$ SI、 0.422×10^{-3} SI）、相地（ $0.086 \sim 0.174 \times 10^{-3}$ SI）、その他、志度町小田および大串、八栗寺採石跡の岩石とは平均値の範囲が異なる。坂出市岩屋寺の採石跡に見られる岩石は白色の火山礫凝灰岩で、白色～灰白色の流紋岩（径数mm～約6cm）、黒色の火山ガラスの角礫を含む。前者の方の割合が高いことは、安楽寿院の石仏で黒色の火山ガラス片の割合が高いことと一致しない。

香川県以外の石材産地として大阪府～奈良県の二上山があり、鹿谷寺跡付近は古代の採石跡とされている。この付近の凝灰岩類は白色で黒色ガラス片を含む。帯磁率平均値は約 $0.24 \sim 0.44 \times 10^{-3}$ SI、約 0.70×10^{-3} SIである。岩相と帯磁率の特徴から見ると、安楽寿院の石仏は鹿谷寺跡付近の凝灰岩に類似する。

以上の調査結果から、筆者らは安楽寿院の石仏は火山の既知の2カ所の採石地産であることを支持しない。石材産地を讃岐地方に求める場合、既知の採石地とは別の単層・部層内にもあった可能性を検討する必要がある。現時点での候補地の一つは二上山の鹿谷寺跡付近であるが、他の採石地との比較はまだ行っていない。

京都市内からは、他にも平安時代後期～鎌倉時代と推測されている白色の凝灰岩製石造物が出土しており、岩相から火山産と考えられている（持田・関広、2017）。このような石材の対比も進めることで、古代や中世の讃岐地方産凝灰岩石材の流通を具体的に論じることが可能になるだろう。

本研究費用の一部にはJSPS科研費（基盤研究（B）21H00621、研究代表者 先山 徹）を使用した。調査にあたっては、安楽寿院住職 齊藤亮秋師のご協力を得た。

文献

遠藤 亮（2005）中世讃岐の石の世界一生産・流通・信仰一、11-26。

「角川日本地名大辞典」編纂委員会・竹内理三（1985）角川日本地名大辞典 37 香川県、1182p.

川勝政太郎（1972）京都の石造美術．木耳社．

川勝政太郎（1978）日本石造美術辞典．東京堂出版．

川村教一（2022a）文化地質研究会第5回研究発表会・シンポジウム講演要旨集、8．

川村教一（2022b）JpGU2022年大会、MZZ52-P01．

持田 透・関広尚世（2017）京都市埋蔵文化財研究所発掘調査報告 2016－11 御土居跡．

齋藤 実・中山一義（1954）香川県立農科大学学術報告、5(3)、272-278．

Keywords: stone work, tuff, Sanuki Group

Rokko granites and their utilization in Sumiyoshi-Mikage and Ashiya-Nishinomiya area, southeastern Rokko mountains, Hyogo prefecture, Japan

*Tohru Sakiyama¹

1. Institute of Geo-history, Japan Geochronology Network

はじめに

六甲山地の花崗岩は古くから石材として利用されてきた。特に現在の神戸市御影の浜から各地に多くの石材が搬出されたため「御影石」と呼ばれるようになった。その始まりは中世（13世紀）のころからと考えられ、その石造物は各地に残されている。ここでの採石の様子は江戸時代の名所図会などにも残され、近代まで活発に続けられていた。その主体は現在の神戸市東灘区に位置する住吉川および石屋川流域である。ここではこれらをまとめて住吉－御影地域と呼ぶ。一方、1620年から9年間にわたり徳川家による大坂城再建で瀬戸内地域各地の花崗岩が石材として使用されたが、六甲山地からも多量の花崗岩が採石され、矢跡や刻印のある岩石が残されている。それらの分布は六甲山地南東麓の芦屋市～西宮市域に集中し、中でも芦屋市内には多くの採石遺跡が残されている。ここではこれらの地域を芦屋－西宮地域とする。このような採石遺跡は「御影石」の産地であった御影地域では確認されていない。また逆に芦屋地域で御影地域ほど採石業が発展した明瞭な記録はない。このことは両地域での採石の在り方が違った可能性を示唆する。

六甲花崗岩の地質と帯磁率

六甲山地の白亜紀深成岩類は大きく領家帯に属する布引花崗閃緑岩と山陽帯に属する六甲花崗岩に区分され、そのうち「御影石」として石材に利用されたのは六甲花崗岩である。六甲花崗岩は少量の角閃石を含む黒雲母花崗岩で淡桃色のカリ長石を特徴とする。住吉－御影地域の花崗岩も芦屋－西宮地域の花崗岩も似た岩相であり、六甲花崗岩として同一の岩石と考えられている。しかしながら六甲山地の地質を見た場合、六甲花崗岩は北東－南西方向に存在する断層とそれに沿って分布する中古生界によって北西部と南東部に分けられ、完全な単一の岩体ではない。両者の違いは必ずしも明確ではないが、断層を挟んで北西部に対して南東部の岩石の方が粗粒で低い帯磁率を有している。

阪神大水害の石碑と徳川大坂城残石

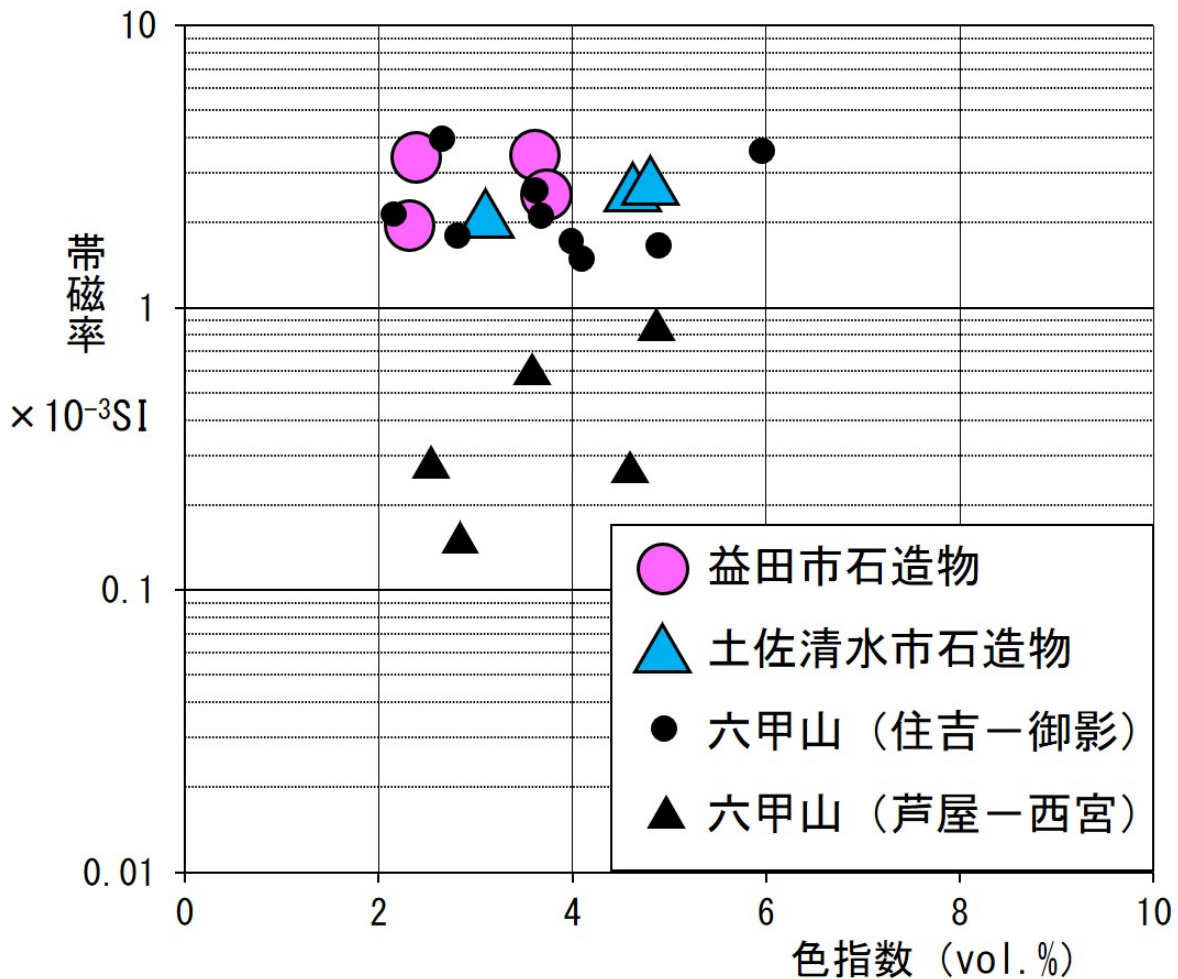
1938年、六甲山麓では阪神大水害と呼ばれる記録的な水害が発生し、その時の記録写真が多く残され、公開されている。それを見ると、住吉－御影地域には土石流が発生し、多くの場所で上流から巨大な岩塊が運ばれてきたことがわかる。一方、芦屋－西宮地域ではこのような土石流は扇状地上部の谷出口に限られ、市街地は土砂・氾濫による被害が大きい。このことは地形にも表れており、住吉地域では扇状地地形が海岸線にまで及んでいることと調和的である。六甲山麓ではこれ以外にも多くの水害記録があり頻繁に土石流が発生していたことから、住吉－御影地域には海岸近くに岩塊が多く存在していたと考えられる。住吉－御影地域には阪神大水害時に流されてきた岩塊が石碑や石垣として残されているが、これらは上流の六甲花崗岩（北西部）から運ばれてきたものと考えられる。それらのうち90試料について帯磁率を測定したところ、 $0.7 \sim 5.5 \times 10^{-3} \text{SI}$ （平均 $2.5 \times 10^{-3} \text{SI}$ 、 $\sigma = 1.0$ ）であった。一方、芦屋－西宮地域には大坂城築城時の採石遺跡が多く残されているが、それらは上述の断層より南東のものである。そのうち73試料について帯磁率を測定したところ $0.07 \sim 1.8 \times 10^{-3} \text{SI}$ （平均 $0.6 \times 10^{-3} \text{SI}$ 、 $\sigma = 0.4$ ）であり、両地域は異なる。肉眼的には両地域ともカリ長石が淡紅色の黒雲母花崗岩であるが、中粒でカリ長石が粒状の住吉地域のものに対して芦屋地域のものがより粗粒の傾向がある。この両者の違いは帯磁率－色指数図で明瞭である（第1図）。

