

Mon. Sep 6, 2021

ch1

Oral | R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

[3ch101-11] R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

Chair: Yosataka Hashimoto, Yasuyuki Nakamura, Arito Sakaguchi
8:00 AM - 11:45 AM ch1 (ch1)

[R13-O-1] Geological structures of Permian accretionary complex around the Akiyoshi Limestone, and its possible accretionary process

*Koji Wakita¹, Tomohiro Tsuji¹, Masao Kametaka² (1. Yamaguchi University, 2. Dia Consultants)
8:00 AM - 8:15 AM

[R13-O-2] Pore fluid flow with grain dissolution in consolidated sand stone.

*Takumi MIYAHARA¹, Arito SAKAGUCHI¹ (1. Yamaguchi University)
8:15 AM - 8:30 AM

[R13-O-3] The thermal structure and thermal properties around the Ashizuri granite.

*Shiho Nishizawa¹, Yasutomo Omori², Weiren Lin³, Shun Chiyonobu⁴, Yuzuru Yamamoto¹ (1. Kobe Univ., 2. JAMSTEC, 3. Kyoto Univ., 4. Akita Univ.)
8:30 AM - 8:45 AM

[R13-O-4] Consolidation anisotropy of Quaternary sedimentary rocks in the eastern part of the Boso Peninsula, central Japan

*Masahiro Miyazaki¹, Nana Kamiya¹, Weiren Lin¹ (1. Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University)
8:45 AM - 9:00 AM

[R13-O-5] Effects of surface frictional condition on a subducting seamount

*Yuichi Okuma^{1,2,3}, Atsushi Noda³, Hiroaki Koge³, Yasuhiro Yamada⁴, Asuka Yamaguchi¹, Juichiro Ashi^{1,2} (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. FACULTY OF ENGINEERING, KYUSHU UNIVERSITY)
9:00 AM - 9:15 AM

[R13-O-6] A watershed of the Nankai forearc basin -Origin

of the tectonic swell off the Kii Peninsula and its effect on segmentation of the Nankai seismogenic zones-

*Gaku KIMURA¹, Yasuyuki NAKAMURA¹, Kazuya SHIRAI¹, Gou FUJIE¹, Takeshi TSUJI², Rina FUKUCHI³, Asuka YAMAGUCHI⁴ (1. Japan Agency of Marine Science and Technology, 2. Kyushu University, 3. Naruto University of Education, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)
9:15 AM - 9:30 AM

[R13-O-7] [Invited] Proposal to IODP: Drilling and monitoring in Hyuga-Nada to unveil effects of ridge subduction on slow earthquakes

*Rie Nakata¹, Masataka Kinoshita¹, Yoshitaka Hashimoto², Yohei Hamada³ (1. University of Tokyo, 2. Kochi University, 3. JAMSTEC)
9:45 AM - 10:15 AM

[R13-O-8] [Invited] Overview of IODP drilling active backarc basin, Okinawa Trough: ongoing rifting of Eurasian continental margin

*Makoto Otsubo¹, Co-proponents of scientific drilling Okinawa Trough (1. Geological Survey of Japan)
10:15 AM - 10:45 AM

[R13-O-9] Detailed seafloor morphology and geological structure in the southern part of the Okinawa Trough north off Ishigaki Island

*Ayanori Misawa¹, Ryuta Arai², Masahiko Sato³, Saki Ishino¹, Hiroaki Koge¹, Makoto Otsubo¹, KH-21-3 Shipboard Scientists (1. GSJ, AIST, 2. JAMSTEC, 3. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo)
10:45 AM - 11:00 AM

[R13-O-10] Heat flow distribution in the southern part of Yaeyama Rift, southern Okinawa Trough

*Masa Kinoshita¹, Ayanori Misawa², Ryuta Arai³, Makoto Otsubo², KH-21-3 Scientists (1. ERI/UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC)
11:00 AM - 11:15 AM

[R13-O-11] Examining the characteristics of turbidites in the southern part of Okinawa Trough using numerical experiments based on cores from Expedition KH-21-3

*Zhirong Cai¹, Hajime Naruse¹, Ken Ikehara², KH-21-3 Shipboard Scientists (1. Department of Geology and Mineralogy, Division of Earth and

Planetary Sciences, Graduate School of Science,
Kyoto University, 2. Institute of Geology and
Geoinformation, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology)
11:15 AM - 11:30 AM

Oral | R14 [Regular Session]Tectonics

[3ch112-19] R14 [Regular Session]Tectonics

Chiar:Asuka Yamaguchi, Ayumu miyakawa, Rina Fukuchi
1:00 PM - 3:45 PM ch1 (ch1)

[R14-O-1] Seismogenic source faults in the Tsugaru
Peninsula, northern Honshu, Japan
*Hiroshi Sato¹, Tatsuya Ishiyama², Hideo Saito⁴,
Mamoru Nakata⁴, Naoko Kato³, Susumu Abe⁴ (1.
The University of Tokyo, Shizuoka Univ., 2. The
University of Tokyo, 3. The University of Tokyo, Nihon
Univ., 4. JGI, Inc.)

1:00 PM - 1:15 PM

[R14-O-2] An apparent polar wander path for southwest
Japan records Cenozoic two-phase rotations
with respect to the Asian continent
*Koji UNO¹, Yuta IDEHARA¹, Daichi MORITA¹,
Kuniyuki FURUKAWA² (1. Okayama University, 2.
Aichi University)

1:15 PM - 1:30 PM

[R14-O-3] [Invited]Cretaceous-Paleogene tectonics of the
Akaishi mountains in Southern Nagano
*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹, Yutaka
Takahashi¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)
1:30 PM - 2:00 PM

[R14-O-4] [Invited]Geological study for the Cretaceous
subduction mega-complexes on the central Kii
Peninsula, SW Japan: For unraveling the
tectonics at plate convergent margins
*Yusuke Shimura¹, Tetsuya Tokiwa², Makoto
Takeuchi³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2.
Shinshu University, 3. Nagoya University)

2:00 PM - 2:30 PM

[R14-O-5] The stress inversion of 3D directional data from
calcite e-twins: Accuracy, resolution and paleo-
depth
*Atsushi Yamaji¹, Kei Wakamori¹ (1. Kyoto
University)

2:45 PM - 3:00 PM

[R14-O-6] Differential stresses and minimum burial depths
evaluated from calcite e-twins

*Kei Wakamori¹, Atsushi Yamaji¹ (1. Division of Earth
and Planetary Sciences, Kyoto University)

3:00 PM - 3:15 PM

[R14-O-7] Trench survey on the Chomonkyo Fault in
northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 1):
Results of Trench Observations

Kotaro Aiyama¹, Akira Fukuchi², *Takahiro Iida³ (1.
Central Research Institute of Electric Power Industry,
2. Hanshin Consultants Co., Ltd., 3. Ceres, Inc.)

3:15 PM - 3:30 PM

[R14-O-8] Trench survey on the Chomonkyo Fault in
northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 2):
SEM and STEM observations on fault planes
*Kotaro Aiyama¹, Kohei Hirano² (1. Central Research
Institute of Electric Power Industry, 2. Ceres, Inc.)

3:30 PM - 3:45 PM

ch2

Oral | R22 [Regular Session]History of the Earth

[3ch201-10] R22 [Regular Session]History of the Earth

Chiar:Kento 1 Motomura, Yuki Tomimatsu, Anju Sakuma
8:00 AM - 11:30 AM ch2 (ch2)

[R22-O-1] Correlation of Cretaceous-Paleogene boundary
interval in the circum-Australian basins and
plateaus
*Junichiro Kuroda¹ (1. Atmosphere and Ocean
Research Institute, the University of Tokyo)
8:00 AM - 8:15 AM

[R22-O-2] Continuous stratigraphy across the Triassic-
Jurassic boundary in the Mino Belt, central
Japan
*Katsuhito Soda¹, Yuki Tomomatsu², Daisuke
Yamashita³, Tetsuji Onoue², Minoru Ikehara¹ (1.
Center for Advanced Marine Core Research, Kochi
Univ., 2. Dept. Earth. Planet. Sci., Kyushu Univ., 3.
Koshiki Museum, Kagoshima Pref.)
8:15 AM - 8:30 AM

[R22-O-3] Marine osmium isotope record during the
Carnian “pluvial episode” in the pelagic
Panthalassa Ocean
*Yuki Tomimatsu¹, Tatsuo Nozaki², Honami sato³,
Yutaro Takaya⁴, Jun-Ichi Kimura², Chang Qing²,
Hiroshi Naraoka¹, Tetsuji Onoue¹ (1. Kyushu
University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science

and Technology, 3. University of Padova, 4. Tokyo University)

8:30 AM - 8:45 AM

- [R22-O-4] Enhanced continental weathering in the NW Tethys during the end-Triassic mass extinction
*Tetsuji Onoue¹, Jozef Michalik², Hideko Shirozu³, Katsuyuki Yamashita⁴, Misa Yamashita⁴, Kohei Kawakami⁴, Soichiro Kusaka⁵, Katsuhito Soda⁶ (1. Kyushu Univ., 2. Slovak Acad. Sci., 3. Fukuoka City Museum, 4. Okayama Univ., 5. Tokai Univ., 6. Kochi Univ.)

8:45 AM - 9:00 AM

- [R22-O-5] Formation of modern iron formation: Formation mechanism of iron oxyhydroxide chimney mound and iron oxyhydroxide sediments --Satsuma Iwo-jima, Kagoshima Prefecture --
*Shoichi Kiyokawa^{1,6,7}, koki hori^{1,2}, naoya sakamoto^{1,3}, takashi kuratomi^{1,4}, Shusaku Goto⁵, minoru Ikehara⁶ (1. Kyushu Univ. Earth and Planetary Sciences, 2. OYO Corporation, 3. Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., 4. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd, 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 7. University of Johannesburg, Dept. Geology)

9:15 AM - 9:30 AM

- [R22-O-6] Mapping of biomarkers in the 2.7 Ga sedimentary rocks by MALDI-TOFMS
*Hiroki Saito¹, Kosei Yamaguchi², Akira Iziri³, Tomoyo Okumura⁴ (1. Toho University Graduate School, 2. Toho University, 3. Kobe University, 4. Kochi University)

9:30 AM - 9:45 AM

- [R22-O-7] [Invited]Life on the early Archean Earth – new insights from lenticular microfossils
*Kenichiro Sugitani¹ (1. Nagoya University)

9:45 AM - 10:15 AM

- [R22-O-8] Reconstruction of East Antarctic Ice Sheet changes since the Last Interglacial period using GIA modeling and sediments analysis
*Takeshige Ishiwa¹, Yusuke Suganuma¹, Jun'ichi Okuno¹, Yuki Tokuda², Kota Katsuki³, Toru Tamura⁴, Takuya Itaki⁴, Satoshi Sasaki³ (1. National Institute of Polar Research, 2. Tottori University of Environmental Studies, 3. Shimane University, 4. Geological Survey of Japan, AIST)

10:30 AM - 10:45 AM

- [R22-O-9] Variations of Terrestrial and Marine Organic Burial Rates during Phanerozoic and Their Relationships with Atmospheric Oxygen Level
*Kazuhiro Aoyama¹, Eiichi Tajika¹, Kazumi Ozaki² (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Environmental Science, Toho University)

10:45 AM - 11:00 AM

- [R22-O-10] [Invited]Decoding the History of Surface Environment on Earth and Mars
*Hitoshi Hasegawa¹ (1. Faculty of Science and Technology, Kochi University)

11:00 AM - 11:30 AM

Oral | R16 [Regular Session]The Jurassic +

- [3ch211-11] R16 [Regular Session]The Jurassic + Chiar:Shin-ichi Sano
11:30 AM - 11:45 AM ch2 (ch2)
-

- [R16-O-1] A global correlation of the Jurassic– Cretaceous boundary among pelagic, neritic and terrestrial sequences in the Pacific and Circum-Pacific regions, and Ocean Drilling Program

*Atsushi Matsuoka¹, Junichiro Kuroda², Erika Tanaka³, Kazutaka Yasukawa⁴ (1. Faculty of Science, Niigata University, 2. AORI, the University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. School of Engineering, the University of Tokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

Oral | R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

- [3ch212-19] R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

Chiar:Kentarō Nakamura, Kazuhide Mimura

1:00 PM - 3:30 PM ch2 (ch2)

- [R24-O-1] [Invited]The Core Competence of the Laser Ablation-ICP-MS for Geochemical and Geochronological Studies
*Takafumi Hirata¹ (1. The Univ. Tokyo, Geochemical Research Center)

1:00 PM - 1:30 PM

- [R24-O-2] Development of the simple and rapid Re-Os isotope analytical method for organic-rich sediments

*Moei YANO^{1,2}, Junichiro OHTA^{2,1}, Tatsuo

NOZAKI^{3,2,4,1}, Yasuhiro KATO^{2,1,3} (1. CIT, 2. Univ. Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. Kobe Univ.)

1:30 PM - 1:45 PM

[R24-O-3] Automatic detection of microfossils by a deep learning technique: Toward constraining depositional ages of REY-rich mud

*Kazuhide Mimura¹, Shugo Minabe², Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Kazutaka Yasukawa², Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kazuhiro Takao², Yasuhiro Kato^{2,1} (1. Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo)

1:45 PM - 2:00 PM

[R24-O-4] High density characterizes REY enrichment in pelagic clay around Minamitorishima Island in the western North Pacific

*Yoichi Usui¹, Kazutaka Yasukawa^{2,3}, Koichi Iijima¹, Hideaki Machiyama¹, Yuji Ichiyama⁴, Erika Tanaka¹, Koichiro Fujinaga³ (1. JAMSTEC, 2. The University of Tokyo, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Chiba University)

2:00 PM - 2:15 PM

[R24-O-5] Os isotopic record during the middle Cretaceous seawater reconstructed by Aki umber deposit as ancient REY-rich mud in the Japanese accretionary complexes

*Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Moei Yano^{1,2}, Yusuke Kuwahara², Kazutaka Yasukawa², Yutaro Takaya^{2,3,4}, Ken Nakayama⁵, Tatsuo Nozaki^{4,2,6,1}, Yasuhiro Kato^{2,1,4} (1. Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Waseda University, 4. JAMSTEC, 5. Kochi University, 6. Kobe University)

2:30 PM - 2:45 PM

[R24-O-6] Geochemical features of Fe-Mn micronodules in deep-sea sediments around Minamitorishima Island: Potential for co-product metal extraction from REY-rich mud

*Kazutaka Yasukawa¹, Satoshi Kino¹, Keishiro Azami¹, Erika Tanaka^{2,3,1}, Kazuhide Mimura³, Junichiro Ohta^{1,3}, Koichiro Fujinaga^{3,1}, Kentaro Nakamura^{1,3}, Yasuhiro Kato^{1,3} (1. The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Chiba Institute of Technology)

2:45 PM - 3:00 PM

[R24-O-7] Geochemical characteristics of ferromanganese nodules from the Minamitorishima EEZ

*Kentaro Nakamura^{1,2}, Daiki Terauchi¹, Ryo

Shimomura¹, Shiki Machida^{2,1}, Kazutaka Yasukawa¹, Koichiro Fujinaga², Yasuhiro Kato^{1,2} (1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology)

3:00 PM - 3:15 PM

[R24-O-8] High-resolution dating of ferromanganese nodules around Minamitorishima Island based on osmium isotopic ratio

*Sota Aoyagi¹, Junichiro Ohta^{1,2}, Keishiro Azami¹, Kentaro Nakamura^{1,2}, Kazutaka Yasukawa¹, Tatsuo Nozaki^{3,1,4,2}, Shiki Machida^{2,1}, Jun-ichi Kimura³, Yasuhiro Kato^{1,2} (1. University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Kobe University)

3:15 PM - 3:30 PM

ch3

Oral | R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

[3ch301-12] R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

Chair: Tatsuo Kanamaru, K Michibayashi, Yumiko Harigane
8:00 AM - 11:45 AM ch3 (ch3)

[R1-O-1] Microstructural analyses of coarse-grained peridotite in the vicinity of mantle diapir in Oman ophiolite: Implication for seismic anisotropy in lithospheric mantle

*K Michibayashi^{1,2,3}, Kakhata Yuki¹, Onoue Ayaka², Ohya Syoma², Odashima Norihiro² (1. Nagoya University, 2. Shizuoka University, 3. JAMSTEC)

8:00 AM - 8:15 AM

[R1-O-2] The structure of magma chamber below a fast-spreading ridge based on field observations and core analyses of the Oman ICDP drilling

*Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Takahiro Fudai³, Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹ (1. School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Taiheiyo Cement Corporation)

8:15 AM - 8:30 AM

[R1-O-3] Petrography of gabbroic xenoliths sampled from northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido

*Yumiko Harigane¹, Osamu Ishizuka¹, Christopher Conway¹, Gen Shimoda¹, Fukashi Maeno², Scientific

Party of Scientific Party of KH-20-7 cruise (1.
Geological Survey of Japan, AIST, 2. Earthquake
Research Institute, University of Tokyo)
8:30 AM - 8:45 AM

[R1-O-4] Temporal changes of source mantle
compositions for Late Cenozoic volcanic rocks in
Oki islands, SW Japan
*Masataka Aizawa¹, Ryuichi Shinjo^{2,3}, Satoshi
Okamura^{4,5}, Yasuhiro Hirai⁶ (1. Graduate School of
Engineering and Science, University of the Ryukyus, 2.
Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3.
Research Institute for Humanity and Nature (RIHIN), 4.
Hokkaido Education University, 5. Hokkaido Soil-
Research Co-op., 6. Japan Agency for Marine-Earth
Science and Technology (JAMSTEC))
8:45 AM - 9:00 AM

[R1-O-5] Zircon U-Pb dating of the Okueyama Volcano-
plutonic Complex, Kyushu, Southwest Japan
*Kenichiro Tani¹, Yukiyasu Tsutsumi¹, Kazuki Omura²,
Masaki Takahashi², Tatsuo Kanamaru² (1. National
Museum of Nature and Science, 2. Nihon University)
9:15 AM - 9:30 AM