各地に流通した六甲花崗岩

中世（鎌倉時代頃）に六甲山地の花崗岩が多量に流通したとされる地域に、島根県益田市と高知県土佐清水市がある。また江戸時代から明治時代にかけての北前船で瀬戸内海から日本海沿岸に流通した石材の中にも六甲花崗岩の可能性のある岩石が多い。そこでそれらの花崗岩のうちカリ長石が桃色を呈するもののみについて帯磁率と色指数を六甲山地のものと比較すると、いずれも住吉－御影地域の花崗岩と同様の範囲に入り、芦屋

－西宮地域の花崗岩に見られる帯磁率の低いものは存在しなかった（第1図）。これらのことは、民間による業としての「御影石」採取は中世から近世を通して御影地域で連綿と行われたのに対して、大名による大坂城の石材採取はそれらを避けるようにして行われたこと、そして大坂城石垣の残石をその後石材として利用することが無かったことを示している。

Keywords: granite, stone material, magnetic susceptibility, Rokko mountains



第1図 六甲花崗岩と中世石造物の帯磁率－色指数図

Selection of traditional defense type against wild boars suitable for geological conditions : Example of the Yamashishigaki in Ogimi Village ,Okinawa ,Japan

*Seiji OSAJIMA¹

1. None

はじめに

古来より人々は、イノシシやシカなどの野生動物から田畑の作物を守るために知恵を絞ってきた。その手段には、追い払いや狩猟による害獣の駆除のほか、本稿で紹介するシシ垣がある。シシ垣は野生動物の耕地への侵入を防ぐバリアーであり、現代では電気柵や鋼製柵が用いられているが、伝統的なシシ垣は、石塁や土塁、木柵などであった（高橋春成編,2010）。今回、伝統的なシシ垣遺構が残る沖縄県大宜味村において、シシ垣の型式と地質状況との関係を整理した。

シシ垣の型式

国内に残る伝統的なシシ垣は、数年で朽ちる木柵を除き、石塁、土塁、切土などの人工物のほか、大岩や岩壁などの自然物を用いたものがある。石塁は石を1~2mの高さ積み上げたもので、箴島（2016）は、長崎県西彼杵半島のシシ垣の石塁を石積、盛土、堀切と、それらの組み合わせで4タイプに区分している。土塁は掘削した土を傍らに盛り上げた型式が多く、土塁築造の省力化の工夫がみられる。また、斜面を急こう配で掘削した切土のシシ垣もある。シシ垣築造の労力を省くために、大岩や岩壁などの自然物をシシ垣として利用し、それらを石塁で接続する例も多々ある。

大宜味村の地質と猪垣（ヤマシシガキ）の型式

大宜味村は沖縄島北部の西海岸に位置し、山岳地帯が多く西側を海に接する。中江ほか（2010）によると、大宜味村の先新第三系は、石灰岩や緑色岩から成る前期白亜紀の与那嶺層と、泥質千枚岩や粘板岩、緑色岩から成る後期白亜紀の名護層が分布している。名護層の泥質千枚岩などは、沢部では新鮮~弱風化した岩石が地表に露出するが、尾根部では均質に深部まで強風化し、国頭マージと呼ばれる赤土となる。このため名護層の分布域の尾根部では地表の転石は少ない。

大宜味村の猪垣は集落と耕地を取り囲むように連続し、かつては総延長31kmが築かれ「十里の長城」と呼ばれていた（大宜味村教育委員会、1994）。大宜味村教育委員会は猪垣の総延長13.0kmを確認し、石塁、土塁、切土、堀切などの型式を報告している。猪垣は1787年にはその補修に関する記録が残っているので、それ以前にシシ垣が構築されたことは明らかである。当時、沖縄ではサツマイモが広く栽培され沖縄の人口を支えていたが、サツマイモはイノシシの好物でもあった。猪垣は主にサツマイモをイノシシから守り、1952~1953年の補修記録があることから、少なくとも1955年頃までは使用された。しかし、山腹まで広がっていた耕地は次第に耕作を放棄され山林へと変わり、猪垣は現在その役目を終えてひっそりと山中に眠っている。大宜味村は先人のイノシシとの戦いを称え、猪垣の一部区間を村の文化財に指定して保護している。

猪垣はルートの子質状況によって型式が異なっている。石灰岩の石材が豊富な与那嶺層の石灰岩地帯では、高さ1.2~1.5mの石塁（写真）が多く造られている。また、石灰岩の岩壁や巨石をシシ垣として利用している区間もある。これに対して名護層と与那嶺層の緑色岩の分布域では、石材が入手できる沢では石塁がみられるが、尾根の強風化部では石材の入手が困難であるため、掘削による盛土や切土、堀切が猪垣として用いられている。大宜味村の猪垣は、岩壁や大岩を用いることで省力化を図り、石材が入手できる場所では石塁を、そうでない場所では盛土や切土、堀切を造るなど様々な型式があり、地質状況に応じた設計者の工夫がみられる。

引用文献

大宜味村教育委員会（1994）、大宜味村文化財調査報告書第3集 大宜味村の猪垣-猪垣調査報告書-, 46p.
高橋春成編（2010）、日本のシシ垣 - イノシシ・シカの被害から田畑を守ってきた文化遺産、古今書院、

358p.

中江ほか（2010），20万分の1地質図幅「与論島及び那覇」，地質調査総合センター．

箴島聖二（2016），号外地球—総特集—文化地質学，63-75．

Keywords: stone wall, earthwork, wild boar, Okinawa, Nago Formation, Yonamine Formation, Ogimi Village



Permeability of sedimentary soil in dry moats at the medieval mountain castle and weathering process of welded tuff.

*Masami INOMATA¹

1. Hiroshima University

広島県東広島市に位置する中世の山城跡では、遺跡の一部である空堀跡堆積土の粒径分布が、城跡の立地する地質により大きく異なっている。花崗岩地域では透水性で中位を示す砂質であったのに対し、流紋岩地域では透水性が小さいシルト質であることが分かった。自然斜面の表土については、両地質で土壌の粒度分布に大きな違いはない。土壌の粒径分布は透水性に寄与するとされ、土壌の粒度試験より透水係数を求める推定式は複数存在する（例えばCreager¹⁾）。今回堆積土を採取した市内の花崗岩地域と流紋岩地域の山城跡は、築城による地形改変は同時期である²⁾。それにもかかわらず堀を埋める堆積土の粒径分布が大きく異なるのは、母岩となる岩石の風化過程が影響していると考えられる。そこで、空堀内部に残存している岩石礫の風化過程について、岩石観察、薄片観察により比較をおこなった。また今回は災害地質としてこれまでに検討例が多い花崗岩ではなく流紋岩に着目し、岩石中の粘土鉱物をX線回折により分析して、空堀跡堆積土の粒径分布の違いについての解明を試みた。今回分析の対象とした岩石礫を有する山城跡は、ががら山城（鏡山城跡ががら地区；東広島市鏡山）が広島花崗岩類である中粒弱斑状黒雲母花崗岩に、第1若山城（東広島市西条町下三永）が高田流紋岩類の流紋岩溶結ガラス質凝灰岩（一部溶結）に立地している。後期白亜紀に噴出した高田流紋岩は、同時代に広島花崗岩の貫入が確認されている³⁾。一般的に中世の山城は防御と攻撃を可能とする戦略的な構造を目的に斜面などを人工的に改変している²⁾。分析には、そうした山城遺構の一つであり、敵の侵入を防ぐために尾根を絶ち切る深さ数mの水のない空堀である「堀切」跡深さ25-30cmに混在していた岩石礫を用いた。現在は「堀切」のほとんどが堆積土で埋没している。岩石観察では、花崗岩礫は容易に薄く剥離し、ハンマーで軽くたたくと砂状になった。また、剥離面が酸化作用によると考えられる暗褐色を呈していた為、シーティング層に雨水が流入し風化していたと考えられる。流紋岩礫は花崗岩礫と比較して緻密であり強度が高い。周囲には赤褐色粘土が付着しており、約1cm幅の厚い明褐色風化皮膜と中心に灰黒色の部分を残す風化形態がみられた。薄片観察では、花崗岩礫は斜長石、石英などを主体とし、黒雲母や一部緑泥石も確認された。また斜長石には多数のクラックが生じており、強い風化作用を受けていたことを示す。流紋岩礫では外縁部と中心部分共に、石英、斜長石、カリ長石、有色鉱物は黒雲母の斑晶が確認された。基質は花崗岩の接触変成作用により再結晶している。風化皮膜部は間隙が大きく、斜長石のクラックに二次鉱物がみられた。以上より両岩石とも堆積土壌内で風化が進んでいることが確認できた。これは、空堀内が風化を促進する環境であることが考えられる。さらに流紋岩礫の風化皮膜についてその粘土化を検討するため、礫をハンマーで5mm程度に粉碎し外縁部と中心部をそれぞれ分類したのち、粘土鉱物学⁴⁾に記載された手順に従い試料を作成し、X線回折により粘土鉱物の同定をおこなった。風化皮膜については、その形成に降雨などによる陽イオンの溶脱が影響していることが指摘されている⁵⁾。分析の結果、流紋岩礫の中心部分からは石英・曹長石・絹雲母が検出された。外縁部の風化皮膜では石英と、より風化が進行した際に確認されるギブサイト・ハロイサイトのような二次鉱物が検出された。以上の結果をまとめると、花崗岩礫はシーティング状の風化で砂質層を形成し、流紋岩礫はその風化皮膜に二次鉱物が検出されたことから、外縁部から風化が促進し粘土化していることが示された。自然斜面の表土については両地質で土壌の粒度分布に大きな違いがないにもかかわらず、流紋岩地域の空堀跡堆積土が透水性の小さいシルト質で形成されているのは、風化による生成物の違いによるものと考えられる。空堀部の流紋岩礫の風化皮膜層がこれまでに報告があった事例⁶⁾と比較しても1cm以上と厚い理由が堆積環境によるものなのかは大変興味深く、今後の調査で検討していきたい。（参考文献）1) Creager W. P., Author et al: Engineering for Dams, Vol.III, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 645-649,1945 2) 広島県教育委員会：都道府県別日本の中世城館調査報告書集成18,広島1第2集,東洋書林,2003,291p 3) 高木哲一・水野清秀：海田市地域の地質(5万分の1地質図幅),1999,49p 4) 白水春雄：粘土鉱物学,53-77,朝倉書店,1993 5) 松倉公憲：地学雑誌126(3),271-296,2017 西山賢一・長岡信治：徳島大学自然科学研究,27(4),59-70,2013

Keywords: permeability, welded tuff, weathering products

Geological overview of "Daikawa" by Kenji Miyazawa

*Yukiko OHTOMO¹, Mana AKASAKA²

1. Yamagata University, 2. Daikyo Home Inc.

宮沢賢治の「台川」は、現在の花巻市郊外の台川中流部で巡検を行なっている様子を描いた作品である。宮城（1975）は賢治が農学校の生徒とともにおこなった“地質巡検”の記録であると述べている。台川沿い、釜淵の滝（図2）周辺の地質を調べ、作品「台川」の舞台になった地域の地質の概要について述べる。「台川」の書き出しは、集合場所から始まる。どこまで行くのかを聞かれて、[釜淵まで、一寸30分ばかり]という冒頭の文章からこの集合場所は、釜淵の滝から約2kmの花巻郊外の河成扇状地上と考えられる。北上低地帯西側に見られる河成扇状地は、奥羽山脈東縁の断層帯の活動により隆起する山地から流下した河川が形成した扇状地性の河川段丘面で、谷口から東側に扇状に広がっている（岩手県1975；渡辺，2005など）。扇状地を登りながら、賢治は山地と北上低地帯の地形や地質について生徒に説明している。特に、流紋岩質火砕岩、安山岩質集塊岩の地質による土壌の違いから、植生の違いを説明している。釜淵の滝周辺の台川沿いには、軽石質凝灰岩、火山礫凝灰岩、流紋岩が分布している。軽石質凝灰岩や火山礫凝灰岩は、層状や無層理の岩相がみられる（図3）。数mm～1cmの軽石は繊維状で、火山礫は流紋岩および石英・斜長石の結晶片からなる。この凝灰岩層は、北村（1986）では中部中新統男助層（男助凝灰岩）で、雫石盆地の南東縁に分布するデイサイト質の海底下の火砕流堆積物である。大上ほか（1990）では、猪去沢層の中位に挟まれる男助部層でデイサイト質軽石凝灰角礫岩からなり、花巻温泉周辺はドーム状構造がみられるため層厚が700m以上と見積もられている。また数m～数10mの流紋岩が月見橋周辺から滝不動尊にかけて凝灰岩に挟まれている。凝灰岩中には流紋岩の火山礫が含まれることや、ハイアロクラスタイトもみられることから、海底に噴出した溶岩と推定される。流紋岩は流理構造の発達した岩相、塊状岩相、ガラス質岩相が見られる。これらの岩相の流紋岩は火山礫凝灰岩の岩片として凝灰岩中に含まれている。海底に噴出した流紋岩溶岩が水冷破碎して凝灰岩の火山礫として含まれているように見える。図1は谷口の花巻温泉紅葉館の4階から見える、台川対岸の大露頭である。生徒への説明で「向ふの崖をごらん下さい。黒く少し浮き出した柱のやうな岩があるでせう。あれは水成岩の割れ目に押し込んできた火山岩です。黒曜岩です。」という部分がある。この説明にある崖は、対岸の大露頭と考えられる。この大露頭は、大正2年即図の国土地理院5万分の一「花巻」や、昭和6年花巻温泉パンフレットより転写された吉田初三郎画（花巻温泉豆菓子とはなまめの箱裏掲載）にも描かれており、この露頭の調査を行ったところ、対岸から黒色に見える部分を含めてすべてが軽石凝灰岩であった。大正10年（1921年）12月に賢治は郡立稗貫農学校教諭になっている[URL1]。大正12年（1923年）に台温泉からの引湯で花巻温泉が開湯しており[URL2]、大正4年発行と大正14年鉄道補入の国土地理院地図（5万分の1花巻）を比べると、現在の花巻温泉の道や家屋の分布が大きく改变している。作品「台川」の舞台は、まだ花巻温泉の開湯前の時期ではないかと考えられる。

引用文献 岩手県(1975)土地分類基本調査, 岩手県, 39p. 北村 信(1986)アーバンクボタ No.26,特集「酸性硫酸塩土壌」, 株式会社クボタ, 26-31. 宮城一男(1975)農民の地学者 宮沢賢治, 築地書館, 159-168. 大上和良ほか(1990)地球科学, 44, 245-262. 渡辺満久(2005)日本の地形 3 東北, 東京大学出版会, 105-114. [URL1]花巻商工会議所賢治・星めぐりの街づくり推進協議会, “宮沢賢治関連年表” . <http://www.harnamukiya.com/index.html>, (参照2022.1.30). [URL2]花巻温泉株式会社, “花巻温泉ヒストリー・沿革” . <https://www.hanamakionsen.co.jp/corporate/company/#history>, (参照 2022.1.30).

Keywords: Kenji Miyazawa, Daikawa, Geological Excursion



図1. 台川沿いの大露頭



図2. 釜淵の滝

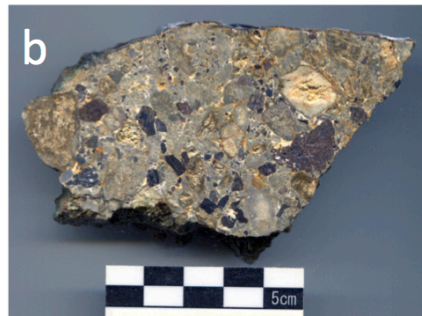


図3. 凝灰岩の岩相 (a:層状の凝灰岩, b:火山礫凝灰岩, c:釜淵の滝の軽石質凝灰岩)

Session Oral | G1-4. sub-Session 04

[1oral601-08] G1-4. sub-Session 04

Chair: Toshio ASANO, Michiko dvan Yajima

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 3:30 PM oral room 6 (Build. 14, 403)

[G4-O-1] Tetsugoro Wakimoto (1867-1942), Life and Work

*Michiko dVan YAJIMA¹ (1. Tokyo Metropolitan University08)

1:30 PM - 1:45 PM

[G4-O-2] Buried Geoscience Education - Dr. Muraji Fukuda's Experimental Mineralogy and Geology in the Seikei Old System Senior High School.

*Atsushi MIYASHITA¹ (1. Seikei Univ.)