[R1-O-6] Emplacement mechanism of the ring dike and
batholithic pluton of the Okueyama volcano-
plutonic complex inferred from anisotropy of
magnetic susceptibility
*Tatsuo Kanamaru¹, Masaki Takahashi¹, Kenichiro
Tani², Hirokazu Kunishima¹, Daiki Tomita¹, Nozomi
Takahashi¹, Joichiro Maru¹, Kenya Iida¹, Kei Hayashi¹,
Riku Uetsuki¹, Ryosuke Suzuki¹ (1. College of
Humanities and Sciences, Nihon University, 2. National
Museum of Nature and Science)
9:30 AM - 9:45 AM

[R1-O-7] Gology and evolution of the Okueyama volcano-
plutonic complex, revisited
*Masaki Takahashi¹, Tatsuo Kanamaru¹, Kenichiro
Tani² (1. College of Humanities and Sciences, Nihon
University, 2. National Museum of Nature and
Science)
9:45 AM - 10:00 AM

[R1-O-8] [Invited] Origin and tectonics of Permo-Triassic
volcanic rocks in southern Mongolia and
Paleoproterozoic granitoids in central Nepal
*Takeshi Imayama¹ (1. Okayama University of
Science)
10:00 AM - 10:30 AM

[R1-O-9] Magma source of San-yo and Ryoke belt granites
and fluid-rock interaction of siliceous veins and
Ryoke metamorphic belt schists
*HAFIZ U. REHMAN¹, YAMAMOTO Hiroshi¹ (1.
Kagoshima University)
10:45 AM - 11:00 AM

[R1-O-10] Zircon U-Pb ages and petrographic properties
of the Middle Miocene Granitic rocks in
Koshikijima, Kagoshima Prefecture, Japan
*Marimo Nakabayashi^{1,2}, Hafiz U. Rehman² (1.
Kyushu Univ., 2. Kagoshima Univ.)
11:00 AM - 11:15 AM

[R1-O-11] Crust formation beneath the Japanese Islands
viewed from Sr isotopes of the granitic and
mafic rocks
*Takshi Nakajima^{1,2} (1. National Museum of Nature
and Science, 2. Kanagawa Prefectural Museum of
Natural History)
11:15 AM - 11:30 AM

[R1-O-12] Petrological and Geochemical study of Early ~
Middle Miocene volcanic rocks in Hokuriku
region, southwest Japan arc
*Syun WATANABE¹, Toshiro TAKAHASHI¹, Gen
SHIMODA², Kosuke GOTO² (1. Niigata univ., 2.
National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology)
11:30 AM - 11:45 AM

Oral | R8 [Regular Session] Marine geology

[3ch313-21] R8 [Regular Session] Marine geology
Chair: Yoshiaki Suzuki, Yasuhiko Ohara
1:00 PM - 3:30 PM ch3 (ch3)

[R8-O-1] Reconstruction of Early Pleistocene sea-surface
temperature in the Northwestern Pacific region
based on calcareous nannofossil assemblages
*Daisuke Kuwano¹, Koji Kameo¹, Yoshimi Kubota²,
Masayuki Utsunomiya³, Kanako Mantoku^{4,2}, Makoto
Okada⁵ (1. Chiba University, 2. National Museum of
Nature and Science, 3. National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology, 4. National
Institute for Environmental Studies, 5. Ibaraki
University)
1:00 PM - 1:15 PM

[R8-O-2] Reorganization of the Asian monsoon and
nutrient provenance during the late Miocene
global cooling in the Japan Sea

*Kenji M. Matsuzaki¹, Mayasuki Ikeda², Ryuji Tada² (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo)

1:15 PM - 1:30 PM

[R8-O-3] Total organic carbon concentration and isotope composition changes over the last 66 ka in the southern part of the Japan Sea

*Naoto Ishida¹, Koji Seto², Fumio Akiba³, Ryo Matsumoto⁴ (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Estuary Research Center, Shimane University, 3. Diatom Mini Lab., 4. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University)

1:30 PM - 1:45 PM

[R8-O-4] ¹⁴C age of the dead deep-sea coral

Pleurocorallium elatius off Zanpa Cape, Okinawajima island and its geological significance

*Fujio KUMON¹, Hidekazu TOKUYAMA, Tomoyo OKUMURA¹, Masayoshi Arai², Kosaku ARAI³ (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Fukada Salvage and Marine Works Co. LTD, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

1:45 PM - 2:00 PM

[R8-O-6] Reconstruction of ice sheet history since the LGH in Lutzow Holm Bay, East Antarctica revealed by sedimentological records

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Yuki Haneda³, Takuya Itaki³, Takeshige Ishiwa¹, Masakazu Fujii^{1,2}, Yuji Kato⁹, Takayuki Omori⁷, Atsuko Amano³, Masao Iwai⁹, Naoshisa Nishida¹⁰, Kazuya Kusahara⁸, Daisuke Hirano^{1,2}, Mosamu Seki⁴, Kota Katsuki⁵, Moto Kawamata^{1,11}, Hiroki Matsui⁶, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Minoru Ikehara⁹, Hideki Miura^{1,2} (1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Geological Survey of Japan, AIST, 4. Hokkaido University, 5. Shimane University, 6. Akita University, 7. University of Tokyo, 8. JAMSTEC, 9. Kochi Core center, 10. Tokyo Gakugei Daigaku, 11. CERi)

2:30 PM - 2:45 PM

[R8-O-7] Clarification of eruption mechanism of submarine mud volcanoes off Tanegashima Island by thermal history analysis of sediments

*Ryoma Setoguchi¹, Akira Ijiri², Takeyasu Yamagata³,

Hiroyuki Matsuzaki³, Kyoko Hagino¹, Yohei Hamada⁵, Osamu Tada⁶, Wataru Tanikawa⁵, Juichiro Ashi⁴, Masafumi Murayama¹ (1. Kochi University, 2. Kobe University, 3. The University Museum, The University of Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Marine Works Japan Ltd.)

2:45 PM - 3:00 PM

[R8-O-8] A report of YK20-14S/YK21-07S scientific cruises to Petit-spot volcanic fields, Tohoku-Oki, Japan

*Norikatsu Akizawa¹, Naoto Hirano², Shiki Machida³, Akira Ishikawa⁴, Gen Shimoda⁵, Kazutaka Yasukawa⁶, Kenji Matsuzaki¹, Chiori Tamura¹, Junji Kaneko⁷, Onboard Science Party (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The Univ. Tokyo, 2. Tohoku Univ., 3. Chiba Tech., 4. Tokyo Tech., 5. AIST, 6. School of Engineering, The Univ. Tokyo, 7. JAMSTEC)

3:00 PM - 3:15 PM

[R8-O-9] **Rotation of the Philippine Sea plate inferred from paleomagnetism of oriented cores taken with a ROV-based coring apparatus**

*Toshitsugu Yamazaki¹, Shun Chiyonobu², Osamu Ishizuka^{3,4}, Fumisato Tajima⁵, Naoki Uto⁵, Shinichi Takagawa⁵ (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. KOKEN BORING MACHINE CO. LTD)

3:15 PM - 3:30 PM

ch4

Oral | T5. [Topic Session] Culture geology

[3ch401-06] T5. [Topic Session] Culture geology

Chair: Norihiro Kawamura, Masaki Umeda, Hisashi Suzuki, Ohtomo Yukiko

8:30 AM - 10:45 AM ch4 (ch4)

[T5-O-1] [Invited] Earth Science of the Jyomon Stone

Circles distributed in Northern Akita Prefecture Northeast Japan

*Yukio FUJIMOTO¹ (1. Akita Association of Educational Earth Science)

8:30 AM - 9:00 AM

[T5-O-2] [Invited]Green quartz collected from Zaimoku Site, Mogami Town,
Yamagata Prefecture
*Hiroyuki MISAWA¹ (1. Shumei University)
9:00 AM - 9:30 AM

[T5-O-3] Microscopic observation of green quartz collected from Zaimoku site at the Mogami Town
*Ohtomo Yukiko¹, Hiroyuki Misawa² (1. Yamagata University, 2. Shumei University)
9:30 AM - 9:45 AM

[T5-O-4] Possibility of correlation between Teshima-ishi and the stone lantern in Suga Shrine, Santo,
Asago City, Hyogo Prefecture, Japan
*Norithito Kawamura¹ (1. University of Hyogo)
10:00 AM - 10:15 AM

[T5-O-5] Brand stone carried by debris flow: Mikage-ishi (Rokko Granite)
*Tohru Sakiyama¹ (1. Institute of Geo-history, Japan Geochronology Network)
10:15 AM - 10:30 AM

[T5-O-6] Location and geology of water-power plants in Kumano Acidic Rocks, Southwest Japan
*Seisuke Ushiro¹ (1. Wakayama University)
10:30 AM - 10:45 AM

Oral | R21 [Regular Session]Quaternary geology

[3ch407-09] R21 [Regular Session]Quaternary geology
Chiar:Yoshihiro Takeshita
11:00 AM - 11:45 AM ch4 (ch4)

[R21-O-1] Geological outline on NB-1 drilling core at Sanjo-honmachi, Nara City by the survey on the Nara eastern margin fault zone of the Nara basin, central Japan
*Muneki Mitamura¹, Haruna Takahashi¹, Tomotaka Iwata² (1. Osaka City University, 2. Kyoto University)
11:00 AM - 11:15 AM

[R21-O-2] **Correlation of the volcanic glass rich tephra in Pleistocene Kamiizumi Formation and Ata-Th tephra, Chiba, central Japan**
*Takeshi Yoshida¹, Naoto Ito¹, Masao Ban², Osamu Kazaoka¹ (1. Chiba prefectural environmental research center, 2. Faculty of Science, Yamagata University)
11:15 AM - 11:30 AM

[R21-O-3] Frequency of small-scale eruptions at Adataro volcano during the past 13,000 years revealed by the event deposits in lacustrine sediments, Lake Inawashiro-ko, Fukushima Prefecture
*Yoshitaka Nagahashi¹, Kyoko S Kataoka² (1. Fukushima University, 2. Niigata University)
11:30 AM - 11:45 AM

Oral | R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

[3ch410-13] R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

Chiar:Yosuke Noumi
1:00 PM - 2:00 PM ch4 (ch4)

[R17-O-1] Super-Resolution of DEM based on Slope and Aspect using Deep Learning
*Shinji Masumoto¹, Keita Mizuochi¹, Susumu Nonogaki², Tatsuya Nemoto¹ (1. Osaka City University, 2. Geological Survey of Japan, AIST)
1:00 PM - 1:15 PM

[R17-O-2] Investigation on a machine learning approach for stratal correlation based on geotechnical features
*Susumu NONOGAKI¹, Shinji MASUMOTO², Tatsuya NEMOTO² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Osaka City University)
1:15 PM - 1:30 PM

[R17-O-3] Prototype of simplified legend of Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) V2
*Makoto Saito¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)
1:30 PM - 1:45 PM

[R17-O-4] Development an AR application for Geological information "Geo View"
*Yoshinori MIYACHI¹, Susumu NONOGAKI¹, Osamu FUJIWARA¹, Mahito WATANABE¹ (1. Geological Survey of Japan)
1:45 PM - 2:00 PM

Oral | T6. [Topic Session] Future of Academic collections in universities and Museums, Japan

[3ch414-18] T6. [Topic Session] Future of Academic collections in universities and Museums, Japan

Chiar:Rie S. Hori, Tsuyoshi Komiya
2:15 PM - 3:45 PM ch4 (ch4)

[T6-O-1] [Invited]Three things I consider about natural

history collections and natural history museums.

*Tatsuo Oji¹ (1. University Museum, Nagoya University)

2:15 PM - 2:45 PM

[T6-O-2] Curatorial methodologies for effective utilization of paleontological collections in scientific research

*Takenori Sasaki¹ (1. University Museum, University of Tokyo)

2:45 PM - 3:00 PM

[T6-O-3] Introduction of the Kagawa University Museum and the problems of university museum management

*Masaru TERABAYASHI¹ (1. The Kagawa University Museum)

3:00 PM - 3:15 PM

[T6-O-4] Sample deposite and sharing in Geoscience

*Rie S. Hori¹ (1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University)

3:15 PM - 3:30 PM

[T6-O-5] Our application entitled by “ Building of archive and curating system for astrogeoscience materials” for Master Plan 2020 of Large Research Project, and future plans

*Tsuayoshi Komiya¹ (1. Komaba, The University of Tokyo)

3:30 PM - 3:45 PM

poster

Poster | T5. [Topic Session] Culture geology

[3poster01-02] T5. [Topic Session] Culture geology

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[T5-P-1] Geology and water quality characteristics of Sake-prepared water

*Ken-ichiro Hisada¹, Shiho YABUSAKI², Yukihiro KARATA³ (1. Bunkyo Univ., 2. Research Institute for Humanity and Nature, 3. Dank Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[T5-P-2] Minakata Kumagusu's collection of mineral and fossil specimens

*Takashi Ishibashi¹, Tomoko Doei² (1. Masutomi Mus. Geosci. / Minakata K. Mus. / Osaka Univ. / Intl. Res. Ctr. for Japanese Studies, 2. Minakata Kumagusu Archives)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

[3poster03-09] R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R1-P-1] (entry) Contact metamorphic aureoles as a marker of plutons associated with major eruption histories

*Ken Yamaoka¹, Simon Richard Wallis¹, Akira Miyake², Catherine Annen³ (1. The University of Tokyo, 2. Aichi University of Education, 3. Czech Academy of Sciences)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-2] (entry) Intrusive relation of I type and II type Granite of East-South area of Okayama Prefecture

-Example of Hoden coast outcrop-

*Yuka Enomaru², Yousuke noumi¹, Yuta Tsuchiya¹ (1. Okayama University of Science, 2. Okayama University of Science Graduate School)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-3] Characteristics of granitoids from the Itoshima Peninsula, western part of Fukuoka Prefecture

*Yayoi MURAOKA¹ (1. AIST)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-4] Igneous activity of the Daito granodiorite in the Un-nan area, San' in zone, Southwest Japan
Masashi Noguchi¹, *Atsushi Kamei², Hiromi Suzuki³, Natsuko Kobayashi⁴ (1. Oriental Consultants Co., Ltd., 2. Shimane University, 3. Noguchi Ophthalmology/Internal Medicine/Cardiovascular Medicine, 4. OYO Corporation Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-5] Homogenization experiments on zircon melt inclusions in plutonic rocks

*Satoshi Saito¹, Yuka TANIWAKI², Kazuya SHIMOOKA¹ (1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ehime University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-6] Petrological characteristics of Pliocene to Pleistocene volcanic rocks in the Itoigawa area,

eastern part of Niigata Prefecture, Japan
Takumi Takizawa², Naoki Takahashi¹, *Toshiro
Takahashi¹ (1. Niigata Univ., 2. Ogata J.H.S.)
4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-7] (entry) Petrography of High-magnesian andesite
and Bronzite andesite in Choshi area, Japan
*Akitaka Shibano¹, Toshiro Takahashi¹, Jun'ichi Ohki²,
Naoya Iwamoto³ (1. Niigata University, 2. Natural
History Museum and Institute, Chiba, 3. Choshi
Geopark Promotion Council)
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R2 [Regular Session] Petrology, mineralogy and economic geology
[3poster10-14] R2 [Regular Session] Petrology,
mineralogy and economic geology
4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R2-P-7] Mode of occurrence and chemical compositions
of end-member kosmochlor from the Yamanobo
outcrop in the Renge belt, central Japan
*Akira Takasu¹, Yasumitsu Suzuki², Yoshiya Ohki³,
Takahiko Ogawara⁴, Shizue Seto (Sakamoto) (1.
Shimane University, 2. Masutomi Museum of
Geoscience, 3. Nippon Chigaku Kenkyu-kai, 4. Fossa
Magna Museum)
4:00 PM - 6:30 PM

[R2-P-8] Petrology and intrusion age of alkali basalt dikes
from the Toon City, Ehime Prefecture
Rika Shimada¹, *Shunsuke Endo¹ (1. Shimane
University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R2-P-9] Multiphase “former supercritical” fluid
inclusion originated from the high-temperature
pre-Sanbagawa metamorphism
*Kenta Yoshida¹, Atsushi Okamoto², Yasuhiro Niwa³,
Masao Kimura³, Ryosuke Oyanagi⁴, Hikaru Sawada¹,
Sota Niki⁵, Kazuki Yoshida² (1. Japan Agency for
Marine-earth Science and Technology, 2. Graduate
School of Environmental Studies, Tohoku University, 3.
Photon Factory, Institute of Materials Structure
Science, High Energy Accelerator Research
Organization (KEK), 4. Kokushikan University, 5.
Geochemical Research Center, Graduate School of
Science, The University of Tokyo)
4:00 PM - 6:30 PM

[R2-P-10] (entry) Protolith of metamorphosed mafic rocks
in Kanzaki area, Saga prefecture, north Kyushu,

Southwest Japan.