1:45 PM - 2:00 PM

[G4-O-3] Teaching materials for ICT in education based on regional geology: Research with iPads on river bed gravels on the Hanno Riverbank, Saitama Prefecture

*Kiyoshi KATO¹, Yoko ABE², Shiori OKADA², Fumito ISHIBASHI³, Ryota TAGUCHI³ (1. Komazawa University, 2. Seibo Gakuen, 3. Kasukabe Kyoei High School)

2:00 PM - 2:15 PM

[G4-O-4] Outreach activities targeting teachers – Kobe Geology and Topography Study Group/Kobe Geo study Meeting–

*Toshio ARIMICHI^{1,2} (1. Kobe Municipal Ibukidai Junior High School, 2. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo)

2:15 PM - 2:30 PM

[G4-O-5] The role of earth science in disaster prevention education

*Toshio ASANO¹ (1. None)

2:30 PM - 2:45 PM

[G4-O-6] Student Himalayan Field Exercise Program 10 years

*Masaru Yoshida^{1,2}, Project STUDENT HIMALAYAN FIELD EXERCISE (1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University (Emeritus Professor))

2:45 PM - 3:00 PM

[G4-O-7] Significance of sand collection and its applications in museum

*Takeshi NAKAJO¹, Takanori BESSHO¹ (1. Osaka Museum of Natural History)

3:00 PM - 3:15 PM

[G4-O-8] Network-based Remote Laboratory in Distance Education: Scanning Electron Microscopy Experiment

*Soichi Omori¹ (1. The Open University of Japan)

3:15 PM - 3:30 PM

Tetsugoro Wakimoto (1867-1942), Life and Work

*Michiko dVan YAJIMA¹

1. Tokyo Metropolitan University⁰⁸

脇水は慶応3（1867）年、維新の前年に大垣藩士の家に生まれた。大垣は各界に名だたる学者を輩出、「博士の町」と呼ばれたようだが、彼もその一人に数えられよう。美濃地方は松井直吉はじめ、関谷清景、安藤伊三次郎等、多くの地球科学者を輩出している。明治26（1893）年帝国大学理科大学地質学科を卒業。卒論は東北地方の岩石の研究"On the Geology of Oshima, Rikuzen, with Special Reference to its Eruptives"。新設の帝国大学農科大学に土壌学教官として就職した。2年間の海外留学で、オーストリアとイタリアをめぐり、森林土壌学と砂防治水を学んで帰国した。大正8年（1919）年に理学博士の学位を得ている。昭和3（1928）年東京大学退官後は駒澤大学の地理学教室の教授となり、文部省の史跡名勝天然記念物の調査にかかわり、国立公園の審議にも携わった。日本の地質学界は2008年ころから、地質の日制定、日本にジオパークをつくるという動きがあり、この動きの中から深田研ジオ鉄普及委員会という活動も生まれてきた。脇水の『車窓から観た自然界』がジオ鉄の元祖ではないかと思える。なぜ『車窓から観た自然界』という考えが生まれたのだろうか。脇水は「旅行の時、車窓から見る自然界をとてもおもしろく思い、見飽きない」と自序に書いている。この発言はどこから生まれたのだろうか。『車窓から観た自然界』は、特に『山陽道』のほうは死後出版だが、若いころ学んだ地質学の上に、土壌学が載り、そして諸外国の地形を視察後に天然記念物、国立公園制定にかかわったことが大きく関係していると思われる。地質学出身で地形学、地理学に興味を動かしていくのはそんなに珍しいことではない。しかし、脇水のそれは大衆的である。脇水の集めた土壌標本は現在でも東京大学農学部保存されている。そして、脇水の集めた地質標本も埼玉県立自然史博物館に所蔵されている。

（文献）

脇水鐵五郎『車窓から観た自然界』誠文堂新光社 1942年

Keywords: Tetsugoro Wakimoto, jiotetsu, Natural world seen from the train window

Buried Geoscience Education - Dr. Muraji Fukuda's Experimental Mineralogy and Geology in the Seikei Old System Senior High School.

*Atsushi MIYASHITA¹

1. Seikei Univ.

戦前の鉱物・岩石・地質学に関する教育は、講義形式で暗記を主体とした博物学であった。しかし、東北帝国大学理科大学地質学教室において神津淑祐(1880-1955)の薫陶を受けた福田 連(むらじ, 1885-1969)は、1925年設立の旧制成蹊高等学校において、独自に鉱物・岩石・地質学の教材を開発し、実験観察を中心とした地学教育を実践していた。

成蹊学園は、日本が西欧と肩を並べて発展するため、優秀な科学技術者養成の必要性を認め、理化館と呼ばれる理数系専用講義棟を建築し、ドイツ製偏光顕微鏡やクランツ標本など旧帝国大学教室に匹敵する機材を整備して、福田を支援した。また、福田の助手であった地理学者で地形模型製作者の西村健二(1906-1959)は、精密な教育用立体地形模型を数多く制作し、これも地形学・地質学の授業に組み込まれた。この授業を受けた旧制高校生からは、鉱床学の立見辰雄(1916-1997)など、多くの地質学者や地質技術者が輩出した。

福田は、これらの教材を「実験鉱物地質学Ⅰ(福田, 1932)と実験鉱物地質学Ⅱ(福田, 1940)」という書籍にまとめて公表したが、当時の地学教育関係者には受け入れられなかったと見られ、現在の地学教育史においても、ほとんど取り上げられることがない。これは、神津の実験的な岩石学・鉱物学が、当時は理解されにくかったことと共通性があると考えられる。

福田は、第二次世界大戦前に満州帝国国務院大陸科学院地質調査所所長に転じ、戦後は民間企業でエンジニアとしてショットピーニング技術の研究と普及に努め、教育界に戻ることはなかった。新制となった成蹊中学高等学校では、内田信夫(1920-2015)らにより、実物を用いたり、手を動かして地形を解析したりすることを通じて、生徒たちが主体的に学ぶ教材として福田らの遺産が受け継がれ、現在に至っている。

福田 連, (1932), 実験鉱物地質学Ⅰ, 昭晃堂, 362頁.

福田 連, (1940), 実験鉱物地質学Ⅱ, 昭晃堂, 212頁

Keywords: Geoscience Education, Experimental Mineralogy and Geology, Muraji Fukuda, Shukusuke Kôzu, Old system Seikei Senior High School

Teaching materials for ICT in education based on regional geology: Research with iPads on river bed gravels on the Hanno Riverbank, Saitama Prefecture

*Kiyoshi KATO¹, Yoko ABE², Shiori OKADA², Fumito ISHIBASHI³, Ryota TAGUCHI³

1. Komazawa University, 2. Seibo Gakuen, 3. Kasukabe Kyoei High School

〔はじめに〕埼玉県飯能市入間川上流の飯能河原は、飯能駅や聖望学園から近く、徒歩で簡単にアプローチできる場所である。聖望学園では、数年前から全教科でiPadを使った授業が行われている。聖望学園の格別なご協力を得て、生徒たちから有志を募ってiPadを使った飯能河原の礫を調査させる実習を何度か行おうとした（2021年7月～11月）。残念ながら、コロナ禍などで実現しなかったが、著者らは教員研修をかねてこの教材を使って飯能河原の礫の調査を行った。本稿では、地域地質を活かした教材として、iPadを使った作成例・実践例を紹介するとともに、調査結果を基に、礫の供給源について考察する。

〔地形〕飯能河原は、関東山地と関東平野のほぼ境界に位置する。東方では、関東山地から関東平野に向かって、高麗丘陵（飯能丘陵）と加治丘陵（阿須山丘陵）が半島状に突き出し、それらにはさまれて、台地と低地が形成されている。

〔地質〕飯能河原の西方（関東山地東部）には、主に、秩父累帯のジュラ紀～白亜紀前期の付加体が分布する（例えば、Hisada, 1983；指田, 1992）。また、その秩父累帯中軸付近には、周辺の付加体とは異なる黒瀬川岩石と考えられる地質体が点々と露出する（例えば、島村ほか, 2003；加藤, 2016；加藤, 2017）。飯能河原の露頭や河床には、秩父累帯のジュラ紀～白亜紀前期の付加体中の緑色岩、チャート、砂岩が露出する。

飯能河原の東方の丘陵には、秩父累帯のジュラ紀～白亜紀前期の付加体の上に乗る前弧海盆堆積物である上総層群相当層の飯能（礫）層・仏子層・多摩ローム層が分布する（例えば、竹越ほか, 1979；庄田ほか, 2018）。また、台地には更新世後期以降の海成層・陸成層・ローム層が分布する。低地には沖積層が分布する。

〔作業手順〕飯能地域の地形・地質、調査の心構え・日程・調査道具・作業手順・礫種の鑑定のコツ（写真付き）、小レポートの書き方を生徒達にあらかじめ知らせるために、PDFファイルのテキストを作成した。また、生徒が書き込むための提出用「河原の石の調査レポート」ファイルも作成した。それらをクラウド上のMetaMoJi Classroomにインポートした。WiFiが使える場所で、iPadなどでファイルを一度開いておけば、学校だけでなく、自宅や調査地域でも、テキストを読むことができる。

飯能河原で、上記のファイルを使って地形・地質の説明を行った後、礫の調査を行なった（約2時間）。1. 位置確認。2. 石の採取。縦横1m×1mの枠を設定。淘汰度の記録。枠内の約3cm以上の礫を採取。3. 石の仲間わけ。4. 鑑定（ファイル上の写真・文章を参考にする）とiPadで写真撮影。5. 計測・観察など。礫種ごとに円率や個数の記録。6. データの共有。7. 礫種の構成比（%）の計算。

〔礫種の調査結果〕チャート, 118個（約60%）；砂岩, 69個（約35%）；珪質泥岩, 1個（約0.5%）；泥岩, 1個（約0.5%）；礫岩（飯能礫層）, 2個（約1%）；緑色岩, 5個（約2.5%）；弱変成砂岩, 2個（約1%）；人工物, 1個（0.5%）。枠外の礫：弱変成チャート, 石灰岩, ホルンフェルス, メタガブロ, 花崗岩類。

〔実習に関する考察〕地域地質を活かしたICT教材による教育によって、生徒と先生の作業が効率化するばかりではなく、生徒たちは総合的な理解を深めることができる。例えば、生徒たちに、撮った写真をiPad小レポート用紙に貼り付けさせたり、記載を書き込めさせたりすることができる。自主的にリンク先に飛んだり、ネット上で色々なことを調べることもできる。先生方は、生徒達の書き込み状況をチェックし、きめ細やかな指導ができる。また、紙媒体を使わずにレポートの添削・評価を行うこともできる。今後の課題は、現地でのWiFiルーターなどの使用である。

〔礫の供給源に関する考察〕大部分の礫は、上流の秩父累帯の地質体に由来する可能性が高い。その内、メタ

ガブロや弱変成岩類の礫は、黒瀬川帯（例えば、加藤，2017）からもたらされた可能性がある。花崗岩類の礫は飯能礫層にも含まれるが、元々、多摩川や入間川上流の黒瀬川岩石由来の可能性もあるので、今後、放射年代の研究が必要であろう。

〔文献〕 Hisada, 1983, Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B. 4, 99-119. 加藤，2016，駒澤地理，52，81-93. 加藤，2017，駒澤地理，53，73-85. 指田，1992，地学雑，101，573-593. 庄田浩司ほか，2018，地球科学，72，59-72. 島村ほか，2003，地質雑，109，116-132. 竹越 智ほか，1979，地質雑，85，557-569.

Keywords: regional geology, the Hanno Riverbank, gravel, ICT, teaching materials

Outreach activities targeting teachers

–Kobe Geology and Topography Study Group/Kobe Geo study Meeting–

*Toshio ARIMICHI^{1,2}

1. Kobe Municipal Ibukidai Junior High School, 2. Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo

【活動の背景】

中学校学習指導要領(平成29年告示)によると、「大地の成り立ちと変化」の学習の中では、「身近な地形や地層、岩石などの観察を通して、土地の成り立ちや広がり、構成物などについて理解するとともに、観察器具の操作、記録の仕方などの技能を身に付けること」とあり、「身近な地形や地層、岩石などの観察」については、学校内外の地形や地層、岩石などを観察する活動とすることとある。しかし、日々の授業の中で身近な地形や地層のフィールド調査をすることは難しい。

2018年の神戸市中学校教育研究会理科部会の調査では、中学校教員の中で地学を専門とする教員は8.9%、地学分野を指導することを苦手と考えている教員は、50.7%であった。また、兵庫県南部地震を体験している教員も半分以上となり、神戸で起こった過去の自然災害（水害・地震など）を授業で語れないだけでなく、神戸の地質・地形について理解していない教員が多いことがわかっている。

六甲山は断層によってできた山であるが、六甲山はマグマ由来の花崗岩でできていると説明をすれば、六甲山は火山だと思いこむ生徒もいる。一般市民も同じで、「私たちのすむ神戸」にある山であるにもかかわらず、その生い立ちはあまり理解されていない。

1970年ごろから、地球科学の世界では大きな意識変革「プレートテクトニクス革命」・「放散虫革命」などがあった。このころ神戸では、藤田和夫先生・前田保夫先生・觜本格先生らにより、神戸地域の地質について詳しい調査が行われ、数多くの研究の成果が発表された（5万分の1図幅「神戸地域（1983）, 須磨地域（1984）」、神戸市教育研究所発行の神戸の自然シリーズ「六甲の断層をさぐる（1979）」「神戸の地層を読む 1（1983）」「神戸層群の化石を掘る（1987）」「神戸の地層を読む 2（1989）」「アカシ象発掘記（1988）」「六甲山はどうしてできたか（1989）」など）。現在でも神戸の地質を考える際の基盤となっている。

神戸は昔から自然災害による被害を受けてきている。「地震災害（1995年兵庫県南部地震）」、「水害（652年から1938年までに72回の洪水・土砂災害が発生。近年の水害としては、阪神大水害（1938）がもっとも大きい）。このような自然の脅威を防ぐことはできないが、災害を最小限にすることはできる。また、防災教育の基礎としても、地質や地形を正しく理解しておくことは大切である。

【活動の趣旨】

- ① 神戸で理科教育に携わる教員は、神戸の地質や地形を正しく理解しておきたい。そのためには『学び』が必要であるが、文献や論文から学ぶだけでなく、専門家らのレクチャーや会員相互によるディスカッション、フィールドワークを通して『深い学び』につなげる。
- ② 「学び」を大切にしていく。学ぶ（学習）は、能動的に学んで身につけることである（勉強は、強く勉めることである）。この会への自発的な参加が、「学び」の姿勢の表れである。
- ③ 元神戸市中学校理科教員の觜本格先生（かがく教育研究所長、元神戸親和女子大学教授）は、前述の通り神戸の地質・地形についての草分け的存在である。本会では学術考証役としてご指導いただく。

【活動の内容】・・・月に1回程度実施

- ① 学習会（参加者の発表等）
- ② フィールド調査

【これからの展望】

- ① 神戸の理科教員として知っておいてほしいジオサイトを整理した上で資料を提示し、効果的な指導法や教材化の研究を進めたい。GIGAスクール下で、地質・地形情報のWebメディアを構築し、各ジオサイトの写真動画を自由に閲覧できるという教材の利用法についての研究も進める。
- ② 防災教育の観点からのアプローチも取り入れ、科学的リテラシーを高める教材化の研究にもつなげる。

Keywords: Outreach activities, teachers, Geology and Topography, Study, Geoscience Education, Kobe

The role of earth science in disaster prevention education

*Toshio ASANO¹

1. None

日本は世界でも指折りの、四季が豊かで自然に恵まれた国である。その一方で地震や火山が多く、台風や津波などの災害も数多く受けてきた。災害による被害軽減を実現するためには、社会の防災・減災力を向上させることが重要であることは広く認められている。そして、その根底には、災害全般に対する理解が必要であり、その基本部分は、学校教育で学ぶことがふさわしい。

小中学校の1947年の学習指導要領、社会科編（Ⅱ）では、自然の災害をできるだけ軽減するにはどうすればよいか」という防災に関する内容が、1単元となっていた。

しかし、1955年度の指導要領の改訂で、「系統主義」と呼ばれるカリキュラムへと変化し、1958年に改訂された指導要領での中学校の社会科では、地理的分野の内容として触れられているが、自然環境の特色は生産活動との関係で捉えさせることが中心で、その関係として災害にも触れられている程度であった。一方、理科においては、第2分野において「地震のおもな災害と、その防止の方法について知る。」という内容で、地震に限って防災に関する内容が取り扱われていた。そして、1989年の改訂では、ついに中学校の社会科から防災教育の内容が姿を消した。

この流れを大きく変える契機となったのは、1995年の阪神・淡路大震災である。震災で顕在化した災害の人的・社会的側面が重視され、幅広い視点から防災教育の充実化が図られた。そして、2011年に発生した東日本大震災による大津波は、「生きる力」を児童生徒に育む必要性を強く認識する契機となった。

高等学校でも、戦後新たに発足した科目「地学」で、恩恵（資源）と災害（防災）という自然の両面を扱うことを通して、人間と自然環境の関わりを認識し、その保全に対して自らも参画し、意思決定する態度を育成することが目指されていた。また、「地理」は、自然地理学から人文地理学まで様々な分野を扱っている。そのなかで、当然、防災も含んでいる。一時、選択科目となった地理は、今回の学習指導要領の改定で「防災教育は地理だけでなされるわけではないが、高等学校では「地理総合」で防災が主題となることから、地理が防災教育の中核となり、地理的な見方・考え方を働かせながら、中学校までの地理をはじめとし、他教科で学んだ知識をも活用しながら防災の学習が行われる。」とあり、「地理総合」として必修科目となった。

地理総合で、防災教育はどのように扱っているか。気象災害だけでも、大雨、水害として土石流、河川の氾濫、台風被害などが写真を使って紹介されている。さらに、減災への取り組みとして、ハザードマップでの実習、防災訓練なども紹介している。教科書「新地理総合」（帝国書院）は、本文177ページ中、自然環境、防災関連は64ページ（36%）で、世界の地形と人々の生活、世界の気候と人々の生活、多様な地球環境問題（含む地球温暖化）と地震（津波）、火山災害、気象災害とあり、このような災害への備えも出ている。

地理総合では、「日本の風土に見合う防災のあり方について」すなわち長期的課題・実践的内容については学習している。その他にも、DIGによる「共助」のしくみの理解、防災機関の対応や「公助」のしくみなど実践的内容については学習している。しかし、基礎的内容である「自然そのもののメカニズム」や「自然現象が災害を引き起こす過程についての理解」については、地学でしか扱っていない。

防災教育の必要性がいわれるなか、多岐にわたるため多くの教科での学習が必要である。本来、高校教育として防災教育を位置づけるのであれば、全員が学ぶ必修教科であったり（地学基礎などは選択科目）、総合的な学習の活用が考えられる。1/4の生徒しか履修していない「地学基礎」（地学専門の先生は少ない）だが、「地球環境の変化に伴う影響」で、地球温暖化と大雨なども扱っている。必修である防災教育は、地理総合の必修化によって改善されたように見えるが、まだ総合的な科学である防災教育ができているとはいえない。

参考文献：学習指導要領（1947年、1958年、1968・69年、1977年1989年、1998年、2009年、2018年発行の小学校、中学校、高等学校）、文部（科学）省 他