*Yusaku Tanaka¹, Masaaki Owada¹ (1. Yamaguchi
University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R2-P-11] Kinetics of net-transfer reactions involving solid
solutions
*Tatsu Kuwatani¹, Mitsuhiro Toriumi¹ (1. JAMSTEC)
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R4 [Regular Session] Metamorphic rocks and tectonics
[3poster15-23] R4 [Regular Session] Metamorphic
rocks and tectonics
4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R4-P-10] (entry) Petrogenesis of lawsonite-bearing
calcsilicate schist from the Sanbagawa belt in
the Namekawa area, Ehime Prefecture, Japan
*Nachi Kurihara¹, Shunsuke Endo¹ (1. Shimane
University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-11] (entry) Geological structure of the Sanbagawa
metamorphic rocks in the Sakuragi bend of the
Median Tectonic Line
*Umuto Saki¹, Shunsuke Endo¹ (1. Shimane
University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-12] Zircon U–Pb ages of pelitic gneiss and granite
from a small outcrop in Kashinomure area in the
north of Aso caldera, central Kyushu
*Ippei Kitano^{1,2}, Yasuhiro Osanai², Keigo Kitamura²,
Nobuhiko Nakano² (1. Tochigi Prefectural Museum,
2. Kyushu University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-13] U-Pb zircon age of Grt-Bt gneiss in Akebono
Rock, Prince Olav Coast, East Antarctica
*Sotaro Baba¹, Kenji Horie², Tomokazu Hokada²,
Mami Takehara², Atsushi Kamei³, Ippei Kitano⁴, Yoichi
Motoyoshi² (1. University of the Ryukyus, 2. National
Institute of Polar Research, 3. Shimane University, 4.
Tochigi Prefectural Museum)
4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-14] Decompressional texture in pelitic metamorphic
rock from Tenmondai Rock, Lü tzow–Holm
Complex, East Antarctica
*Toshiaki Shimura¹, Yuki Harada^{1,2}, Geoffrey Fraser³,
Noriyoshi Tsuchiya⁴ (1. Yamaguchi University, 2. i-
SHOT Inc., 3. Geoscience Australia, 4. Tohoku

University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-15] An attempt to estimate pressure-temperature of Akarui Point, Lü tzow-Holm Complex, East Antarctica

*Takeshi Ikeda¹, Hayato Yodoya^{1,2} (1. Kyushu University, 2. Nittetsu Mining Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-16] Two-stage fluid infiltration during retrograde metamorphism: an example from Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko Higashino¹, Tetsuo Kawakami¹, Tatsuro Adachi², Masaaki Uno³ (1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-17] Gap of the metamorphic condition recognized at Menipa area, Sør Rondane Mountains, East Antarctica.

*Tatsuro ADACHI¹, Tetsuo KAWAKAMI², Fumiko HIGASHINO², Masaaki UNO³ (1. Kyushu University, 2. Kyoto University, 3. Tohoku University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-18] The thermal structure and brittle-ductile transition depth in the Japanese islands

*Masahiro Ishikawa¹ (1. Yokohama National University)

4:00 PM - 6:30 PM

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

[3poster24-33] R5 [Regular Session] Regional geology and stratigraphy, chronostratigraphy

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R5-P-9] Correlation between tuffaceous sandstones of the Morozaki Group and pumiceous lapilli tuff of the Mizunami Group

*Kuniyuki Furukawa¹, Kenichiro Tani², Tatsuo Kanamaru³, Hiroyuki Hoshi⁴ (1. Aichi University, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Nihon University, 4. Aichi University of Education)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-10] Provenance of the Plio-Pleistocene Nakatsu Group in the central part of Kanagawa Prefecture, central Japan

*Kiyokazu Kawajiri¹, Kenji Kashiwagi² (1. Sagami-hara

City Museum, 2. Faculty of Science, University of Toyama)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-11] Correlation of Miocene igneous rocks in the Kii Peninsula, Japan

*Takaharu Sato¹ (1. Osaka Museum of Natural History)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-12] (entry) Geology along the Hirayama Fault in Yagurasawa area, Minamiashigara City, Kanagawa Prefecture

*Shin'ichiro Narazaki¹, Hiroki Hayashi¹, Kei Odawara² (1. Shimane Univ., 2. HSRI, Kanagawa Pref.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-13] (entry) Relationship between two deferent source delta systems and glacio eustatic changes in the Pleistocene Uonuma Group, Niigata sedimentary basin, Central Japan

*Natsumi KASAI¹, Koichi HOYANAGI¹ (1. Shinshu Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-14] (entry) A stress transition in the forearc basin accompanying the change in the subduction direction: example of the upper Miocene to lower Pliocene Sagara Group, central Japan

*Noriaki Abe¹, Katsushi Sato¹ (1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-15] (entry) Stratigraphy and depositional systems of the Neogene strata on the western limb of Takafu Syncline, in the Northern Fossa Magna region: Reconsideration of the stratigraphic relationship between the Ogawa and Shigarami Formations.

*Kodai Kondo¹, Koichi Hoyanagi¹ (1. Shinshu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-16] Lower Pleistocene age model and calcareous nannofossil biohorizons for the Northwestern Pacific region based on detailed chronostratigraphic analysis in the Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan

*Koji Kameo¹, Daisuke Kuwano², Soki Hirota², Shota Sugizaki³, Kanako Mantoku⁴, Yoshimi Kubota⁵ (1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2.

Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 3. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., 4. National Institute of Environmental Studies, 5. National Museum of Nature and Science)
4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-17] Stratigraphy and age of Goto Islands, Nagasaki Prefecture

*Yuta Ikebata¹, Shoichi Kiyokawa², Yukiyasu Tsutsumi³, Kenji Horie⁴, Mami Takehara⁴ (1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of sciences, Kyushu University, 3. National Museum of Nature and science, 4. National Institute of Polar Research)
4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-18] (entry) Chemical weathering and source evolution of Lake Suwa sediments since the last glacial period, based on the chemical composition of the sediments.

*Ritsuho Kawano¹, Nozomi Hatano², Kohki Yoshida¹ (1. Shinshu University Graduate School of Science and technology, 2. Nagano Environmental Conservation Research Institute)
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R8 [Regular Session] Marine geology

[3poster34-38] R8 [Regular Session] Marine geology
4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R8-P-1] (entry) Middle Pleistocene sea surface environment based on the analysis of planktonic foraminifera from the Choshi core in the Choshi area, central Japan.

*Yuma OURA¹, Hiroki HAYASHI², Kouzi KAMEO³ (1. Chiba University Graduate School of Science and Engineering, 2. Shimane University Academic Assembly, 3. Chiba University Faculty of Science)
4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-2] (entry) Early Pleistocene sea surface environments around the Boso Peninsula based on calcareous nannofossil biostratigraphy in the Otadai and Umegase Formations of the Kazusa Group

*Souki HIROTA¹, Koji KAMEO², Daisuke KUWANO¹ (1. Chiba University Graduate School of Science and Engineering, 2. Chiba University Graduate School of

Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-3] Sedimentation and deformation structure in the near-seafloor of the Sagami Bay plate boundary area

*Juichiro Ashi¹, Ayanori Misawa², Ken Ikehara², Toshiya Kanamatsu³, Makoto Yamano¹ (1. UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-4] (entry) Bottom sediment distribution of southwest-off Tokara Islands

*Yoshiaki Suzuki¹, Takuya Itaki¹, Hajime Katayama¹, Naotomo Kaneko¹, Hirokazu Yamamoto¹, Osamu Ishizuka¹, Mutsumi Iizuka^{1,2}, Eri Ikeuchi^{1,3}, Kazuma Oikawa⁴, Taiga Nakano⁵ (1. AIST, 2. Hokkaido University, 3. University of Miyazaki, 4. Tohoku University, 5. Yamaguchi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-5] Submarine geological structure of northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido, estimated from acoustic survey

Jun Arimoto¹, *Seishiro Furuyama², Mayu Ogawa^{2,3}, Hiroaki Koge¹, Osamu Ishizuka^{1,4}, Ayanori Misawa¹, KH20-7 Exp. Scientists (1. AIST, 2. Tokyo Univ. of Marine Science and Technology, 3. Kyoto Univ., 4. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

[3poster39-46] R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R13-P-1] (entry) Post-Seismic Permeability in Damage Zones Estimated from on-Land Analog of Out-of-Sequence Thrust, Subduction Zone

*Hinako Hosono^{1,2}, Takato Takemura¹, Daisuke Asahina², Makoto Otsubo² (1. Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, 2. Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-2] (entry) Roughness analysis on a subduction plate interface in Nankai Trough

*wataru Fukubeppu¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1.

Kochi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-3] (entry) Rupture propagation of Roof Thrust and Out-of-Sequence Thrust of subduction zone : The Minami Awa Fault and Mizoochi Fault, The Mugi area in the Shimanto Belt

*Yu Sogawa¹, Arito Sakaguchi¹ (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-4] Deformation and stress cycle during frontal thrust formation of sandbox Coulomb wedges

*Satoshi TONAI¹, Kei KAWAKAMI², Takami TACHIBANA¹, Yasuhiro YAMADA³ (1. Kochi University, 2. Career planning, 3. Kyushu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-5] Characteristic strain distribution around a fault on shallow portion

*arito Sakaguchi¹, Kanna Yoshimatsu² (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,, 2. NEC Aerospace Systems,Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-6] (entry) Paleo-stress analysis on a fault zone related to underplating: Mugi melange in the Northnern Shimanto Belt

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

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-7] (entry) Paleo-stress analysis on deformation structures from log resistivity images to constrain depth distributions of slip and dilation tendencies and stress magnitude in Hikurangi margin, New Zealand

*Yuka Senoo¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-8] High density 2D seismic profiling in the Nankai trough off eastern Shikoku and Cape Muroto

*Yasuyuki Nakamura¹, Shuichi Kodaira¹, Gou Fujie¹, Kazuya Shiraishi¹, Yuka Kaiho¹, Gaku Kimura¹ (1. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R14 [Regular Session]Tectonics

[3poster47-56] R14 [Regular Session]Tectonics

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R14-P-1] Crustal rotation in the Takato-Moriya area

(Nagano Prefecture) associated with arc-arc collision in central Japan

*Hiroyuki HOSHI¹, Tetsuo MIWA², Yuichi SUGISAKI², Kenta TSUTSUMIDA², Hideki IWANO³, Tohru DANHARA³ (1. Aichi University of Education, 2. Graduate, Aichi University of Education, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-2] (entry) Reconsideration of the age and provenance of the Momonoki subgroup in the Koma Mountains: for geological constraints on the initiation age of Izu-Bonin arc collision

*Takashi Hakomori¹, Kenichiro Tani², Junichiro Kuroda¹, Asuka Yamaguchi¹ (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-3] Study of Kaminada phase based on geological structure of the Median Tectonic Line, Futami town of Iyo city, Ehime Prefecture, Japan.

*Yasu'uchi Kubota¹, Toru Takeshita² (1. OYO Corporation, 2. Hokkaido University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-4] (entry) Late Permian tectonic switch in Maizuru terrane: Evidence from U-Pb detrital zircon geochronology from Tonoshiki Formation

*Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}, Kenta KAWAGUCHI³ (1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Hiroshima Institute of Plate Convergence Region Research, Hiroshima, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Republic of Korea)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-5] Detrital zircon age spectra of the Nankai accretionary wedge

*Rina Fukuchi¹, Hisatoshi Ito², Asuka Yamaguchi³, Gaku Kimura⁴ (1. Naruto University of Education, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), 3. The University of Tokyo, 4. Japan Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-6] (entry) Estimation of fault formation environment in the eastern part of Yonaguni

Island in the Southern Ryukyu Arc by
paleotemperature and mineral paragenesis

*Haruya MIYAKI¹, Kiyokazu OOHASHI¹ (1.

Yamaguchi Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-7] (entry) OSL signal changes in friction

experiments of sedimentary quartz

*Sayaka AKUTSU¹, Kiyokazu OOHASHI¹, Noriko

HASEBE², Kazumasa MIURA² (1. Yamaguchi Univ., 2.

Kanazawa Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-8] (entry) The latest slip zone with low density and
mineral precipitation from borehole survey of
the Neodani Fault

*Kazuma Yatabe¹, Tomoyuki Ohtani², Takashi Mori²

(1. Gifu University, 2. Gifu Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-9] Fault-zone properties and slip-sense inversion
of the Yunodake fault and surrounding small
faults, Iwaki City, Fukushima Prefecture

*Masao KAMETAKA¹, Rina FUKUCHI², Yusuke

KOMINE¹, Kotaro AIYAMA³, Riichiro MIYAWAKI⁴,

Takahiro IIDA⁵ (1. Dia Consultants, 2. Naruto Univ.

of Education, 3. CRIEPI, 4. Hanshin Consultants, 5.

CERES)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-10] The time-space distribution in Kamikochi

Earthquake Swarm and Fault System -

Comparison of 1998 with 2020

*Tatsuro Tsugane¹ (1. Shinshu Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R15 [Regular Session]Paleontology

[3poster57-61] R15 [Regular Session]Paleontology

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R15-P-1] Measurement of vertebrate fossils by 3D model
using 3D data scale assignment program

*Yoichi Kondo¹, Kiyoshi TANAKA², Kazuyuki

TAKEMAE³, Hiroo AZRGAMI³ (1. Nojiriko Museum, 2.

Shinshu Univ., 3. AB.do Co., Inc.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-2] (entry) Mode of Occurrence of siliceous

microfossil assemblages from infill of trace

fossils: an example of the ichnofossil *Tasselia*

ordamensis from the Oligocene Nishinoomote

Formation of the Kumage Group on the

Tanegashima Island, Kagoshima, SW Japan

*Akihide KIKUKAWA¹, Kazuki KIKUCHI², Yoshiaki

AITA³, Nobuhiro KOTAKE⁴ (1. ITOCHU Oil

Exploration Co., Ltd., 2. Kyoto Univ., 3. Utsunomiya

Univ., 4. Chiba Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-3] (entry) Reevaluation of microfossil records

during the Carboniferous-earliest Permian

marine biodiversification event: An example of

Hina limestone, SW Japan

*Ayaka Yokoo¹, Wataru Fujisaki¹, Yui Takahashi²,

Sachico Agematsu¹, Teruyuki Maruoka¹ (1.

University of Tsukuba, 2. Keio Yochisa Elementary

School)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-4] (entry) Morphologic difference between

calcareous nannofossils Genus *Dictyococcites*

and *Reticulofenestra* group and its meaning

*Nobuhiro Doi¹, Koji Kameo² (1. Chiba University,

Graduate school of Science and Engineering, Division

of Earth and Environmental Sciences, 2. Chiba

University, Faculty of Sciences, Department of Earth

Sciences)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-5] Morphological change of a calcareous

nannofossil genus *Sphenolithus* during Eocene-

Miocene

*Michihiro MIURA¹, Koji KAMEO² (1. Division of

Earth and Environmental Sciences, Graduate School

of Science and Engineering, Chiba university, 2.

Department of Earth Sciences, Faculty of Science,

Chiba university)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R16 [Regular Session]The Jurassic +

[3poster62-65] R16 [Regular Session]The Jurassic +

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R16-P-1] (entry) Castles built on a Jurassic accretionary

complex in the Kiryu and Ashikaga District,

southwestern Ashio Mountains, central Japan

*Tsuayoshi Ito¹, Ysumine Ichizawa² (1. Geological

Survey of Japan, AIST, 2. Toyota City Museum of Local

History)

4:00 PM - 6:30 PM

[R16-P-2] (entry) Stratigraphical changes of sandstone

compositions in the Lower Jurassic Kuruma

Group along the Odokoro River, Itoigawa City,
Niigata Prefecture, central Japan

*Takuma Kawajiri¹, Atsushi Matsuoka¹ (1. Graduate
School of Science and Technology, Niigata
University)

4:00 PM - 6:30 PM

- [R16-P-4] Middle Jurassic shallow marine invertebrate
fossils from the Kaizara Formation of the
Kuzuryu Group in the Izumi District, Ono City,
Fukui Prefecture, Central Japan
Kazuki Harada¹, Kotohiro Takatsu², *Shin-ichi Sano³
(1. Department of Earth Sciences, School of Science,
University of Toyama, 2. Ohno Geoscience
Association, 3. Department of Earth System Science,
School of Sustainable Design, University of Toyama)
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

[3poster66-68] R17 [Regular
Session]Geoinformatics and its
application

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

- [R17-P-1] Development and publishing of the MyMap3D
Maker
*Yoshiharu NISHIOKA¹, Kaoru KITAO² (1.
AIST, Geological Survey of Japan, 2. CubeWorks
Inc.)
4:00 PM - 6:30 PM
- [R17-P-2] Publication of the revised Geological Map of the
Okayama Prefecture and future revision work
*Yousuke Noumi¹, Nobuo Tanabe², Shigeto Nose³,
Shiro Sadakane, Masayuki Mizuno², Hajime Tanaka²,
Yuto Oshima², Eiji Shimizu² (1. Okayama University
of Science, 2. Seibu Consultant Co., LTD., 3. Japan
Geochronology Network)
4:00 PM - 6:30 PM
- [R17-P-3] Creating a lithology extraction and coloring
function for Seamless Geological Map V2 using
SVG tiles
*Kazuki Naito¹ (1. National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology (AIST))
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R21 [Regular Session]Quaternary geology

[3poster69-76] R21 [Regular Session]Quaternary
geology

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R21-P-1] Investigation of the Paleo-Lake Kutchan :

Stratigraphy of the late Pleistocene
Makkaribetsu Formation in the Kutchan,
Hokkaido, Japan

*Tsumoru Sagayama^{1,2}, Fusa Hoshino^{1,3}, Yukio Izima,
Reisuke Kondo⁴, Tatsuo Sekine¹, Takashi Inoue, Ryo
Odagiri⁵, Yosuke Miyairi⁴, Yusuke Yokoyama⁴ (1.
Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth
Science Co. Ltd., 3. Hokkaido University Museum, 4.
Atmosphere and Ocean Research Institute, University
of Tokyo, 5. Kutchan Museum of Natural History)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-2] Subsurface geology along the active fault found
west of the Lake Nojiri-ko, northern part of
Nagano Prefecture

*Yoshihiro TAKESHITA¹, Megumi SEKI², Yoichi
KONDO², Kuniaki HANAOKA, Tadashi MIYASHITA,
Chizuko NAKAGAWA³, Daisuke HIROUCHI¹,
Geological Research Group for Nojiri-ko Excavation
(1. Shinshu University, 2. Nojiriko Naumann
Elephant Museum, 3. Togakushi Junior High School)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-3] (entry) Paleoenvironmental reconstruction of
the Kioroshi Formation, Shimousa Group in the
Inzai Districts, Chiba prefecture

*Toshihide Kobuchi¹, Katsura Yamada¹ (1. Shinshu
University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-4] Paleoenvironments of the Koshiba Formation,
Kazusa Group in the northern part of
Miura Peninsula based on the fossil ostracod
assemblages

*Mayuko Kato¹, Katsura Yamada¹, Atsushi Nozaki²,
Masayuki Utsunomiya³, Ryuichi Majima⁴ (1. Shinshu
University, 2. Hiratsuka City Museum, 3. National
Institute of Advanced Industrial Science and
Technology, 4. The Open University of Japan)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-5] (entry) Paleoenvironments by using ostracod
assemblages during the past 3000 years in
southwestern Taiwan

*SHUANGNING TANG¹, Ryuji KENMOTSU¹, Katsura
YAMADA¹, Andrew Tien-Shun Lin² (1. Shinshu Univ.,
2. National Central Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-6] (entry) Paleoenvironmental change in Paleo-Tokyo Bay during MIS 5e inferred from fossil foraminiferal and ostracode assemblages of the Pleistocene Kioroshi Formation, Shimosa Group, northern Chiba Prefecture, central Japan

*Mai HARASHIMA¹, Tsutomu NAKAZAWA², Hirokazu OZAWA³, Minoru KANEKO, Hiroyuki ISHIKAWA, Masahiro NOMURA⁴, Sachiko AGEMATSU¹ (1. University of Tsukuba, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Nihon University, 4. Surugadai University)
4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-7] (entry) Stratigraphic correlation of Quaternary marine deposits beneath the Tokushima Plain inferred from electric conductivity and fossil pollen analyses of the Bando observation well core, western Japan

*Yoshiki SATO¹, Misao HONGO², Kiyohide MIZUNO¹, Rei NAKASHIMA¹ (1. GSJ, AIST, 2. Alps Technical Research Co.)
4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-8] (entry) Sedimentary processes of diatom valves estimated from the fragmentation rate and coexistence rate of both valves in Lake Kitaura, Ibaraki Prefecture, Japan.