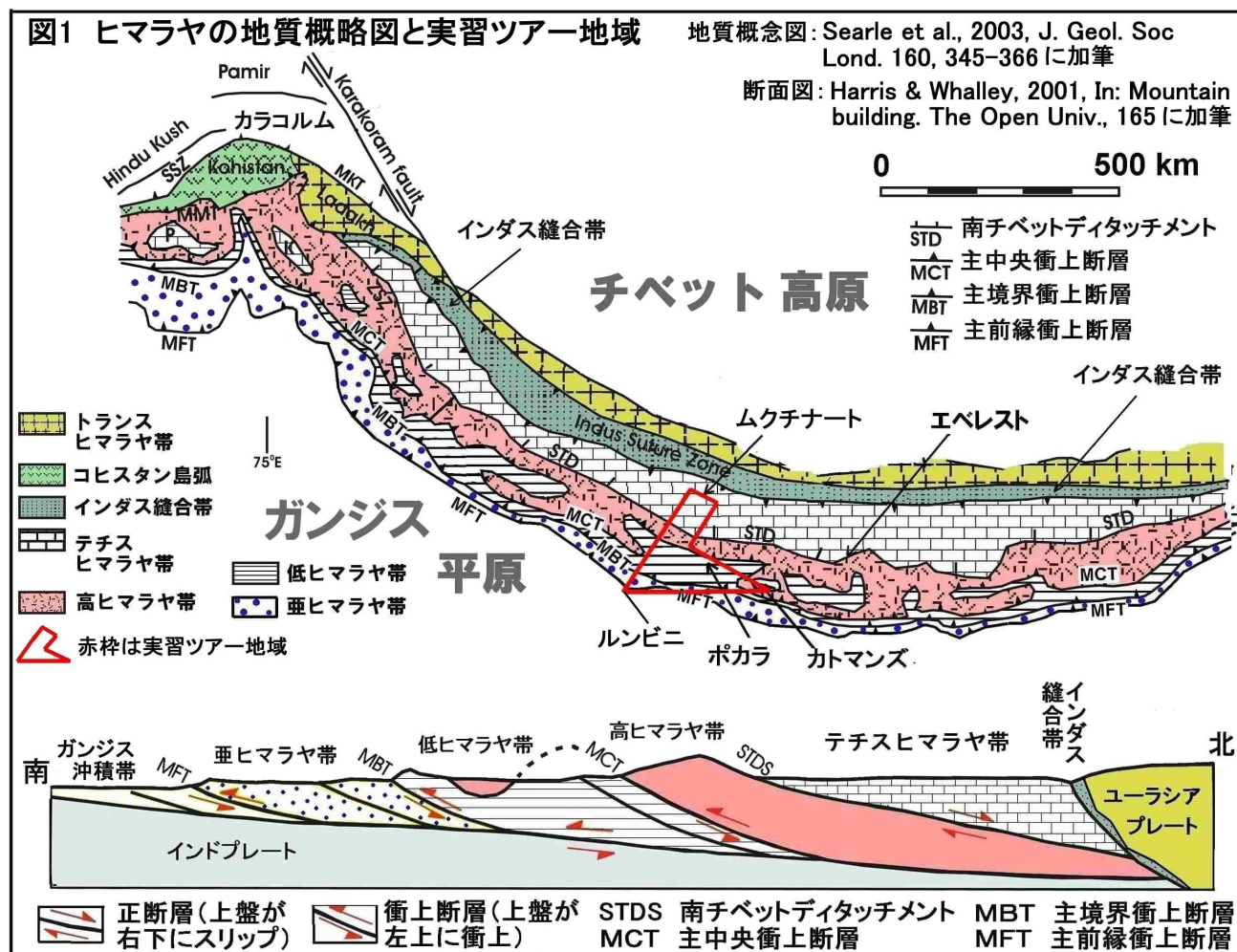
Student Himalayan Field Exercise Program 10 years

*Masaru Yoshida^{1,2}, Project STUDENT HIMALAYAN FIELD EXERCISE

1. Gondwana Institute for Geology and Environment, 2. Tribhuvan University (Emeritus Professor)

「ヒマラヤの地質は、そこを歩いた学生に大きなインパクトを与えるだろう。そのインパクトは日本の学生と教員の中にわずかつつでも広がって行くだろう。野外実習が軽視される最近の日本の大学教育を補強し、あるいはいずれそれに歯止めをかける力になるかもしれない」との期待（吉田、2014）で2012年に始まった学生のヒマラヤ野外実習ツアー（SHET）は、学生のヒマラヤ野外実習プロジェクトによる立案・発注を受け、ゴンドワナ地質環境研究所（GIGE）を実施主体、ネパール国立トリブバン大学トリチャンドラキャンパス地質学教室（TU）を共同実施主体としてコロナ感染症問題で休止した2021年を除いて2022年3月まで10年間毎年行なわれてきた（Student Himalayan Field Exercise Project HP, 2022）。実習ツアーはネパールヒマラヤ中西部をバスで北から南に横断し、テチスヒマラヤ帯－高ヒマラヤ帯－低ヒマラヤ帯－亜ヒマラヤ帯－ガンジス沖積帯の地質・地形・自然災害を10日間程で観察する（第1図）。実習ツアーのコースと日程は毎年ほぼ同一ではあったが、年を追って実習内容とロジスティックスが少しずつ変化した。詳細は毎年の実習ツアー報告書（吉田、2022ほか毎年発行されている）で見ることができるとともに、本学術大会でもポスターで報告した（吉田・学生のヒマラヤ野外実習プロジェクト、2022）。10年間の参加者は日本、ネパール、インド、中国の28大学2高校の学生・生徒139人と市民11人であった。航空運賃など全ての経費を含む学生の実習ツアー参加費は138000円～201000円で10年間の平均は約169000円であった。毎年実習ツアーでは寄付金収入があるため、参加費は実際の経費より数万円安価であった。実習ツアーは10年間無事故で、重大な健康問題も発生しなかった。本プロジェクトに対する実習ツアー参加者の評価は高く、ヒマラヤの地質のすばらしさに加えて、英語の実習テキスト（Yoshida & Ulak, 2017）の活用とトリブバン大学生らとの緊密な交流による英語環境への親密感の高揚が特筆された。発表では実習ツアー10年間のハイライト、ロジスティックス、参加者構成、ツアー経理、評価と成果を報告する。なお、来年以後のSHET参加学生の参加費補助を目的として、学生のヒマラヤ野外実習プロジェクト主宰による通年常時受け付けのクラウドファンディング「学生ヒマラヤ学生にヒマラヤで学ぶ機会を！」を立ち上げ、広くご関心の皆様にご支援をお願いすることにしました。趣旨にご賛同、ご興味の方は下記「学生ヒマラヤCFサイト」（www.gondwanainst.org/shet-cf）をご覧下さるよう、お願いします。引用文献 学生のヒマラヤ野外実習プロジェクトHP, 2022, www.gondwanainst.org/geotours/Studentfieldex_index.htm 吉田勝, 2014, 学生のヒマラヤ野外実習プログラムIープロジェクトの発足とプログラムの準備. 地学教育と科学運動, 73, 57-62. 吉田勝, 2022 (編), ヒマラヤ造山帯大横断2022ー第10回学生のヒマラヤ野外実習ツアー2022年3月の記録. フィールドサイエンス出版, 191頁. <https://www.data-box.jp/pdir/8d74595d276149a99b6ffac68d9b6391> 吉田勝・学生のヒマラヤ野外実習プロジェクト、2022、第10回学生のヒマラヤ野外実習ツアー（2022年3月）報告と第11回実習ツアーへの誘い。日本地質学会2022年学術大会ポスター発表。Yoshida, M. and Ulak, P.D., 2017, Geology and Natural Hazards along Kaligandaki and Highways Kathmandu-Pokhara-Butwal-Mugling –guidebook for Student Himalayan Exercise Tour--. GIGE Miscellaneous Publication No. 35, Field Science Publishers, Hashimoto, 145 pages. [1] 第18回ゴンドワナからアジア国際シンポジウム（2021年9月）で一部を発表。[2] ゴンドワナ地質環境研究所, トリブバン大学（名誉教授）。[3] 世話人会：吉田勝（代表）、在田一則（北大総合博物館）、酒井哲弥（島根大理工学部）、ウブレティB. N.（ネパール科学技術アカデミー）

Keywords: Himalaya, Student field exercise, Field exercise tour



Significance of sand collection and its applications in museum

*Takeshi NAKAJO¹, Takanori BESSHO¹

1. Osaka Museum of Natural History

「砂」は私たちの周りにありふれたものであるにもかかわらず、資源としての砂は世界的に枯渇してきているといわれている（Torres et al., 2017 ; UNEP, 2019）。建設資材、工業材料などに大量の砂が採取されることで、砂資源の枯渇だけでなく、環境改変による生物種の減少や絶滅、海岸侵食による砂浜環境の消失など、自然環境への影響も非常に大きくなっている。地質学的側面から見れば、砂は河川を流下する過程で、破壊・摩耗・選別され、また他流域からの砂と混合する。やがて海に流れ出て、波でさらに選別されて海浜に堆積し、その地域に特有の砂組成となる。すなわち、地質や生物の多様性と同様に、それぞれの地域・環境に堆積する砂も、その場所ごとの多様性を有しているといえる。多くの人の知らぬ間に砂資源が危機的状況を迎えている現在、砂の多様性が軽視されていることは、地球環境を考える上で看過できない問題である。

多種多様な自然のアーカイブを目的の1つとする自然史系博物館では、砂の多様性が維持されている現在のうちに、砂の標本およびその情報を集めていく必要がある。一方で、砂は多くの人にとって安全かつ身近に接することのできる多様な地域性を持った地質学的素材であるといえる。砂に関する普及教育活動を行うことで、多くの人に砂粒子の背後にある砂の成り立ちや地球の歴史を伝えることができるであろう。本報告では、大阪市立自然史博物館（以下、自然史博物館）で行っている海浜砂を中心とした砂標本の収集活動と、その砂を活用した普及教育活動について紹介し、地質学分野における環境教育や市民科学についての展望を考察する。