*Kento Kumisaka^{1,2}, Yusuke Okazaki¹, Naofumi Yamaguchi³ (1. Kyushu University, 2. National Research Institute of Police Science, 3. Ibaraki University)
4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R22 [Regular Session]History of the Earth

[3poster77-82] R22 [Regular Session]History of the Earth

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R22-P-1] Abrupt ice sheet thinning during Holocene in central Dronning Maud Land, East Antarctica

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Heitaro Kaneda³, Takushi Koyama⁴, Takeshige Ishiwa¹, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Motohiro Hirabayashi¹, Moto Kawamata^{1,5}, Team MDML (1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Chuo University, 4. Oita University, 5. CERi)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-2] (entry) Geochronology and geochemistry of the

turbidites in the Flin Flon belt, Canada: Late Paleoproterozoic Earth's surface environment

*Kento Motomura¹, Shoichi Kiyokawa¹, Kenji Horie², Takashi Sano³, Mami Takehara² (1. Kyushu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. National Museum of Nature and Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-3] (entry) Formation of modern iron-ooidal sands in a shallow-marine hydrothermal environment at Nagahama Bay, Satsuma Iwo-Jima Island, Japan

*Awalina Aprilia Mitasari¹, Shoichi Kiyokawa¹ (1. Kyushu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-4] Preliminary results of carbon isotopic compositions of individual graphite grains in the Early Archean sedimentary rocks from Labrador, Canada

*Motoko Igisu¹, Kentaro Tanaka², Naoto Takahata², Tsuyoshi Komiya², Yuji Sano³, Ken Takai¹ (1. JAMSTEC, 2. University of Tokyo, 3. Kochi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-5] (entry) Appearance of wet climate during the Eocene recorded in freshwater carbonate from Kyushu

*Aki Sakuma¹, Akihiro Kano¹, Yoshihiro Kakizaki¹, Hirokazu Kato¹, Sota Niki², Takafumi Hirata² (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-6] Oceanic phosphorus inventory and atmospheric O₂ levels during the Proterozoic and Phanerozoic eons constrained by a global redox budget model

*Kazumi OZAKI¹ (1. Toho University)

4:00 PM - 6:30 PM

Poster | R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

[3poster83-83] R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R24-P-1] (entry) Sr-Nd-Pb isotopic constrains on the polymetallic mineralization at the Toyoha deposit, Hokkaido, Japan

*Mizuki Ishida¹, Yuki Hieda¹, Shuhei Araki¹, Koichiro Fujinaga^{2,3}, Toru Shimizu⁴, Masaharu Tanimizu⁵, Hitomi Nakamura⁴, Hikaru Iwamori^{6,7}, Shiki Machida^{2,3}, Shigekazu Yoneda⁸, Kentaro Nakamura^{1,2}, Yasuhiro Kato^{3,1,2,7} (1. Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources (FRCER), School of Engineering, The University of Tokyo, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 5. Department of Applied Chemistry for Environment, School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University, 6. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 8. National Museum of Nature and Science, Department of Science and Engineering)

4:00 PM - 6:30 PM

[3ch101-11] R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

Chiar:Yositaka Hashimoto, Yasuyuki Nakamura, Arito Sakaguchi

Mon. Sep 6, 2021 8:00 AM - 11:45 AM ch1 (ch1)

- [R13-O-1] Geological structures of Permian accretionary complex around the Akiyoshi Limestone, and its possible accretionary process
 *Koji Wakita¹, Tomohiro Tsuji¹, Masao Kametaka² (1. Yamaguchi University, 2. Dia Consultants)
 8:00 AM - 8:15 AM
- [R13-O-2] Pore fluid flow with grain dissolution in consolidated sand stone.
 *Takumi MIYAHARA¹, Arito SAKAGUCHI¹ (1. Yamaguchi University)
 8:15 AM - 8:30 AM
- [R13-O-3] The thermal structure and thermal properties around the Ashizuri granite.
 *Shiho Nishizawa¹, Yasutomo Omori², Weiren Lin³, Shun Chiyonobu⁴, Yuzuru Yamamoto¹ (1. Kobe Univ., 2. JAMSTEC, 3. Kyoto Univ., 4. Akita univ.)
 8:30 AM - 8:45 AM
- [R13-O-4] Consolidation anisotropy of Quaternary sedimentary rocks in the eastern part of the Boso Peninsula, central Japan
 *Masahiro Miyazaki¹, Nana Kamiya¹, Weiren Lin¹ (1. Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University)
 8:45 AM - 9:00 AM
- [R13-O-5] Effects of surface frictional condition on a subducting seamount
 *Yuichi Okuma^{1,2,3}, Atsushi Noda³, Hiroaki Koge³, Yasuhiro Yamada⁴, Asuka Yamaguchi¹, Juichiro Ashi^{1,2} (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. FACULTY OF ENGINEERING, KYUSHU UNIVERSITY)
 9:00 AM - 9:15 AM
- [R13-O-6] A watershed of the Nankai forearc basin -Origin of the tectonic swell off the Kii Peninsula and its effect on segmentation of the Nankai seismogenic zones-
 *Gaku KIMURA¹, Yasuyuki NAKAMURA¹, Kazuya SHIRAISHI¹, Gou FUJIE¹, Takeshi TSUJI², Rina FUKUCHI³, Asuka YAMAGUCHI⁴ (1. Japan Agency of Marine Science and Technology, 2. Kyushu University, 3. Naruto University of Education, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)
 9:15 AM - 9:30 AM
- [R13-O-7] [Invited]Proposal to IODP: Drilling and monitoring in Hyuga-Nada to unveil effects of ridge subduction on slow earthquakes
 *Rie Nakata¹, Masataka Kinoshita¹, Yoshitaka Hashimoto², Yohei Hamada³ (1. University of Tokyo, 2. Kochi University, 3. JAMSTEC)
 9:45 AM - 10:15 AM

- [R13-O-8] [Invited] Overview of IODP drilling active backarc basin, Okinawa Trough: ongoing rifting of Eurasian continental margin
 *Makoto Otsubo¹, Co-proponents of scientific drilling Okinawa Trough (1. Geological Survey of Japan)
 10:15 AM - 10:45 AM
- [R13-O-9] Detailed seafloor morphology and geological structure in the southern part of the Okinawa Trough north off Ishigaki Island
 *Ayanori Misawa¹, Ryuta Arai², Masahiko Sato³, Saki Ishino¹, Hiroaki Koge¹, Makoto Otsubo¹, KH-21-3 Shipboard Scientists (1. GSJ, AIST, 2. JAMSTEC, 3. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo)
 10:45 AM - 11:00 AM
- [R13-O-10] Heat flow distribution in the southern part of Yaeyama Rift, southern Okinawa Trough
 *Masa Kinoshita¹, Ayanori Misawa², Ryuta Arai³, Makoto Otsubo², KH-21-3 Scientists (1. ERI/UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC)
 11:00 AM - 11:15 AM
- [R13-O-11] Examining the characteristics of turbidites in the southern part of Okinawa Trough using numerical experiments based on cores from Expedition KH-21-3
 *Zhirong Cai Cai¹, Hajime Naruse¹, Ken Ikehara², KH-21-3 Shipboard Scientists (1. Department of Geology and Mineralogy, Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
 11:15 AM - 11:30 AM

Geological structures of Permian accretionary complex around the Akiyoshi Limestone, and its possible accretionary process

*Koji Wakita¹, Tomohiro Tsuji¹, Masao Kametaka²

1. Yamaguchi University, 2. Dia Consultants

山口県中央部には、東西約15km南北約8kmの広がりをもつ秋吉石灰岩が分布している。秋吉石灰岩は、前期石炭紀から中期ペルム紀の化石を含み、パンサラッサ海において噴火した海底火山の頂部に形成された石灰礁を起源としている。秋吉石灰岩の下位には玄武岩溶岩があり、石灰岩と玄武岩を合わせて、秋吉ユニットとする。秋吉ユニットの南東側と北西側には、チャート-砕屑岩シーケンスの繰り返しからなる大田ユニット(大田層群)と別府ユニット(別府層)がそれぞれ分布している。大田ユニットと別府ユニットは、海洋プレート層序上部の剥ぎ取りによって形成された中期ペルム紀の付加体である。秋吉ユニットの南西側には、砂岩泥岩互層や含礫泥岩層からなる常森層が分布している。常森層については、海溝充填堆積物の付加で形成された説(Sano and Kanmera, 1991)があるが、本報告では、前弧海盆ないし陸棚堆積盆で形成された説(Wakita, 2018)を採用する。従って本報告では、付加体の区分用語として層や層群ではなくユニットを用いるが、常森層にはその用語を適用しない。

秋吉石灰岩は、小澤(1923)によって層序が逆転していることが明らかにされ、その逆転構造の形成については様々な横臥褶曲構造が検討されてきた(藤川ほか, 2019)。一方, Sano and Kanmera (1991)は、秋吉石灰岩が海溝で崩壊する際に上下が逆に積み重なったと考えた。秋吉石灰岩の逆転構造に関するこれらの研究は、いずれも石灰岩体を中心に検討され、同時期に形成された他の付加体構成要素との関係はあまり考慮されてきていなかった。著者らは、秋吉石灰岩周辺の地質体の地質構造に着目し、秋吉石灰岩の逆転構造の形成メカニズムの再検討を試みることにした。今回検討したのは、秋吉石灰岩北西部に分布する別府ユニットの一部である。別府ユニットは、大田ユニットと同様にチャート-砕屑岩シーケンスの繰り返しからなるが、地層の傾斜が低角度であるために、地質図上ではその繰り返しが明瞭ではない。今回調査を実施したのは、美祢市秋芳町別府西部の湯の上川流域及び美祢市於福北西一雁飛山地域である。

湯の上川流域では、地層の走向はほぼ東西方向で、北側が南に南側が北にそれぞれ20-40度傾斜している。標高約150mの湯の上川沿いには泥岩が露出し、標高200-230mに酸性凝灰岩ないし珪質泥岩が露出している。標高230m-300mに主としてチャートが露出しており、調査範囲で一番高い標高220-230mに泥岩優勢な砂岩泥岩互層が分布している。一方、於福西方一雁飛山地域では、標高の低い地点から高い地点に向かって泥岩→酸性凝灰岩ないし珪質泥岩→チャートの順で重なっている。

付加体を形成する海洋プレート層序では、下位からチャート→珪質泥岩ないし酸性凝灰岩→泥岩及び砂岩と重なることが知られており、本調査地域の地層群は、上下が逆転した海洋プレート層序から構成されていることがわかる。つまり、秋吉石灰岩の逆転構造は石灰岩体が単独で逆転しているのではなく、秋吉石灰岩とともに砕屑岩類を主体とした付加体が大規模に逆転していることから、その形成メカニズムを再検討することが必要となる。

引用文献

藤川将之・中澤 努・上野勝美(2019)地質学雑誌, 125, 609-631. 小澤儀明(1923) 地質学雑誌, 30, 227-243.
Sano, H. and Kanmera, K. (1991) Jour. Geol. Soc. Japan, 97, 631-644.
Wakita, K., Yoshida, R. and Fushimi, Y. (2018) Heliyon, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01084>

Keywords: Akiyoshi Belt, Akiyoshi Limestone, Beppu unit, overturned, accretionary complex, Permian

Pore fluid flow with grain dissolution in consolidated sand stone.

*Takumi MIYAHARA¹, Arito SAKAGUCHI¹

1. Yamaguchi University

《研究背景》

海溝型タービダイトは炭酸塩補償深度よりも深く到達することから堆積時に炭酸塩鉱物はほとんど含まれない。固結した後の鉱物脈としてのみ炭酸塩鉱物は観察されてきた。しかし白亜系付加体タービダイト相の四国四万十帯野々川層と下津井層において、数十cmから1m程度の領域に炭酸塩鉱物が異常に濃集している「炭酸塩濃集スポット」が報告された（中川・坂口2016）。この斑状炭酸塩鉱物は、周囲の砂岩粒子である石英や長石の圧力溶解変形をオーバープリントしている点や斑状炭酸塩鉱物と周囲の粒子との関係から、砂岩粒子を溶解しながら進む新たな流体移動のモデルの産状として考えられた（中川・坂口2016）。先行研究では炭酸塩濃集スポットの中心部に注目して研究されたが、中心部には鉱物脈があるなど構成の影響が懸念される。そこで本研究では炭酸塩濃集スポット外縁部からサンプリングされた微細な炭酸塩鉱物について、濃集部形成初期の情報が残されていると考え調査を行った。

《地質概要》

四国四万十帯は主にタービダイトが占め、本調査地域の白亜系下津井層、野々川層、中村層、砂岩優勢砂岩泥岩互層が主体で、砂岩層は石英や長石などの陸源碎屑物からなる。一般に珪質であり、鉱物脈を除けば有孔虫やナノ化石など石灰質微化石を含めて炭酸塩鉱物はごく少ない。

《結果と考察》

希塩酸による中和反応から今回新たに中村層での炭酸塩濃集スポットの存在を確認した。こちらは10cm程の大きさで先行研究に比べると小さい。炭酸塩濃集スポットの内部は珪酸塩の砂岩粒子が溶解しその間隙を炭酸塩鉱物が充填している様子が確認できる。これらの炭酸塩鉱物は微細なものが濃集しており中心部では大きく濃集している一方で外縁部に近づくほど濃集サイズは微細になっている。濃集した炭酸塩鉱物は極小で単一粒子としての観察が困難なものから数百 μm 程度の粒径で観察できるものもあり、これについては炭酸塩濃集スポット中心部にのみ観られ中心部の炭酸塩鉱物は再結晶した可能性がある。また炭酸塩濃集スポットのない一般的な砂岩層についてもごく少量ながら斑状炭酸塩鉱物が観察されており、同様のメカニズムにより付加体砂岩中に普遍的に炭酸塩鉱物が存在している可能性がある。この微細な斑状炭酸塩鉱物についてSEM-EDS分析を行った結果、微細な斑状炭酸塩鉱物には多くの場合においてSiが含まれることが分かった。Siの含有量についてはそれぞれ斑状炭酸塩鉱物によってばらつきがあり分布的な傾向は認められない。またこれらの斑状炭酸塩鉱物の試料からはFeやMgのピークはあまり得られず、斑状炭酸塩鉱物は基本的にカルサイトであるとみる。よって炭酸塩濃集スポットの砂岩粒子が溶解した産状と合わせて考えるとこのSiは流体が珪酸塩の砂岩粒子を溶解していたために混在していると考えることができる。

《引用文献》

中川美菜子・坂口有人, 日本地質学会第123年大会, 2016

Keywords: Shimanto belt, carbonate, calcite, dissolution

The thermal structure and thermal properties around the Ashizuri granite.

*Shiho Nishizawa¹, Yasutomo Omori², Weiren Lin³, Shun Chiyonobu⁴, Yuzuru Yamamoto¹

1. Kobe Univ., 2. JAMSTEC, 3. Kyoto Univ., 4. Akita univ.

花崗岩は、生成に水の関与が不可欠であることから、太陽系の中で唯一それが豊富に確認存在している地球に特有な要素の一つとされ、その過程が注目されている。足摺岬花崗岩体は、中期中新世に西南日本外帯で上昇した多くの花崗岩体の1つである。その化学組成や生成年代は明らかにされている一方、その貫入様式は詳細が明らかになっていない。本研究では、花崗岩の定置メカニズムを知るために、古第三系四万十帯とその上に堆積した中新統三崎層群（前弧海盆）において、応力解析と被熱解析を行った。

応力解析

足摺岬花崗岩体の北方から西方に分布する四万十帯と三崎層群下部にはスレート劈開が発達している。その走向は花崗岩体の北方に位置する窪津漁港でほぼ東一西（N89.9±2.2°E）を示し、西に向かって北東一南西に変化し、西方に位置する片粕大橋では南一北に近づく（N25.9±2.0°E）。この分布が各地点における花崗岩分布近似円に沿っていることから、これらの構造は花崗岩上昇時に形成された可能性がある。調査地域は、沈み込み帯に位置していることから、付加に伴うスレート劈開である可能性があり、より広い範囲における同様の解析から、これらを明確に区別する必要がある。

被熱解析

被熱解析では、最高被熱温度、熱伝導度、それに空隙率の測定を行った。被熱時間を100万年と仮定して、ピトリナイト反射率から見積もった最高被熱温度は、花崗岩近傍の下部～中部三崎層群で一様に300℃程度の高い温度を示す一方、上部（竜串層）において特徴的に低い値を示した。両者の境界付近では、竜串層に向かって連続的に温度が急減する。

さらに同地域における地質体の熱伝導度を、Hot-Disk法（Gustafsson, 1991; Iso, 2008）を用いて測定した。このとき測定面は、均質で異方性がないことを仮定した。下部～中部三崎層群の砂岩は一様に高い熱伝導度（3.2～3.5 Wm⁻¹K⁻¹）を示す一方、上部の竜串層（軟質砂岩）では特徴的に低い値（2.77±0.33 Wm⁻¹K⁻¹）を示した。これは前述の最高被熱温度と整合的である。さらに、熱伝導度と空隙率の間には負の相関（R²＝0.76）が認められ、熱伝導度は空隙率に規制されていることが示された。これらの結果は、調査地域における熱の伝わり方が一様ではなく、竜串層の特徴的に低い熱伝導度によって花崗岩からの被熱を効率的に伝導できなかったことを示す。

以上のことから、本地域における花崗岩からの被熱モデルを以下の2つに区分することができる。1）高い熱伝導度を持ち、一様に300℃程度まで温度が上昇する花崗岩近傍の被熱モデルと、2）低い熱伝導度を持ち、最高被熱温度が特徴的に低い竜串層における被熱モデルである。この境界を花崗岩からの被熱フロントであるとみなし、それぞれに異なる被熱モデルを適応することによって、今後足摺岬花崗岩体の上昇メカニズムを明らかにすることができると期待される。

Gustafsson, S. E., 1991 Transient plane source techniques for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solid materials., *Review of Scientific Instruments*, **62**, 797–804. doi:

10.1063/1.1142087

ISO, 2008 Plastics–determination of thermal conductivity and thermal diffusivity–part 2: transient plane heat source (hot disc) method, International Standard ISO 22007-2. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Keywords: Granite, Thermal conductivity

Consolidation anisotropy of Quaternary sedimentary rocks in the eastern part of the Boso Peninsula, central Japan

*Masahiro Miyazaki¹, Nana Kamiya¹, Weiren Lin¹

1. Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University

南海トラフの熊野海盆では付加体形成に起因した正断層が確認されており（Moore et al., 2013）、付加体だけでなく前弧海盆もプレートの沈み込み運動を記録している可能性が示唆され、プレート境界に位置する日本列島の成り立ちの解明の一助になると期待されている。房総半島には、沈み込み帯に特徴的な一連の構造が陸上に露出し、南から順に付加体、隆起帯、前弧海盆で構成される。これらのうち前弧海盆堆積物では、圧密試験により堆積岩の圧密降伏応力を算出することでその地層の最大埋没深度の推定ができる。この手法により、房総前弧海盆の圧密特性を検討する研究が行われ、形成過程に関連した圧密特性が明らかにされているほか、側方圧縮による圧密の進行が指摘されている（Kamiya et al., 2017）。しかし側方圧縮応力がどの程度、圧密に影響を与えるのかといった、圧密異方性についてはよく分かっていない。本研究では、圧密異方性を明らかにすることを目的として、房総前弧海盆東部に分布する堆積軟岩の圧密試験を行い、堆積構造に対する圧密降伏応力の違いについて検討した。さらに、試料の堆積構造と各種物性値の関係を明らかにするために、岩石の基本的な物性値である引張強度および弾性波速度の異方性を検討すべく、圧裂引張試験および弾性波速度測定を行った。

房総前弧海盆東部に分布する上総層群は第四紀に連続的に厚く堆積した前弧海盆堆積物であり、本研究では、上総層群のうち上位から順に梅ヶ瀬層、大田代層、黄和田層、大原層、勝浦層の泥質岩を試料として用いた。圧密試験では載荷方向が堆積面に対して直交方向と平行方向の2方向で試験を実施した。圧裂引張試験はコアリング方向が堆積面に対して直交と平行の2方向に加えて、平行方向をさらに破断面が堆積面に対して平行か直交かで区別した3方向で行い、弾性波速度測定は、波動伝播方向に対して直行と平行の2方向で試験を行った。

圧密試験の結果、直交方向と平行方向の圧密降伏応力はそれぞれ、梅ヶ瀬層では約1.1MPa、約1.5MPa、大田代層では約5.6MPa、約6.9MPa、黄和田層では約5.6MPa、約5.0MPa、大原層では約8.4MPa、約10.2MPa、勝浦層では、約8.3MPa、約10.7MPaとなり、平行方向の圧密降伏応力は直交方向と比べてほとんど同じか大きくなることが分かった。水平方向の応力が作用しないと仮定した状態では、 K_0 値（直交方向に対する平行方向の応力の比）は動ポアソン比を用いて求められ、 $K_0=0.64\sim0.80$ となる。一方、本研究で得られた圧密降伏応力の直交方向に対する平行方向の比より得られた K_0 値の過去最高値 K_{0MAX} は $K_{0MAX}=0.90\sim1.33$ であり、動ポアソン比から求めた K_0 値よりも大きな値をとる。また圧裂引張試験の結果、破断面と堆積面が平行な方向は他の2方向に対して著しく強度が低下しており、圧密降伏応力よりも顕著に堆積構造を反映した異方性を示した。

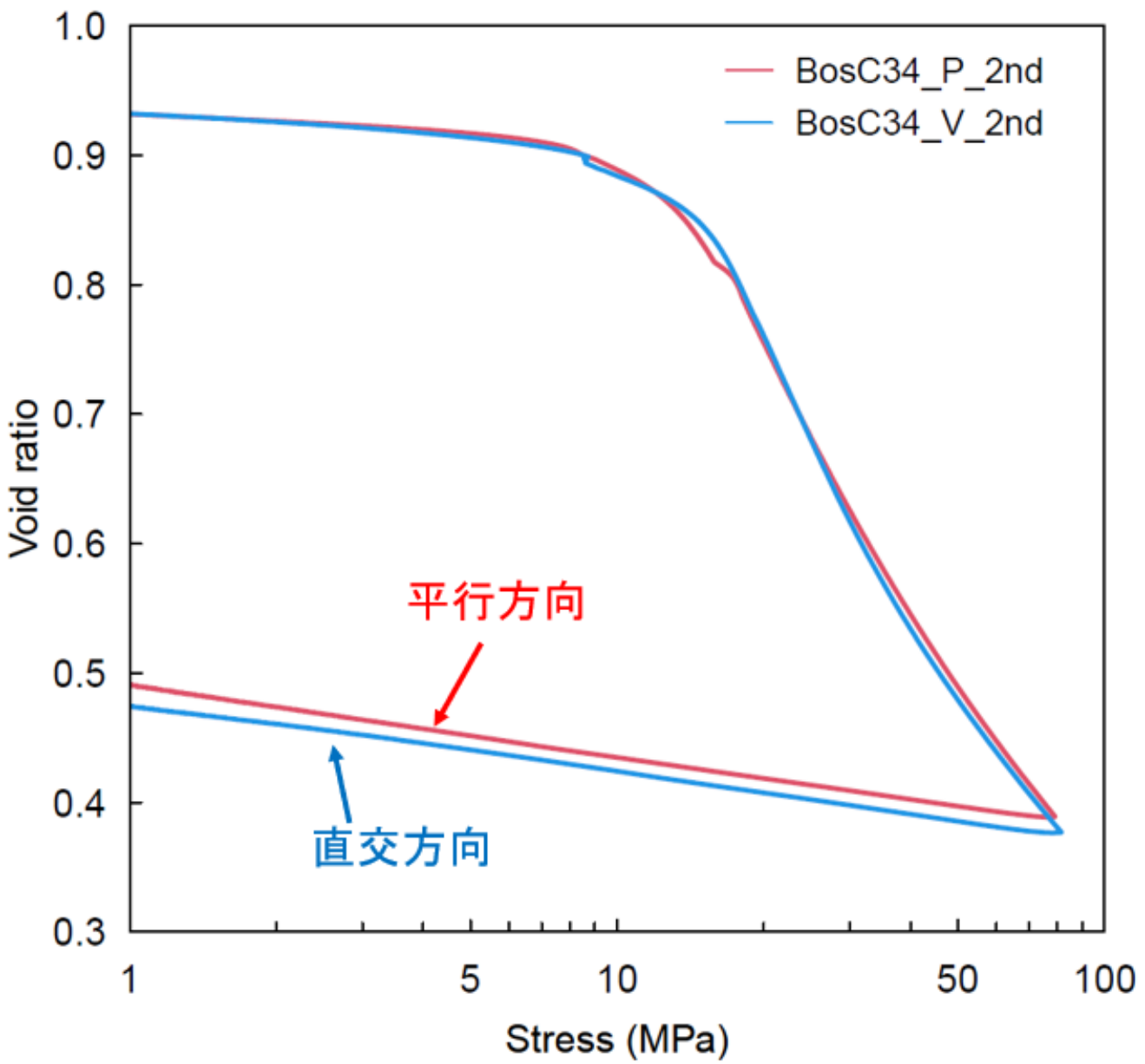
引張強度は、破断面と層理面が平行な方向で弱く直交な方向で強くなる異方性が確認された。一方、圧密試験の結果からは、層理面に対し平行方向の圧密降伏応力が直交方向と同等か、それ以上となる異方性が明らかになり、層理面に平行な方向に対しても、圧密作用を受けている可能性が示された。これらから、堆積層理面は乱されていないものの、圧密異方性は過去に経験した側方圧縮応力を反映していると考えられる。

引用文献

Moore, G.F., Boston, B.B., Sacks, A.F. & Saffer, D.M. (2013). Analysis of normal fault populations in the Kumano Forearc Basin, Nankai Trough, Japan: 1. Multiple orientations and generations of faults from 3-D coherency mapping. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 14, 6,
Kamiya, N., Yamamoto, Y., Wang, Q., Kurimoto, Y., Zhang, F. & Takemura, T. (2017). Major variations in vitrinite reflectance and consolidation characteristics within a post-middle Miocene forearc basin, central Japan. *Tectonophysics*, 710–711, 69–80

Keywords: Consolidation, Anisotropy, Forearc basin, Tensile strength, Elastic wave velocity

大田代層の圧密曲線



Effects of surface frictional condition on a subducting seamount

*Yuichi Okuma^{1,2,3}, Atsushi Noda³, Hiroaki Koge³, Yasuhiro Yamada⁴, Asuka Yamaguchi¹, Juichiro Ashi^{1,2}

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. FACULTY OF ENGINEERING, KYUSHU UNIVERSITY

海山沈み込みは、前弧域の構造を変形・複雑にするだけでなく、プレート境界型地震への影響も指摘されており、研究が必要な現象の1つである。ただしこの過程は数万〜数十万年かけて生じるため、観測により全体像を把握することはできない。この問題に対して、モデル実験を用いて海山沈み込みを再現するという手法で付加体表面・内部の変形様式の研究が行われてきた^{1,2}。その中でも、乾燥砂を用いたアナログ実験(砂箱実験)で海山沈み込みを再現した研究³では、海山表面の摩擦係数が付加体の内部摩擦係数に近い条件で実験を行い、付加体表面に発達するfracture networkや海山と陸側のBackstopに挟まれた領域の圧縮にともなう激しい変形を海山沈み込みに特徴的な構造として報告した。しかし、近年の海域の反射法地震探査からは強い変形を伴わない海山沈み込みが確認されており⁴、実際には海山表面の摩擦係数は付加体の内部摩擦係数よりも低い可能性がある。しかし、海山表面の摩擦条件が付加体変形過程に与える影響を検討した例はない。そこで本研究では、摩擦係数の異なる2種類の物質を用いて、海山表面が低摩擦と高摩擦である場合についてそれぞれアナログモデル実験を行い、付加体変形過程における海山表面の摩擦条件の影響を評価した。

実験は、講演者の一人である山田によって開発された砂箱実験装置を使用し、プラスチック製の円錐(高さ3 cm, 半径14 cm)を縦に半割した海山模型を、堆積物に見立てた砂層(2 cm厚)に沈み込ませることで海山の沈み込みを再現した。同じ装置を用いた先行研究⁵と同様に砂層には豊浦標準砂を使用し、実験での1 cmが天然での1 kmに相当する。海山表面の物質として、低摩擦条件ではテフロンシート(摩擦係数 $\mu = 0.22$)を、高摩擦条件では豊浦標準砂($\mu = 0.59$)を使用した。海山以外の範囲の底面には低摩擦海山と同じテフロンシートを敷いた。また、本実験はYamada et al. (2010)などに倣い、画像解析技術の一つであるデジタル画像相関法を併用し、砂箱内での断層運動を高空間分解能で可視化し^{6,7}、表層の微細な変形の時空間的な変形過程を記載した。画像はインターバルタイマーを用いて砂箱実験装置の上側と側面から撮影を行い、LaVision社製の画像解析ソフト「Davis 8.0」にて解析を行った。

断面観察では、低摩擦海山沈み込み時にはプレート境界断層は海山表面に沿って1本のみ形成されるのに対し、高摩擦条件では断層が海山表面から1.5–2 cm上方を不規則に移動し、相対的に厚い剪断領域を形成する過程が観察された。特に高摩擦海山沈み込み時には、断層が上下へ周期的に繰り返して移動する”fault dancing”⁸が確認された。この現象は、地形と摩擦の2つの効果によって生じると考えられていたが⁸、本研究の結果から地形よりも摩擦条件の影響を強く受けることが初めて確認された。表面観察の結果、低摩擦海山が付加体前縁に沈み込んだ直後に海山直上の領域にのみfrontal thrustが形成されること、その後は周囲(海山の影響がない領域)で付加体が成長することで、海山部に湾入地形が形成されることが確認された。この付加体の局所的成長は、本研究が初めて報告する現象で、海山の存在によって砂層が薄くなっている領域のみで観察された。土質力学的な検討によると、同じ材料を使用する場合には底面摩擦と砂の厚さによってfore-thrustの形成間隔が変化することが知られている^{9,10}。今回の結果は、海山の存在によって相対的に砂層の厚さが薄くなったことで、その領域にだけ間隔の狭いfore-thrustが形成されたと考えられる。一方、高摩擦海山沈み込みでは、実験終了まで一貫して湾入地形が形成された。海山表面の摩擦の違いを、海山を埋積した堆積物の鉛直方向の摩擦強度の不均質性と解釈すると、低摩擦条件は弱面となる層準が存在する場合、高摩擦条件は弱面が存在しない場合と考えることができる。1. Baba et al., 2001, *GRL*. 2. Morgan and Bangs, 2017, *Geology*. 3. Dominguez et al., 2000, *Tectonophysics*. 4. Davidson et al., 2020, *Geology*. 5. Yamada et al., 2010, *Tectonophysics*. 6. Adam et al., 2005, *JSG*, *GRL*. 7. Dotare et al., 2016, *Tectonophysics*. 8. Koge et al., 2018, *PEPS*. 9. Davis and Engelder, 1985, *Tectonophysics*. 10. Gutscher et al., 1996, *Geology*.

Keywords: seamount, sandbox experiment, accretionary prism, image analysis

A watershed of the Nankai forearc basin -Origin of the tectonic swell off the Kii Peninsula and its effect on segmentation of the Nankai seismogenic zones-

*Gaku KIMURA¹, Yasuyuki NAKAMURA¹, Kazuya SHIRAISHI¹, Gou FUJIE¹, Takeshi TSUJI², Rina FUKUCHI³, Asuka YAMAGUCHI⁴

1. Japan Agency of Marine Science and Technology, 2. Kyushu University, 3. Naruto University of Education, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

南海トラフは、地球上で最もデータが蓄積され、研究の進んだプレート沈み込み帯である。研究が進むほどに事象の十桁以上にわたる時空間を繋げた精度で、基本問題への回答の試みが続けられている。

数百～数十万年の時間スケールと列島規模の空間スケールの事象の理解を通して、はじめて答え得る一般問題は多々あるが、その中で今回は、新たな地震反射法探査と深海掘削の具体的データ解析を総合し、以下の問題に迫りたい。

1) 巨大地震発生帯を含めたプレート境界の形状の時間変化と上盤プレートの内部構造形成との関係、2) 表層地形、堆積盆地形成に記録されている事象と沈み込み帯ダイナミクスとの関係、3) プレート境界巨大地震発生帯の上下限、水平方向の境界を決める地質学的要因（構造・岩石物質・物性・状態）

紀伊半島沖隆起帯の位置

具体的研究対象は、紀伊半島潮岬南東沖40~50kmに伸びる北東南西方向の隆起帯である。この隆起帯の東西で種々のコントラストがある。①東側が熊野海盆であり、西側が紀伊水道沖に広がる室戸海盆である。②この隆起帯の東側のプレート境界が昭和および安政地震の東南海地震破壊領域であり、西側が南海地震のそれである(Ando, 1975)。③現在のプレート境界の形状は、この隆起帯の西側が北へ低角に傾斜し、東側がより急角度になっている(Nakanishi et al., 2002)。④隆起帯近傍の上盤プレートは潮岬や半島東部を構成する火成岩地殻からなると推定されている(Kodaira et al., 2006; Kimura et al., 2014 ; Tsuji et al., 2015)。

紀伊半島沖隆起帯、熊野海盆、室戸海盆の地質と構造

北東南西方向に伸びる隆起帯に関しての新たなデータは以下である。①隆起帯は、上盤プレート地殻の異なる地質基盤（火成岩類と付加体）の境界部に形成されている。②熊野海盆側の基盤岩は後期中新・鮮新統付加体、室戸海盆の基盤岩はより古い四万十帯南帯（始新～前中期中新統）を含む付加体の可能性が大きい。③熊野海盆内には、約六百万年以降の数回の不整合が認められている(Moore et al., 2015)。今回、室戸海盆でも新たに確認された。④隆起帯北部でのIODP#358C0025地点での掘削の結果、550m以上に及ぶ堆積物下部の年代は2.58~4.13Maと判明。CCDより浅い海溝斜面での堆積と推定。C0009の掘削の結果による約5.6Maの熊野海盆形成開始推定(Moore et al., 2015)と矛盾しない。

結論

以上の結果、紀伊半島沖隆起帯には、南海トラフにおけるフィリピン海プレートの、現在につながる沈み込み開始（約6Ma）以降の全テクトニクスの歴史が記録されていることが判明した。そのような時間スケールで見た時、南海トラフでの地震発生帯地域分割の原因やプレート相対運動変化をめぐる議論の可否などが見えてくる。講演ではその点も議論したい。

文献

Ando, 1975, *Tectonophysics*, 27(2), 119-140.