自然史博物館における砂標本は、発表者の1人（中条）が採用されるまではほとんど収集されておらず、また一部の収集された標本についても登録が行われていなかった。これは、堆積学・地質学を専門にしている学芸員が不在だったことに加え、現在ほど砂資源の重要性が認識されていなかったことに起因していると考えられる。現在（2022年6月時点）の自然史博物館の砂標本は、海浜砂を中心にして900資料を超え（未登録標本も含む）、日本国内のみならず海外の砂資料も収集が進んでいる。砂標本の収集に関しては、岩石や化石などの他の地質標本と比べて収集するのが非常に容易かつ安全であることから、市民科学（citizen science）的手法を用いて自然史博物館友の会を中心とした一般市民にも協力してもらっている。一般市民による収集に関しては、砂浜海岸の観察会や講演会を通じて、法令の遵守や砂の採取による環境への負荷について事前に研修を行い、その内容を理解してもらったうえで実施してもらっている。

自然史博物館では全国から収集された砂資料を基に、それぞれの地域の代表的な砂浜や、特徴的な砂組成を持つ資料を選んで、展覧会の開催（テーマ展示「砂浜の砂とその自然」、2021年7月24日～9月26日）やフルカラー冊子の作成（別所・中条, 2021）を行った。これらの展示や冊子を活用して、砂の形成や砂組成・鉱物の観察、そのバックグラウンドである地球の歴史を知るきっかけを提供している。また、砂に関する子ども向けワークショップを開催し、砂の観察を通じて子どもたちへの砂に対する見方・理解を深めることを試みている（山中ほか, 2019）。

これまで砂は私たちの生活の中で身近な素材でありながら、自然史資料的価値や教育的素材、地域学習の教材として十分に活用されてこなかった面がある。今回紹介した事例では、砂、特に砂浜の砂の収集によって砂の地域性や多様性を明らかにし、環境教育や自然環境保全、地域学習を博物館活動を通して進めてきた。また、砂標本の収集に市民科学的な手法を取り入れて資料収集を行うことで、市民への地質学への理解を促進させるとともに、環境問題に目を向けるきっかけになることが期待される。砂粒子は地域ごとに異なった組成を持ち、地域に根ざした自然科学や理科の学習、自然環境の保護と地域の地質を学ぶのに適切な素材であるといえる。

文献：別所・中条（2021）大阪市立自然史博物館。74pp. ; Torres, A. et al., (2017) Science, 357, 970-971. ; UNEP (United Nations Environment Programme) (2019) UNEP, 35pp. ; 山中ほか（2019）日本堆積学会2019年大阪大会プログラム・講演要旨, 46-47.

Keywords: sand, museum collection, citizen science, environmental education

Network-based Remote Laboratory in Distance Education: Scanning Electron Microscopy Experiment

*Soichi Omori¹

1. The Open University of Japan

放送大学の遠隔教育における、ネットワークを利用したリモート実験室を紹介し、走査型電子顕微鏡観察実験の実施例と学生評価の結果を紹介する。

機器を使用した分析実験体験は、科学教養教育の一環として重要である。放送大学では、各都道府県に配置された学習センターにおけるスクーリング（面接授業）で、各種実験科目を開講し、教養としての科学実験科目を提供している。しかし、各学習センターで、高額でメンテナンスの必要な機器を利用した実習に対応することは、予算、スペース、人力的な問題を含んでいる。以上の遠隔教育の状況をふまえ、私たちは、最近の分析・観測機器の特性を活用して、リモート・オンラインで機器を用いた実験実習を提供することを目指して、リモート実験室の構築を計画した。その背景には、多くの分析・観測機器がコンピュータコントロールに移行しており、ネットワーク経由での遠隔操作で主な機能を操作することが可能になったことが挙げられる。リモート実験室は、実際に機器を操作するという点で、コンピュータ上に仮想実験室を構築するバーチャルラボとは性格が異なる。

この計画の第一弾として、走査型電子顕微鏡観察実験を面接授業、およびオンライン講義で実現する方法を紹介する。使用機器には、電源のオンオフと試料交換以外の分析操作をWindowsのアプリケーション上で行う走査型電子顕微鏡(日立ハイテック製TM3030型)を用いた。TM3030は、USB接続されたPC上で操作ソフトを介して操作する。PCのOSは、MS-Windows 8.1proである。このPCをリモートでコントロールすることで、TM3030を外部から利用することが可能となる。本研究では、Microsoft Remote Desktopを利用する方法と、zoomの共有機能を利用する方法の2通りの方法で、リモート実験を実現した。

Microsoft Remote Desktopは、MS-Windows 8.1proに標準で搭載されているデスクトップ共有機能である。接続のクライアント側は、MS-Windows, MacOS, iOS, Androidが利用可能で、MS-Windows以外の環境では、マイクロソフト社が無料で提供するクライアントアプリを使用する。リモートデスクトップ機能により接続した後は、TM3030操作ソフトを起動して、あたかも装置の側に座っているかのように、TM3030を操作可能である。およそ5Mbps程度のインターネット回線速度であれば直接操作とほぼ同じ感覚で操作できる。

2021年度よりZoomを用いたオンライン授業が開始されたため、あらたな共有形態としてzoomによるアプリケーション画面の共有とコントロール機能を用いた実験方法を導入した。この方法では、複数の受講者が同時に実習を行うことが可能であり、実習中に講師が解説を付与したり、受講生間で議論・提案しながら観察を進めるなど、より双方向性の高い実習が可能である。

放送大学では、2015年度から地球科学に関する面接授業において、および2020年度からはオンライン授業においても、これらの方法によるリモート実験を実施してきた。接続、操作方法は手順書や動画により説明している。観察の対象は、火山灰、砂漠の砂粒子、微小化石（有孔虫、珪藻）、温泉沈殿物などで、探索と形態観察に基づく考察を課題としている。受講生の感想では、電子顕微鏡という装置を操作するという経験、バーチャル実験とは異なり本当に自由に操作できること、探索操作の面白さ、高倍率観察による感動などが、ポジティブな評価としてあげられる。一方で、一部の受講者からは、自由すぎて途方に暮れた。ガイドツアーつきの観察を希望するという感想が寄せられた。受講生の多様なリテラシーレベルへの対応が今後の検討課題であると言える。

Keywords: distance education, scanning electron microscope, desktop sharing, remote laboratory

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

[1oral308-11] T1. [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Ryosuke Oyanagi

Sun. Sep 4, 2022 2:30 PM - 3:30 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[T1-O-1] K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of biotite and hornblende from Akasta gneisses in Slave Province, Canada

Megumi SATO, Hironobu HYODO², *Tetsumaru ITAYA¹ (1. Japan Geochronology Network, 2. Okayama University of Science)

2:30 PM - 2:45 PM

[T1-O-2] The LA-ICP-MS U-Pb ages of garnet and geochemical characteristics of skarn in the Kamaishi skarn deposit, Iwate, Japan.

*Mayuko Fukuyama¹, Masatsugu Ogasawara², Kenji Horie³, Mami Takehara³ (1. Akita University, 2. Zipangu Geoscience Laboratory, 3. National Institute of Polar Research)

2:45 PM - 3:00 PM

[T1-O-3] Modification of preferred orientation of tabular minerals by plastic deformation: a 2D simulation with the March model

*Toshiaki Masuda¹ (1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards)

3:00 PM - 3:15 PM

[T1-O-4] Seismo - Crystal Diagram in Shear Crack Jog of the Plate Boundary Metamorphic Rocks

*mitsuhiro TORIUMI¹ (1. Japan Agency for Marine Earth Science and Technology)

3:15 PM - 3:30 PM

K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of biotite and hornblende from Akasta gneisses in Slave Province, Canada

Megumi SATO, Hironobu HYODO², *Tetsumaru ITAYA¹

1. Japan Geochronology Network, 2. Okayama University of Science

カナダのSlave地質区は、カナディアンシールドの北西端にある始生代の花崗岩-表成岩の分布地帯である。表成岩の岩石は、主に変成されたタービダイトと苦鉄質から珪長質の変成火山岩で構成されている。Slave地質区には、2.7～2.5 Gaの火成・変成岩だけでなくより古い片麻岩も分布している。その東はThelon変動帯（2.0～1.9 Ga）、西はWopmay変動帯（1.9～1.8 Ga）に境されている。アカスタ片麻岩はSlave地質区の最西端のWopmay変動帯と接する部分とそれより地質区内部に露出している。Bowring et al. (1989, *Geology*)のジルコンSHRIMP U-Pb分析により、スレーブ地質区のAkasta片麻岩の源岩は地球表層岩としては最も古い(3.96Ga)とされた。Wopmay変動帯とAkasta片麻岩の境界を通る東西18 kmに及ぶトラバースに沿って27個の岩石試料を系統的に採集し、その岩石から黒雲母と角閃石を分離しK-Ar ($^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$) 年代測定を実施した。その目的はWopmay変動がAkasta片麻岩に影響を与えたかどうかを見るためである。もし与えたとすればその影響の強さと範囲を明らかにするためである。そのためにWopmay変動帯からも4試料採集しその黒雲母のK-Ar年代測定を実施した。Bowring et al. (1989)の研究で採集された試料付近からも試料を採集し、年代測定を実施した。Wopmay変動帯の黒雲母K-Ar年代は1810～1854Maでありこれまでに知られていた年代と誤差の範囲で一致した。Akasta片麻岩の黒雲母K-Ar年代は特に若い1試料(1711Ma)を除くと1779～1884 Maであり、年代のばらつきの範囲はWopmay変動帯のそれより少し広いが誤差の範囲で大きな差がない。Wopmay変動帯から14～18km東側のAkasta片麻岩の黒雲母K-Ar年代はWopmay変動帯の黒雲母K-Ar年代と誤差の範囲で一致する。Akasta片麻岩の角閃石K-Ar年代は1685～1952Maであり、黒雲母の年代幅より大きい。より古い試料とより若い試料の存在がその幅を広くしている。しかしながら誤差の範囲内でWopmay変動の年代と大きな差はない。レーザー段階加熱 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 単結晶年代測定も実施した。Wopmay変動帯の3試料からの黒雲母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代スペクトルはプラト一年代が定義された(1826±21, 1885±13, 1866±18 Ma)。このプラト一年代はK-Ar年代と誤差の範囲で一致している。Akasta片麻岩の5試料中2試料からの黒雲母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代スペクトルもプラト一年代が定義された(1935±14, 1951±11 Ma)。このプラト一年代はWopmay変動帯の黒雲母プラト一年代より少し古い結果であった。角閃石の年代スペクトルはイレギュラーであった。しかし13試料中の1試料でプラト一年代が定義された(1847±15 Ma)。このプラト一年代はWopmay変動帯の黒雲母プラト一年代に一致している。Wopmay変動帯に近いAkasta片麻岩はWopmay変動（1.9～1.8 Ga）の影響を強く受け、黒雲母と角閃石のK-Ar系がリセットされたと結論される。一方、Wopmay変動以降の局所的な熱源の影響で部分的な若返り現象もあったと言える。