Nakanishi et al., 2002, *Journ.Geophys. Res.* 107(B1), EPM-2.

Kodaira et al., 2006, *Journ.Geophys. Res.* , 111(B9).

Kimura et al., 2014: *Tectonics*, 33(7), 1219-1238.

Tsuji et al., 2015; *Earth,Planet. Science Letters*, 431, 15-25.

Moore et al., 2015: *Marine Petroleum Geology*, 67, 604-616.

Keywords: accretionary wedge, Nankai trough, forearc basin, seismogenic zone, subduction zone

[Invited]Proposal to IODP: Drilling and monitoring in Hyuga-Nada to unveil effects of ridge subduction on slow earthquakes

*Rie Nakata¹, Masataka Kinoshita¹, Yoshitaka Hashimoto², Yohei Hamada³

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

Shallow slow earthquakes, which last minutes to years, are important indicators of subduction megathrust slip behavior and future seismic and tsunami potential. Subducting plate roughness and seamounts have been proposed to promote slow earthquakes by inducing local geomechanical and hydrogeological anomalies. In the Hyuga-Nada region offshore Kyushu, Japan, slow earthquakes are repeatedly observed on and near the subducting Kyushu-Palau-Ridge, chain of seamounts thus providing excellent opportunities to explore the effects of seamounts on geomechanical/hydrological/thermal properties, and ultimately seismic coupling. Long-term monitoring enabled by a planned permanent network (N-net) will allow subsurface processes during frequent (~1 year) periodical slow earthquakes and ~M7 earthquakes (~20-30 year interval) to be captured with high fidelity. Our plan consists from drilling and installing observatories at three primary locations in Hyuga-Nada to address two hypotheses: 1) Seamount subduction modulates stress and pore pressure, creates fracture networks and influences the thermal and hydrological state of the margin. 2) The spatiotemporal distribution of slow earthquakes is strongly influenced by seamount subduction. We will drill three primary distinct sites relative to the seamount, to measure physical properties and describe deformation by LWD, APCT-3, and core analysis to characterize in-situ stress state, fracture density, heat flow, and pore fluid flow. Spatial variations in the upper plate disruption caused by seamount subduction will be revealed by comparing results from the three sites; and these will constrain geomechanical, hydrological, and thermal models. We will install a “Fiber-CORK” observatory equipped with conventional pressure and temperature sensors and cutting-edge fiber-optic sensors. The combination will fill a gap in slip durations currently observable in this region with seismic and geodetic instrumentation.

Keywords: IODP, Seamount subduction, Borehole Observatory, Slow earthquakes

[Invited] Overview of IODP drilling active backarc basin, Okinawa Trough: ongoing rifting of Eurasian continental margin

*Makoto Otsubo¹, Co-proponents of scientific drilling Okinawa Trough

1. Geological Survey of Japan

本発表では、IODP沖縄トラフ南部掘削計画の概要について紹介する。活動的な背弧海盆は、大陸の縁を分割して複雑な沈み込み形状を生成しながら、独特の鉱物生成と多様な生物群集を宿す多数の熱水系を持つ特徴をもつ。背弧海盆の開始と進化を支配するメカニズムは地球規模のテクトニクスにおいて長年の問題であった。例えば、リフト活動に注目すると、アフリカ大地溝帯のような大陸リフトでは 10^7 年程度のオーダーで発達する（例えば、Naliboff, J.B. et al., 2017）のに対して、背弧海盆では 10^{5-6} 年オーダーで発達している（例えば、Sibuet et al., 1995）。なぜ背弧海盆の拡大は大陸リフトより速いのだろうか？その速い原因は何であろうか？そこで、我々は琉球弧の背弧海盆である沖縄トラフを対象にIODP掘削計画「Drilling the Okinawa Trough, a backarc basin with ongoing rifting of a continental margin: Riserless drilling to sample fresh faults, volcanics and fluids」のpre-proposalを2020年4月に提出した。

琉球弧では琉球海溝にてフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでおり、その背弧には琉球弧と平行に長さ約1500 kmの背弧海盆（沖縄トラフ）が存在する。沖縄トラフは6~4 Ma頃に現在の大枠が形成され、1.5 Ma頃に拡大を再開して現在も引き続き拡大している（Sibuet et al., 1998）。沖縄トラフの中では南部において拡大プロセスがより進行し、0.1 Ma頃から現在の拡大運動となっている（Sibuet et al., 1995）。沖縄トラフは、気象条件が厳しい南極半島近傍のBransfield Straitとともに現時点においてまだ海洋性玄武岩が海洋底に露出していない地球上で数少ない活動的な大陸縁辺の背弧海盆として、背弧海盆の拡大プロセスの理解のために科学掘削を行う有望なターゲットである。沖縄トラフはリフト活動によって上中部地殻の厚さが10 kmほどに薄くなりつつある（Arai et al., 2017; Nishizawa et al., 2019）。

我々は、沖縄トラフでの科学掘削に向けて背弧拡大部の原動力に関する新しい仮説を提案する。「背弧拡大は断層沿いの流体移動と熱によって引き起こされる地殻の弱体化とリフトゾーンでの歪み集中によって加速する。」と考え、沖縄トラフ南部に3地点の浅い掘削（海底下200~700 m）によってそれらの仮説を検証する。これらの掘削は、堆積物、火山岩、および間隙流体・ガスを採取し、さらに掘削方向への各種物理検層を行う。我々の沖縄トラフ南部での掘削計画の目的は次の2つである：[目的1]トラフ軸周辺の断層の物理的、水文地質学および化学的特性、岩相、形状、微細構造、および熱状態を把握および分析することによって、地殻浅部内の流体循環プロセスを調べる。[目的2]トラフ軸（八重山地溝）の下、先行研究の地震波調査によって把握された潜在的な玄武岩質マグマの上部を含む、海洋底に露出する前の火山岩とその岩相を直接把握する。これらの我々の掘削提案は、沖縄トラフのリフトゾーン内での正断層型地震の地震発生域および琉球弧陸域の両方でコアリングとモニタリングを行うことを目指すための最初の第一歩となる。

[引用文献]Arai, R. et al. (2017) *J. Geophys. Res.*, 122, 622–641; Naliboff, J.B. et al. (2017) *Nat. Commun.* 8, 1179; Nishizawa, A. et al. (2019) *Earth, Planets and Space*, 71:21; Sibuet, J.C. et al. (1995) In: *Backarc basins: tectonics and magmatism*, Taylor B (ed), Plenum Press, New York, pp 343–378; Sibuet, J.C. et al. (1998) *J Geophys Res.*, 103, 30245–30267.

Keywords: Ryukyu arc, Backarc basin, Normal fault, Fluid, Scientific drilling

Detailed seafloor morphology and geological structure in the southern part of the Okinawa Trough north off Ishigaki Island

*Ayanori Misawa¹, Ryuta Arai², Masahiko Sato³, Saki Ishino¹, Hiroaki Koge¹, Makoto Otsubo¹,
KH-21-3 Shipboard Scientists

1. GSJ, AIST, 2. JAMSTEC, 3. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

大陸縁辺に位置する背弧海盆の発達形式の解明は、リソスフェアの発達を理解するための重要な事項と考えられる。大陸縁辺のリフト状態の背弧海盆は沖縄トラフとブランズフィールド海峡に限定されているため、現在のそのような変形の希少性のためによく理解されていない。沖縄トラフ南部では、1.5 Maから断続的なリフティングが発生していると考えられている（Sibuet et al., 1998）。沖縄トラフ南部・八重山海底地溝周辺ではArai et al. (2017)及びNishizawa et al. (2019)により、沖縄トラフを充填するトラフ充填堆積層の構造や八重山海底地溝周辺の地質構造などが最新の反射法地震探査結果に基づいてまとめられている。なかでも、Arai et al. (2017)では八重山海底地溝直下でのマグマ貫入構造の存在、およびトラフ充填堆積層部分に低速であり、かつ低反射率を示す領域を発見し、マグマ溜まりの存在を指摘している。沖縄トラフ南部の現在の状態を明らかにするべく、2021年1月に海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」によるKH-21-3航海にて統合的な海洋地質・地球物理学的調査を実施した。KH-21-3航海ではピストンコアリングやヒートフロー観測などの停船観測と反射法地震探査などの航走観測を実施した。なかでも、航走観測では海底地形調査、マルチチャネル反射法地震（MCS）探査、サブボトムプロファイラー探査、地磁気観測（プロトン磁力計及び船上3成分磁力計）、船上重力観測、およびXCTD観測を実施した。MCS探査では、2基の355立方インチGIガン（総容積710立方インチ）と1,200 m, 48chストリーマーケーブルを使用した。また、プロトン磁力計による地磁気観測では船体磁化の影響を避けるために、船体から約290 m後方で磁力計本体を曳航した。

海底地形調査によって、20 mグリッドの非常に高精度な海底地形データを作成することができ、詳細な海底地形が明らかになった。八重山海底地溝周辺では、おおよそ東西走向のリニアメントが無数に発達している。八重山海底地溝の南方の沖縄トラフ部分にはこれまで未記載の比高約100 mの地形的高まりが2体存在していることが初めて明らかになった。MCS探査では沖縄トラフ南部の地質構造を海底下約2秒の範囲を明らかにできた。沖縄トラフは島弧から連続する基盤層とトラフ充填堆積層の2つに大きく区分できた。上位のトラフ充填堆積層は概ね水平成層で非常に連続的な内部反射面を示す。石垣海丘群の東縁部を通る箇所では、周囲の堆積層と内部反射面が異なる散乱した反射パターンが認められ、これらは火山性物質から構成されると解釈できる。Arai et al. (2017) で指摘されたマグマ貫入構造に相当する箇所では、マグマ貫入に関連する反射面や堆積層の変形が認められた。なお、前述した2体の地形的高まりはこのマグマ貫入構造と隣接する。地形的高まりの内部構造は非常に不鮮明であることから下部からの貫入の存在が示唆されるが、磁気異常観測値では周辺のトラフ充填堆積層部分と同様の値を示している。加えて、八重山海底地溝周辺やトラフ底部分では正断層の発達が多数認められ、その多くが海底面に到達していることから活動的な正断層であることが示唆される。

本発表では沖縄トラフ南部の詳細な海底地形、地質構造および今回発見した地形的高まり周辺の地下構造について現段階の解釈を紹介する。また、2021年8月に実施した新青丸KS-21-17航海の結果についても一部紹介する予定である。

引用文献

Arai, R. et al. (2017) J. Geophys. Res., 122, 622–641; Nishizawa, A. et al. (2019) Earth, Planets and Space, 71:21; Sibuet, J.C. et al. (1998) J Geophys Res., 103, 30245–30267.

Keywords: Okinawa Trough, Yaeyama Graben, Normal fault, Seafloor morphology, Multi-channel Seismic Reflection Survey

Heat flow distribution in the southern part of Yaeyama Rift, southern Okinawa Trough

*Masa Kinoshita¹, Ayanori Misawa², Ryuta Arai³, Makoto Otsubo², KH-21-3 Scientists

1. ERI/UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC

沖縄トラフの拡大は2 Ma以降とされ、南部沖縄トラフではその中軸部付近に八重山中央地溝帯が存在し、その活動が0.1 Ma以降とされる。これまでの構造探査では沖縄トラフ海底に海洋地殻は存在しないと報告されており、したがって沖縄トラフは、(古い)大陸地殻のリフティングの段階にあると考えられる。その仮説を検証するデータの 하나가熱流量である。八重山中央地溝帯(YR)内部ではほぼすべての熱流量が 40 mWm^{-2} と非常に低い。一方その外側の沖縄トラフではデータがほとんどなく、系統的な議論が不可能な状況である。KH21-03 Leg1航海では、本海域において反射法地震探査・ピストンコア採取・熱流量測定・ドレッジ試料採取等が実施された(大坪ほか, 本大会)。ここでは熱流量測定結果を報告する。YR南側斜面から沖縄トラフ南部にかけて、ヒートフロー付ピストン4点、ヒートフロー4サイト(13点)にて熱流量の暫定値を得た。温度-深度分布は、全サイトとも直線的であり、流体移動や水温変動などの擾乱の影響は見られず、表層では熱伝導による放熱が卓越していると考えられる。熱伝導率は全サイトで概ね $1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ であり、典型的な海底表層堆積物の値と一致している。YR南部での熱流量データが増加したが、その値は到底一様とはいえず、既存値と合わせて 40 mWm^{-2} 以下から 120 mWm^{-2} まで、大きくばらついている。YR南斜面での低熱流量は、おそらく現在の高速堆積の影響によるものであろう。あるいはYR内部で現在進行している可能性のある熱水循環の流入域にあたるのかもしれない。一方八重山海丘と石垣海丘の間では8点のデータが得られた。ここはArai et al. (2017JGR)により「magmatic uplift」と名付けられた地形的高まりと、海底下4kmのメルトレンズがある。今回海底地形調査の結果、比高100m程度の海山が2個東西に並んでいることを発見した。熱流量は、西側の海山の何縁および北縁に沿って計測したが、北縁では東に向かって徐々に値が増加することが分かった。特に2つの海山の間地点では 120 mWm^{-2} とこの付近で最も高い値を記録した。同時に実施した構造探査では、海底下200-800msec(往復走時)のあたりに異常反射面が検出され、Araiによるメルトと関連した何等かの熱的活動の存在が示唆される。トラフ底のベース熱流量値は、現時点では明瞭に提示できない。南縁で 70 mWm^{-2} 程度でありこれがベース値とも考えられるが、この地点は南側からのタービダイト供給の影響があり得るため、基盤からの熱流量が擾乱を受けている可能性の検討が必要である。今回は、掘削の事前調査という目的があり、局所的な特徴というよりは、沖縄トラフ全域の傾向を得ることが主目的ではあった。しかしながら、新たにマッピングされた地形高まりの周辺で局所的な熱流量異常が検出されたことは大きな成果である。そのため、当初の予測(どこでも一様な熱流量)から大いにはずれた結果を得た。今後観測・解析を行い、沖縄トラフの成因に迫っていきたい。

Keywords: Okinawa Trough, IODP, Heat flow, Backarc rifting

Examining the characteristics of turbidites in the southern part of Okinawa Trough using numerical experiments based on cores from Expedition KH-21-3

*Zhirong Cai Cai¹, Hajime Naruse¹, Ken Ikehara², KH-21-3 Shipboard Scientists

1. Department of Geology and Mineralogy, Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Okinawa Trough is an actively rifting back-arc basin and an important area for examining the tectonic history of the Ryukyu subduction zone (Arai et al., 2017). Past studies showed that the main sources of sediment deposition in the southern part of Okinawa Trough were Taiwan and the East China Sea continental shelf (Milliman & Kao, 2005; Katayama, 2007). The main process of sediment transportation to the Okinawa Trough was turbidity currents in addition to hemipelagic sediment transport. Estimating sediment flux from Taiwan as well as local sediment input from volcanic arcs into this region is important for understanding the development of the Okinawa Trough and the temporal changes in orogenic activity in Taiwan. However, the scale and source of turbidity current events related to the depositional process within the region is still unclear. The KH-21-3 expedition surveyed the southern part of Okinawa Trough and four piston cores were obtained. Each core contained more than one turbidite unit. In order to better understand the origin and scale of turbidity current events that resulted in turbidites in the southern part of Okinawa Trough, we conducted a 2D numerical experiment of turbidity current events using a shallow water equation model that reproduced turbidites in borehole cores. This presentation will contain a preliminary report of the characteristics of turbidites within the cores obtained from KH-21-3 and results from numerical experiments. Reference: Arai, R., Kodaira, S., Yuka, K., Takahashi, T., Miura, S., and Kaneda, Y. (2017), Crustal structure of the southern Okinawa Trough: Symmetrical rifting, submarine volcano, and potential mantle accretion in the continental back-arc basin, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 122, 622– 641, doi:10.1002/2016JB013448. Katayama, Hajime (2007): Budget and transport process of terrigenous sediments in the East China Sea. *Chishitsu News*, 634, 15-20.

Keywords: Turbidity Current, Turbidite, Numerical Experiment

[3ch112-19] R14 [Regular Session]Tectonics

Chiar:Asuka Yamaguchi, Ayumu miyakawa, Rina Fukuchi

Mon. Sep 6, 2021 1:00 PM - 3:45 PM ch1 (ch1)

[R14-O-1] Seismogenic source faults in the Tsugaru Peninsula, northern Honshu, Japan

*Hiroshi Sato¹, Tatsuya Ishiyama², Hideo Saito⁴, Mamoru Nakata⁴, Naoko Kato³, Susumu Abe⁴
 (1. The University of Tokyo, Shizuoka Univ., 2. The University of Tokyo, 3. The University of Tokyo, Nihon Univ., 4. JGI, Inc.)

1:00 PM - 1:15 PM

[R14-O-2] An apparent polar wander path for southwest Japan records Cenozoic two-phase rotations with respect to the Asian continent

*Koji UNO¹, Yuta IDEHARA¹, Daichi MORITA¹, Kuniyuki FURUKAWA² (1. Okayama University, 2. Aichi University)

1:15 PM - 1:30 PM

[R14-O-3] [Invited]Cretaceous-Paleogene tectonics of the Akaishi mountains in Southern Nagano

*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹, Yutaka Takahashi¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)

1:30 PM - 2:00 PM

[R14-O-4] [Invited]Geological study for the Cretaceous subduction mega-complexes on the central Kii Peninsula, SW Japan: For unraveling the tectonics at plate convergent margins

*Yusuke Shimura¹, Tetsuya Tokiwa², Makoto Takeuchi³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Shinshu University, 3. Nagoya University)

2:00 PM - 2:30 PM

[R14-O-5] The stress inversion of 3D directional data from calcite e-twins: Accuracy, resolution and paleo-depth

*Atsushi Yamaji¹, Kei Wakamori¹ (1. Kyoto University)

2:45 PM - 3:00 PM

[R14-O-6] Differential stresses and minimum burial depths evaluated from calcite e-twins

*Kei Wakamori¹, Atsushi Yamaji¹ (1. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University)

3:00 PM - 3:15 PM

[R14-O-7] Trench survey on the Chomonkyo Fault in northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 1): Results of Trench Observations

Kotaro Aiyama¹, Akira Fukuchi², *Takahiro Iida³ (1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Hanshin Consultants Co., Ltd., 3. Ceres, Inc.)

3:15 PM - 3:30 PM

[R14-O-8] Trench survey on the Chomonkyo Fault in northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 2): SEM and STEM observations on fault planes

*Kotaro Aiyama¹, Kohei Hirano² (1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Ceres, Inc.)

3:30 PM - 3:45 PM

Seismogenic source faults in the Tsugaru Peninsula, northern Honshu, Japan

*Hiroshi Sato¹, Tatsuya Ishiyama², Hideo Saito⁴, Mamoru Nakata⁴, Naoko Kato³, Susumu Abe⁴

1. The University of Tokyo, Shizuoka Univ., 2. The University of Tokyo, 3. The University of Tokyo, Nihon Univ., 4. JGI, Inc.

はじめに 震源断層の形状や活動性を明らかにすることは、発生する地震・津波災害や地震発生の中期予測にとって重要である。東北日本のような逆断層が卓越する地域では、しばしば断層関連褶曲が形成され、地表近傍での活断層と新第三系基盤岩中の断層の関係が複雑である。また、津軽山地の両縁のように逆断層が幅の狭い隆起帯を形成する場合には、地下での活断層システム全体の検討が必要になる。ここでは、文部科学省の「日本海地震・津波調査プロジェクト」において実施した2020年津軽半島横断地殻構造探査〔1〕と既存の地学資料に基づいて、津軽半島とその周辺の震源断層について述べる。

データ取得 測線は青森湾西側から津軽山地を経て、深浦町千疊敷にいたる59 kmの区間である。反射法地震探査では標準区間においては50m間隔で受振器を展開し、パイプロサイズ4台を用いて100m間隔で発震した。稠密区間（3区間、計35 km）では受振点間隔を25m、発震点間隔を50mとした。屈折法による速度構造解析のため、50ないし100回の多重発震を16点で行った。

構造探査断面の地質構造 測線周辺の地質構造は、西傾斜の断層によって特徴づけられる。これらの断層群は、日本海拡大期に形成されたもので、津軽山地区間や白神山地区間では、P波速度5.4km/s以上の岩体（先新第三系）が周辺に比べ深く、沈降域は西傾斜の正断層運動と整合的な、東側で変化率が大い非対称な形状を示している。津軽山地は東翼急傾斜、西側緩傾斜の非対称複背斜であり、東翼には津軽断層が分布する。津軽断層の東側には、この断層から分岐した青森湾西断層などの活断層が分布する〔2〕。津軽山地の西翼には、活断層である津軽山地西縁断層帯〔3〕が位置するが、山地東翼の断層群に比べ総変位量は少なく、地質構造からは津軽断層などの東翼のバックスラストと解釈される。西傾斜の津軽断層の上盤側で、厚い新第三系に相当する速度構造を示すことは、この断層が日本海拡大期に正断層として形成されたと推定される。1766年明和津軽地震（M7.0）の震央は、津軽断層の深部延長上に位置することから、この断層が震源断層である可能性が高い。津軽平野の鮮新世以降の短縮変形にともなう沈降運動は微弱で、大局的には津軽断層の上盤側に位置することと調和的である。津軽山地の隆起運動は、全体としては正断層の反転運動としてとらえることが可能であり、反転の過程で東翼にfootwall shortcut thrustを生み出し、津軽断層の東側に活断層を形成させた。こうした構造運動のみでは、青森平野から青森湾の先第三系基盤の低下については、説明することができない。この領域の深い堆積盆地の形成をもたらした要因としては、秋田-山形堆積盆地のような中絶リフトを考慮する必要がある。

津軽平野西縁断層 津軽山地には褶曲した厚い新第三系が分布し、平野との境界部では舞戸層や鳴沢層（鮮新-更新統）が急傾斜帯を形成している。速度構造から見て、山地の新第三系基盤は、平野側より低下し、堆積盆地の反転運動を示している。西側の白神山地で厚い堆積層を示す舞戸層は、上部では東方に向かって層厚が増加する。これは津軽平野西縁断層（新称）の正断層から逆断層への反転運動を示している。舞戸層の浮遊性有孔虫から〔4〕、この変形は3.5～1.2Maに開始された可能性が高い。白神山地北縁の日本海沿岸には、海成段丘が分布することが知られている〔5〕。酸素同位体ステージ5e（12.5万年前）の海成段丘面高度は、津軽平野西縁断層の隆起側では西方に向かって次第に上昇し、ステージ5eの旧汀線高度は、100～80 m程度となる。津軽平野西縁断層は重力異常にもよく現れており、西側隆起の構造として岩木山南西麓まで追跡できる。断層深部の傾斜は40度と推定されるので、ネットスリップは1 mm/年に達する可能性のあるA級の活断層となる。まとめ 活断層-震源断層システムは、現在とは異なるテクトニクスのもとで形成された断層が、再活動しているケースが一般的である。従って震源断層の形状推定には、地球物理学的なイメージングとともに構造地質学的な検討が重要である。

文献〔1〕佐藤比呂志ほか、2021年石油技術協会春季講演会 地質探査部門個人講演 17, 2021.〔2〕地震調査委員会:青森湾西岸断層帯の長期評価について、16p., 2004a.〔3〕地震調査委員会:津軽山地西縁断層帯の

長期評価について, 18p., 2004b. [4] 根本直樹:化石, 48, 17-33, 1990. [5] 小池一之, 町田 洋編: 日本の海成段丘アトラス, 122p., 2001.

Keywords: active fault, seismogenic source fault, inversion tectonics, seismic reflection profiling, Tsugaru peninsula

An apparent polar wander path for southwest Japan records Cenozoic two-phase rotations with respect to the Asian continent

*Koji UNO¹, Yuta IDEHARA¹, Daichi MORITA¹, Kuniyuki FURUKAWA²

1. Okayama University, 2. Aichi University

西南日本（内帯）の中生代における見かけの古地磁気極移動曲線（APWP）を構築し、大陸地域のそれと比較するために、西南日本の前期白亜紀110 Maの古地磁気極を決定した。古地磁気分析のための試料として、西南日本の中央部、吉備高原に分布する下部白亜系稲倉層の赤色岩が15地点から採取された。このうち11サイトから、アンブロッキング温度が670~695℃の高温磁化成分が得られ、堆積岩形成時の初生的な特徴的残留磁化であると結論された。これらの初生磁化の方向を既報のものと合わせ、新たな平均磁化方向（ $D = 79.7^\circ$, $I = 47.4^\circ$, $\alpha_{95} = 6.5^\circ$ ）と、それに対応する西南日本を代表する古地磁気極（ 24.6° N, 203.1° E, $A_{95} = 6.8^\circ$ ）が得られた。この前期白亜紀の古地磁気極を、後期白亜紀および新生代の古地磁気極と合わせることで、西南日本の新しいAPWPが構築された。このAPWPは110-70 Maの間、極位置が静止していることを示しており、この地域に明瞭な変動が生じていなかったことを示唆している。この極移動の傾向は、同時代のユーラシア大陸のAPWPに見られる傾向と似ている。この静止状態の後、新生代に2つの大きな極移動トラックが存在する。これらのトラックは、新生代に2回発生した西南日本の時計回りの地殻変動と解釈される。1回目の地殻変動は古第三紀に生じており、中国東北部・遼東半島・朝鮮半島・西南日本から構成される東タンルーブロックの回転運動として生じた。2回目の変動は、新第三紀に日本海を形成する回転運動として生じており、このとき時計回りの回転を被ったのは西南日本のみであった。新生代のアジア大陸東縁部における多段階のリフティング活動が、本研究で観察された地殻変動の原因であると考えられる。この間欠的なリフティング活動は、中生代にアジア大陸とヨーロッパ-シベリア大陸が衝突して巨大なユーラシア大陸が成長したことにより誘発された可能性がある。

Keywords: Apparent polar wander path, Cretaceous, Southwest Japan, East Asia

[Invited]Cretaceous-Paleogene tectonics of the Akaishi mountains in Southern Nagano

*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹, Yutaka Takahashi¹

1. Geological Survey of Japan, AIST

長野県南部に分布する赤石山地は、中央構造線を境界に領家花崗岩類と三波川帯一みかぶ一秩父帯一四万十付帯が帯状に分布している。これらの基盤岩類は、中新世の伊豆一小笠原弧多重衝突に関連した回転変位によって現在の帯状分布が形成されたと考えられてきた(例えば狩野2002)。特に松島(1997)は大鹿地域の胴切り断層を境界に基盤岩が逆くの字型にめくれあがる大構造を提唱している。一方でこの構造が、四万十帯以外にも大きな影響を及ぼしたという年代的・変成岩岩石学的な証拠はない。そこで大鹿地域の詳細な地質構造を検討し、中央構造線及び伊豆弧衝突によって改変されたとされる赤石山地の広域テクトニクスを議論する。

[中央構造線と鹿塩マイロナイト] 大鹿地域には幅1km程度の中温型・低温型マイロナイトが中央構造線に沿って露出している。このマイロナイトのジルコンU-Pb年代測定を実施すると、最も明瞭な年代クラスターは 70.9 ± 0.3 Maの火成岩起源の粒子からなり、他の放射年代と組み合わせた冷却カーブは $\sim 34^\circ\text{C}/\text{Ma}$ となる。Opening angle thermometryと狭在する泥質マイロナイトのP-T条件の制約から中温型及び低温型マイロナイトの変形温度を、それぞれ $350\text{--}400^\circ\text{C}$, $450\text{--}550^\circ\text{C}$ と見積もった。またPseudosection modelingと地質温度計で見積もったマイロナイト形成時の温度圧力条件を考慮すると、領家変成作用を経験した岩石が、三波川帯変成帯緑泥石帯～ザクロ石帯相当相の温度圧力条件 ($450\text{--}530^\circ\text{C}$ / $4\text{--}8$ kbar)まで沈み込むことで形成したと明らかにした。以上の情報を集約すると、71 Ma頃の最末期火成活動が終了後、69–67 Maと66–64 Maに大規模な構造運動によって活動的島弧から沈み込み帯へ領家変成岩が沈み込む時に鹿塩マイロナイトが形成されたと示唆される。その後沈み込み境界面で深部から上昇してきた三波川帯と接合し、60–50 Maには脆性–延性転移領域 (BDT)を超えて現在の基盤岩構造の骨格が形成された。

[大鹿地域の三波川帯～秩父帯～四万十帯] 大鹿地域には、低角度構造の弱変成秩父帯から四万十帯が広く分布すると報告されている(天竜川上流域地質図調査・編集委員会, 1984)。しかし詳細な碎屑性ジルコンU-Pb年代測定を実施すると、小渋川流域及び塩川流域の弱変成秩父帯はすべて白亜紀前期の三波川帯であることが明らかになった。秩父帯が分布するのは、三峰川流域以北と仏像構造線付近の一部地域となり、大鹿地域ではみかぶ緑色岩の東側にも三波川帯がフェンスターとして露出する。一方でめくれ上がり構造の根拠となった小渋断層や他の胴切り断層は存在しておらず、すべて低角度な地質構造と南北系の実在断層で岩相分布を説明できる。

これらの調査結果を総括すると、大鹿地域では三波川帯一みかぶ緑色岩一四万十帯が低角度な地質構造で露出することで、より構造的上位の地質体(戸台層・秩父帯)が欠損している。この低角度な構造は、めくれ上がり構造に期待される逆転をとともなう垂直な地質構造では説明できず、基盤岩分布は伊豆弧衝突前の構造を保存していると示唆される。つまり60-50 Maに起きた大部分な変成岩上昇イベントで周囲の付加体構造の分布も完成したことを示唆している。中央構造線では60-50 Maに、引張応力場で多数の正断層が形成されたことが報告されている(例えばKanai and Takagi, 2016)。この時期は、Izanagi-Pacific ridgeが沈み込むタイミングでもある。この時の海嶺が底付け付加することで楔を変形させ、楔の鋭角度が上限を超えると、楔上部で正断層が生じる(Platt 1986)。このモデルは高压変成岩の上昇モデルとして提唱されているが、中央構造線及び周囲の付加体の構造発達史を考える上でも重要な古第三紀テクトニクスといえる。今後同様の低角度構造が分布する紀伊半島や四国中央部との対比を行い、中央構造線の活動と関連した白亜紀–古第三紀テクトニクスの比較が必要である。

[参考文献] 狩野 (2002), 地震研究所彙報, 77, 231-248. 松島信幸 (1997), 飯田市美術博物館研究紀

要, 7, 145-162. 天竜川上流域地質図調査・編集委員会 (1984), 中部建設協会, 414p. Kanai, T., & Takagi, H. (2016). *Journal of Structural Geology*, 85, 154–167. Platt, J. P. (1986). *Geological Society of America Bulletin*, 97, 1037–1053.

Keywords: Median Tectonic Line, Ryoke metamorphic belt, Sanbagawa metamorphic belt, Cretaceous-Paleogene tectonics

[Invited] Geological study for the Cretaceous subduction mega-complexes on the central Kii Peninsula, SW Japan: For unraveling the tectonics at plate convergent margins

*Yusuke Shimura¹, Tetsuya Tokiwa², Makoto Takeuchi³

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Shinshu University, 3. Nagoya University

【はじめに】 西南日本外帯には、一般的に北から南へ、三波川（高压型）変成岩類、秩父付加体、および四万十付加体が帯状に分布している。近年、碎屑性ジルコンU-Pb年代を用いた研究により、三波川変成岩類の陸源碎屑岩がジュラ紀の秩父付加体を越えて、その南方に分布する白亜紀の四万十付加体の陸源碎屑岩と同じ堆積年代を示すことが明らかになった（例えば、Aoki et al., 地質雑, 2007; Hara et al., *Isl. Arc*, 2017; Nagata et al., *Isl. Arc*, 2019; Tokiwa et al., *J. Asian Earth Sci.*, 2021）。すなわち、白亜紀当時の日本列島が位置していたプレート収束域においては、深部で三波川変成岩類が、浅部で四万十付加体が形成されていたことが想定できる。プレート収束型テクトニクスを理解する上で、同時期の高压型変成岩類（三波川）と付加体（四万十）がどのように形成し、上昇の後、陸上に露出したのかを明らかにすることは重要である。これまで演者らは、三波川変成岩類と四万十付加体の境界が陸上で観察できる紀伊半島中央部において、野外での岩相・地質構造・変形構造の把握、炭質物ラマン分光分析に基づく変成温度の見積もり、および碎屑性ジルコンU-Pb年代測定に基づく陸源碎屑岩の堆積年代の制約を行ってきた。本講演では上記の研究結果を紹介すると共に、三波川変成岩類と四万十付加体を含めた白亜紀沈み込みメガコンプレックスの形成・上昇テクトニクスについて議論する。

【地質区分の再検討】 紀伊半島中央部に分布する白亜紀メガコンプレックスに関しては、1970年代より精力的に研究が行われてきた（例えば、大和大峯研究グループ, 地球科学, 1976; 栗本, 地質雑, 1982; 佐々木・磯崎, 地質雑, 1992; 竹内, 地調月報, 1996）。しかし、先行研究の間で地質区分の踏襲や対比が行われず混乱を招いていた。演者らは、岩相と構造的位置に基づき、構造的上位から下位へ、香束・色生・麦谷・高原川・赤滝・榎尾コンプレックスの6つに区分することを提案する。

【変形構造・変成温度・堆積年代】 上記のコンプレックスは、変形構造の特徴に基づき、三波川タイプ（香束・色生）・麦谷タイプ（麦谷）・四万十タイプ（高原川・赤滝・榎尾）の3タイプに大分できる。三波川タイプでは片理面・伸長線構造・褶曲といった三波川変成岩類の上昇に関連した変形構造（例えば、Wallis, 地質雑, 1990）が、麦谷タイプでは四万十付加体の付加過程に関連したblock-in-matrix構造（例えば、Needham, *Geol. Mag.*, 1987）とそれをオーバープリントする三波川変成岩類の上昇に関連した変形構造が、四万十タイプではチャート・碎屑岩シーケンスの繰り返しや四万十付加体の付加過程に関連した変形構造が認められる（Shimura et al., *Isl. Arc*, 2020; Shimura et al., *J. Asian Earth Sci.*, 2021; 本研究）。これら変形構造の違いに応じて、三波川タイプでは280~440 °Cおよび麦谷タイプでは280~290 °C（Shimura et al., *J. Asian Earth Sci.*, 2021）、四万十タイプでは280 °C以下（Awan and Kimura., *Isl. Arc*, 1996のイライト結晶度より）の変成温度が得られる。また、三波川タイプの陸源碎屑岩は後期白亜紀末期~暁新世初期、麦谷タイプの陸源碎屑岩は前期白亜紀末期~後期白亜紀末期、四万十タイプの陸源碎屑岩は前期白亜紀末期~暁新世初期の最若ジルコン年代を示す（例えば、大藤ほか, 地学雑誌, 2010; 志村ほか, 地質雑, 2017, 2020; 太田ほか, 地質雑, 2019; Shimura et al., *Isl. Arc*, 2019, 2020; 本研究）。麦谷タイプと四万十タイプでは下位ほど若くなる年代極性が認められる。