Keywords: Slave province, Akasta gneisses, biotite - hornblende, K-Ar ages, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages

The LA-ICP-MS U-Pb ages of garnet and geochemical characteristics of skarn in the Kamaishi skarn deposit, Iwate, Japan.

*Mayuko Fukuyama¹, Masatsugu Ogasawara², Kenji Horie³, Mami Takehara³

1. Akita University, 2. Zipangu Geoscience Laboratory, 3. National Institute of Polar Research

銅・鉄スカルン鉱床である釜石鉱山は、北上山地の中央東部、早池峰構造線の南西に位置し、中・古生代堆積岩中の石灰岩と白亜紀初期の蟹岳複合岩体との接触部にスカルンを形成している。釜石鉱山周辺で主に分布するのは、石炭系・二畳系の堆積岩、蟹岳複合岩体、栗橋花崗閃緑岩、ひん岩であり、蟹岳複合岩体の周囲にスカルン及び鉱床が胚胎される。過去の地質学的研究や酸素・炭素同位体の研究、古地磁気学的研究から、閃緑岩及び閃緑ひん岩の貫入後に蟹岳花崗閃緑岩が貫入し、蟹岳花崗閃緑岩の貫入に伴ってスカルン化及び鉱化作用が起こったことが明らかとなっている。本研究では、釜石鉱山に産する火成岩類及びスカルンの化学的特徴を検討し、火成活動とスカルン鉱化作用の時期を明らかにするため、LA-ICP-MSを用いてスカルン中のザクロ石のU-Pb年代測定を行った。本研究で検討した釜石鉱山新山鉱床中のザクロ石スカルン中のザクロ石の組成範囲は $\text{Grs}_{50-60}\text{And}_{32-43}\text{Hgr}_{4-6}\text{Pyp}_{0-2}\text{Sps}_1$ とグロシュラー成分に富み、また佐比内鉱床中のザクロ石の組成範囲は $\text{And}_{66-80}\text{Grs}_{16-33}\text{Pyp}_{0-3}\text{Sps}_{0-1}\text{Hgr}_{0-1}$ とアンドラダイト成分に富む。これらグロシュラー成分に富むザクロ石とアンドラダイト成分に富むザクロ石の年代測定を試みると共に微量元素を含む化学的特徴を検討した。U-Pb年代測定では、放射壊変で生じた鉛を測定するため、初生鉛は少ない又は含有しないほうがよいが、ジルコンのような珪酸塩鉱物に比べ、ザクロ石は初生鉛を多く含む。ウランの放射性壊変で生じた鉛に比較して初生鉛が多いと、精度の良い年代測定は困難となる。そのため、ウランがある程度含有される必要がある。ザクロ石中のウラン濃度の分布は一般的に不均質であることから、ウラン濃度の高い領域を測定することが望ましい。そのため、ザクロ石中のウラン濃度とその他の元素の相関も検討した。秋田大学理工学研究科に設置されたLA-ICP-MS (ESI NWR193UCとAgilent 7700x) を使用した。一次標準物質には、91500ジルコン、QC04ザクロ石を用い、二次標準物質としてIUC-1ザクロ石を用いて分析を行なった。ザクロ石のU-Pb年代は、 120.7 ± 8.7 Ma (U濃度0.1-4.3 ppm) と 116.3 ± 3.8 Ma (U濃度 0.2-2.2 ppm) と得られ、これらの結果は蟹岳花崗閃緑岩から得られたジルコンのU-Pb年代値 (123.43 ± 0.70 Ma) と誤差範囲で一致した結果を示した。またザクロ石中のウラン濃度はチタンと正の相関を示し、ザクロ石中のチタン濃度がウラン濃度の指標となる可能性がある。

Keywords: Garnet U-Pb dating, LA-ICP-MS, Skarn, Garnet, Kamaishi

Modification of preferred orientation of tabular minerals by plastic deformation: a 2D simulation with the March model

*Toshiaki Masuda¹

1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards

板状鉱物の形態選択配向の変形による改変：マーチモデルを用いた2次元シミュレーション 増田俊明（静岡大学）板状鉱物のpreferred orientationにより生じる面構造（スレート劈開や片理）の形成過程について、ランダム粒子回転説に基づいたマーチモデル (March, 1932) を用いて解析した。★ 発端 上記面構造は変成岩の変形解析を行う場合に必ず意識する構造である。野外でその走行や傾斜を計測し、薄片を作成する際にもその方向を意識して岩石の切断を行うのが普通である。面構造の成因については1815年以来多くの議論がなされてきたが、依然として納得できる解釈には到達していない(e.g., Wenk et al., 2020)。1970年～80年代に盛んに議論が行われたが、当時のコンピューターの計算速度が十分でなく、randomnessをuniformで代用して簡略的なシミュレーションを行ってきたのが、あいまいさの最大の原因であると考えられる。★ マーチモデル 変形場に置かれた線分（両端の2点で規定）は、一様変形に伴い座標が変化する（アフィン変換）。2点の座標の変化は、結果としてその線分の方位の変化に現れる(March, 1932 を参照されたい)。★ 目標 片理面と歪楕円の関係を徹底的に調べる事（片理面は歪楕円の長軸と平行だと思っている研究者が多いが・・・それは本当なのか??）★ 本シミュレーションの特徴（これまでの研究との違い）（1）扱う粒子数を最大100万個にまで拡張した。（2）simple shear とpure shear を端成分とする広い範囲のvorticity に対応した。

（3）方位分布にvon Mises分布を採用し、片理や劈開の強度を定量化した。（4）粒子配列のrandomnessを定量化した。★ 結果（1）Vorticityは結果に影響しない。（2）変形前の粒子の方位分布が一様の場合とランダムな場合とで、結果は同じではない。（3）測定粒子数が少ないと（例えば<50）、信頼できるデータが得られない。（4）マーチモデルを仮定した歪解析は可能である。（5）歪楕円の長軸と平均方位は、厳密には平行でない。★ 波及 研究者が野外で片理面の走行・傾斜を測定する際に、あるいは岩石を切断し薄片を作る作業を行う際に、その作業の意義と限界を意識するようになるかも？（これまで私は、深く考える事なく面構造に垂直な薄片を作っていた。この研究を進めながら、その事に思い至り・・・）

・）[引用文献] March, A., 1932. Mathematische Theorie der Regelung nach der Korngestalt bei affiner Deformation. Z. Kristall., 81, 285 –297. Wenk, H.-R. et al., 2020. Fabric and anisotropy of slates: From classical studies to new results. Journal of Structural Geology, 138, 104066.

Keywords: March model, simulation, tabular minerals, preferred orientation, plastic deformation

Seismo - Crystal Diagram in Shear Crack Jog of the Plate Boundary Metamorphic Rocks

*mitsuhiro TORIUMI¹

1. Japan Agency for Marine Earth Science and Tecnology

Sealed shear cracks associate abundant jog filled with albite, quartz, chlorite and calcite in the low - grade metamorphic rocks of the plate boundary. These shear crack jog should open at the time of shear crack growth and propagation, of which the shear slip velocity varies in the very wide range from km to nm order per second, suggesting that the volume increasing rate of the jog may become imbalance with the fluid influx from the surrounding matrix. The simulation of the fluid pressure in jog for various slip velocity can be carried out by means of the equation of state and inflow of aqueous fluid in the increasing jog volume controlled by the slip velocity. The results indicate the various patterns of rapid drop of fluid pressure depending on the shear slip velocity before jog collapse. The change in the degree of oversaturation of albite and quartz is inferred by the difference of fluid pressure in jog and matrix, because of saturation equilibrium of them with matrix aqueous fluid. Therefore, it is possible that the crystal shape of albite and quartz in jog is controlled by the degree of oversaturation controlled by the shear slip velocity, that means the speed of the shear crack slip motion. In the case of the fast earthquakes, the degree of oversaturation reaches over unity, and thus the crystal shape may be dendritic, but in the medium speed slip, it should be flower-like shape, and in the very slow slip event, it may be euhedral shape. The diagram of slip velocity and temperature is divided into the regimes of dendrite, flower, acicular (needle), and euhedral shape.

Keywords: shear crack jog, plate boundary metamorphic rocks, crystal shape in jog