【議論】 以上の研究結果より、日本列島が位置していたプレート収束域では、前期白亜紀末期~暁新世初期に沈み込んだ物質が深部ほどより構造的上位に上昇したと考えられる。また、本テクトニクスが生じた時期は少なくとも暁新世初期以降であるといえる。四国西部の三波川変成岩類（三波川タイプ）には、始新世前期のひわだ峠層（成田ほか, 地質雑, 1999）が被覆している。白亜紀メガコンプレックスの上昇イベントが西南日本外帯の広域にわたって同時期に起きたとすると、本テクトニクスは近年提案されている60~50 Maのイザナギー太平洋海嶺の沈み込み（例えば、Seton et al., *Geophys. Res. Lett.*, 2015）と関連している可能性がある。

Keywords: tectonics, plate convergent margins, Sanbagawa, Shimanto, SW Japan

The stress inversion of 3D directional data from calcite e-twins: Accuracy, resolution and paleo-depth

*Atsushi Yamaji¹, Kei Wakamori¹

1. Kyoto University

方解石ではe面{01-12]にそって機械的雙晶が形成される。これにともなう、方解石粒子は微小な剪断変形をこうむる。この雙晶形成が可能なのは、剪断方向への分解剪断応力が、ある臨界値 τ_c をこえる場合である（ τ_c の値は5~10 Maとされる；e.g., Lacombe, 2010. Oil & Gas Sci., 65, 809-838）。この条件にもとづいて、雙晶の三次元的姿勢情報から雙晶形成時の偏差応力テンソルを推定するための逆問題を構成し、解くことができる。正確にいうと、決定されるのは主応力軸の方向、応力比、および、差応力を τ_c で規格化した無次元差応力である。雙晶の方向データを5次元パラメータ空間に写像して得られるデータ点のクラスター解析を行うことにより、これが実現される。異なる時代の異なる応力状態でできた雙晶が混在している場合には、複数の応力状態を分離検出することができる。検出すべき応力の妥当な数は、ベイズ情報量規準を使って推定される。

本研究では、人工データを使ってこの方法の精度と分解能を検討した。応力を仮定して人工データをつくり、それからその応力が検出できるかを検討したわけである。また、天然データに適用し、雙晶形成時の深度の推定を試みたので、概要を報告する。

まず、単一の応力を仮定し、測定誤差や τ_c 値の変動などの擾乱がある場合とない場合を検討した。その結果、測定誤差の影響が大きいことがわかった。といっても、解の誤差は角度の平均測定誤差の半分程度だった。次に無次元差応力の決定精度を検討した。その結果、これが12程度をこえない小応力でできた雙晶では主応力軸も応力比も無次元差応力も精度よく決まった。しかしそれをこえた大応力でできた雙晶のインバージョンでは、無次元差応力の精度は落ち、20程度を越えると精度を失った。しかしその場合でも、主応力軸と応力比は精度よく決定することができた。

さらに、応力を2つ仮定して人工データを生成し、データから仮定した応力を復元できるか検討した。その際、両方の応力とも、応力比0.5と無次元差応力5を仮定した。主軸方向が2つの応力で近いほど分離しにくいことになる。テストの結果、2つの応力の主軸方向の不一致を表す角度が10~20°をこえると、応力を分離検出することがわかった。これは地質学的研究で十分な分解能である。

最後に天然データへの適用である。データは石垣島の始新統石灰岩中の方解石脈からEBSDでとられた102データである。結果として横ずれ断層型応力と正断層型に近い応力が検出された。無次元差応力はそれぞれ9.25と32.3であった。後者は上記の限界を超えているので、32.3という値はたんに無次元差応力が 10^1 の桁というぐあいに大きかったことを示すにすぎない。そこで、精度がよいと思われる横ずれ断層型のほうについて、雙晶形成時の深度を検討した。すなわち、主軸方向と応力比と無次元差応力がわかったので、Byerlee則を仮定し、 τ_c を5~10 MPaと置いて摩擦すべりの臨界有効応力を計算し、最小埋没深度を見積もったところ2~4 kmとなった。これはこの地域の新生代地史やtectonic settingと矛盾しない値である。

Keywords: stress inversion, burial depth, mechanical twin, Ryukyu arc

Differential stresses and minimum burial depths evaluated from calcite e-twins

*Kei Wakamori¹, Atsushi Yamaji¹

1. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University

方解石の機械的雙晶から差応力と埋没深度を推定した。その結果、地質学的に矛盾の無い結果が得られたので報告する。方解石雙晶の方向データについて、雙晶を形成したときの主応力軸の方向・応力比・無次元差応力（雙晶を形成するための分解剪断応力 τ_c で差応力を規格化した値）を決定する逆問題を構成し、解くことができる（山路・若森, 本セッション）。他方、方解石雙晶では、その密度（単位長さあたりの雙晶ラメラの数）から差応力を推定する方法も広く行われている。密度から差応力への換算式には、Rowe and Rutter (1990), Sakaguchi et al. (2011), Rybacki et al. (2013) などがある。しかしRybackiらの実験結果を見ると、密度と差応力との相関はよくない。差応力へのこれら2つのアプローチを、実データにもとづいて比較してみた。

外房地域の中期中新統天津層中の2地点の方解石脈から採られた方解石多結晶体に、まず前者の方法を適用した。その結果、2試料からあわせて6種類の応力が検出された。それらの主軸方向は、小断層解析で推定されていた応力と調和的である。差応力の決定については、 τ_c の値が不確定であることがこのアプローチの弱点なのだが、変形実験で推定されている τ_c の値5~10 MPa (e.g., Lacombe, 2010) を使うと、決定された差応力は > 100, 22~44, 43~86, 15~30, 19~38, 23~46 MPaとなった。無次元差応力が20程度より大きな高差応力でできた雙晶では、無次元差応力の決定精度が落ちる。そこで、100 Maをこえるという最初の解を、下の議論からはずす。

差応力と応力比と主軸方向が分かれば、Byerlee則を仮定し、雙晶形成時の埋没深度の最小値を決定することができる（山路・若森, 本セッション）。Kamiya et al. (2020) にならって上載層の代表的密度を2100 kg m⁻³ とすると、サンプリング地点の最小深度は1.1~2.3, 1.5~3.1, 1.5~3.0, 2.2~4.4, 2.1~4.2 kmとなった。これらは外房地域の層序と矛盾がない。すなわち、試料採取層準から上総層群上部までの積算層厚は約4 kmだから（中嶋ほか, 1981；七山ほか, 2016；宇都宮・大井, 2019）、サンプリング地点の埋没深度が1~4 kmのときに雙晶が形成されたと考えられる。

雙晶密度の平均値は2つの試料で55.9 /mmと59.6 /mmであった。Rowe and Rutter (1990)の換算式を使ったところ、上記の2サンプルから推定した差応力は247 ±43 MPaと251 ±43 MPaとなった。これらの値を深度に換算すると20 kmをこえ、天津層の最小埋没深度として非現実的な値になってしまった。原因ははっきりしないが、換算式を作るための変形実験が比較的高温かつ高応力で行われているため、地下数kmという浅所には適用できないのかもしれない。今回、雙晶密度による差応力の推定値が過大になった原因は、この推定方法が単一の応力ステージしか考慮していないことも可能性として考えられる。複数の応力ステージを経験した今回の試料では、密度から換算した差応力が過大評価されたと考えられる。

【引用文献】 Kamiya et al., 2020, *Island Arc*, **29**, e12344. / Lacombe, 2010, *Oil Gas Sci.*, **65**, 809–838. / 中嶋ほか, 1981, 鴨川地域の地質, 1/5万地質図幅. / 七山ほか, 2016, 茂原地域の地質, 1/5万地質図幅. / Rowe and Rutter, 1990, *J. Struct. Geol.*, **12**, 1–17. / Rybacki et al., 2013, *Tectonophysics*, **601**, 20–36. / Sakaguchi et al., 2011, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, L09316. / 宇都宮・大井, 2019, 上総大原地域の地質, 1/5万地質図幅.

Keywords: stress inversion, differential stress, burial depth, mechanical twin, Boso Peninsula

Trench survey on the Chomonkyo Fault in northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 1): Results of Trench Observations

Kotaro Aiyama¹, Akira Fukuchi², *Takahiro Iida³

1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Hanshin Consultants Co., Ltd., 3. Ceres, Inc.

1. はじめに

山口県北東部には、迫田-生雲断層と徳佐-地福断層がNE-SW方向に並走する（佐川ほか，2008）．山内・白石（2013）は、両活断層に挟まれた区間で、複数の沢・尾根の右屈曲等の断層変位地形をENE-WSW方向に連続的に確認し、新たな活断層として長門峡断層を抽出した．しかし、長門峡断層では断層露頭が確認されておらず、その性状や活動時期はほとんど明らかにされていない．我々は、断層破碎部性状を用いた断層活動性評価手法の確立を目的とした調査の一環として、山口市阿東生雲東分渡川の段丘上で長門峡断層を対象としたトレンチやボーリングを掘削した．本発表では主に、トレンチ調査で確認された複数の断層破碎帯や断層面、長門峡断層の活動時期について報告する．

2. 断層破碎帯と未固結堆積物層の概要

トレンチ壁面下部に分布する基盤岩は溶結凝灰岩から構成され、北東壁面の中央部と南東部、南西壁面の中央部では、溶結凝灰岩起源の断層破碎帯が認められた（添付図）．北東および南西壁面の中央部に認められる破碎帯は、長門峡断層のトレース上に位置し、その幅は0.7～1.3 m程度である．また、破碎帯を構成する断層ガウジは4枚のガウジ層からなる層状構造を有し、その4枚のガウジ層はそれぞれ、淡灰色や灰色、淡緑灰色、緑灰色を示す．北東壁面の南東部に認められる破碎帯は幅3～20 cm程度であり、断層ガウジやプロトカタクレサイトから構成される．断層ガウジは主に白色を呈し、層状構造を伴わない．

基盤岩の上位に分布する未固結堆積物層で¹⁴C年代分析やOSL年代分析を実施した結果、Ⅰ層（段丘礫層）上部で129 ± 18 ka、Ⅴ層（崖錐堆積物層）で6,945–6,797 cal BP、Ⅵ層（ローム層）で4,778–4,437 cal BPなどの年代値が得られた．また、Ⅱ層（湿地堆積物層）中には約13万年前に噴出したAso-3テフラ層が分布する．

3. 断層面の性状

断層面は上述の断層破碎帯沿いや、その断層破碎帯の上位で認められる（添付図）．北東および南西壁面の中央部に認められる複数の断層面は、未固結堆積物層を剪断・変形させていることから、第四紀以降に活動したもの（本論では、活断層面と呼ぶ）であり、横ずれ断層に特徴的な花卉構造を6ヶ所で形成している．これらの活断層面のうち、南西壁面で最も連続するものは、現世土壌のⅦb層直下まで剪断する唯一の活断層面であることから、長門峡断層の最新滑り面であると判断した．この最新滑り面の走向・傾斜はN70～80°E・82°NW～78°SEである．さらに、北東壁面の下部から上部にかけて最も連続する活断層面は、その分布位置や分布形態（花卉構造を伴う）、走向・傾斜（N71～72°E・70～86°NW）が、南西壁面の最新滑り面のそれらと酷似していることから、南西壁面の最新滑り面の延長部、つまり最新滑り面であると判断した．両壁面の最新滑り面上に分布する条線のレイク角は10°NEであり、長門峡断層が横ずれ主体の運動センスであることを示す．この運動センスは最新滑り面を含む活断層面が花卉構造を形成していることと矛盾しない．

北東壁面の南東部に認められる断層面はⅠ層に覆われ、上位の未固結堆積物層に変位を与えていないことから、第四紀以降に活動していない断層面（非活断層面）である可能性がある．この断層面は断層ガウジとプロトカタクレサイトの境界に分布し、走向・傾斜はN42～50°E・50～53°SEである．また、断層面上の条線のレイク角は82°SWであることから、縦ずれ主体の運動センスを示し、長門峡断層の横ずれ主体の運動センスと一致しない．

4. 活動時期と活動間隔

花卉構造を構成する活断層面と未固結堆積物層との剪断・被覆関係等からイベント層準を認定した結果、長門峡断層は約13万年前以降から約6,800年前以前の間に少なくとも2度活動した後、約4,500年前以降に2度活動したことが確認された．このことから、長門峡断層の約6,800年前以前の活動間隔は約4,500年前以降のそれに比べ長かった可能性があげられるが、本断層は横ずれ主体であるため、トレンチ壁面から全てのイベント

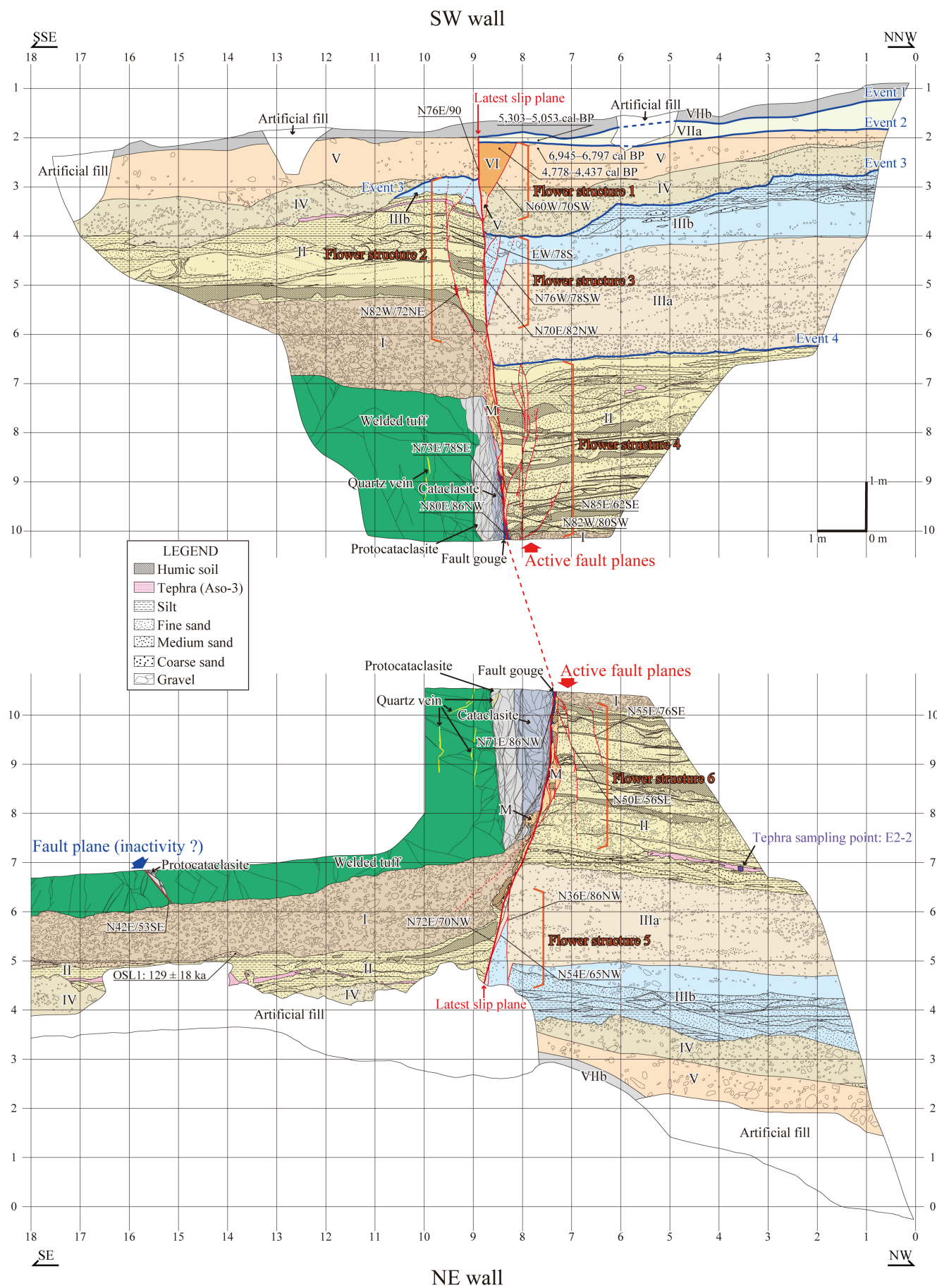
を抽出できていない可能性がむしろ高いと考えられる。

謝辞

本研究の内容は、 ^{14}C 年代分析やOSL年代分析を除き、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（フェーズ2）」によって行われた研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献: 1) 佐川ほか, 2008, 応用地質, 49, 78-93. 2) 山内・白石, 2013, 立命館地理学, 25, 15-35.

Keywords: Active fault, Trench survey, Chomonkyo Fault



Trench survey on the Chomonkyo Fault in northeastern Yamaguchi Prefecture (Part 2): SEM and STEM observations on fault planes

*Kotaro Aiyama¹, Kohei Hirano²

1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Ceres, Inc.

断層運動で変形した粘土鉱物粒子は定向配列を示すことが知られている（例えば、Janssen et al., 2012）。一方、熱水変質により新たに晶出され、断層運動で変形していない粘土鉱物粒子は面-端および端-端接触を伴うランダム配列を呈していた（Janssen et al., 2012, 2014）。したがって、ある断層面が活動を停止した後に熱水変質を被った場合、その断層面を構成する粒子の間（表面）にランダム配列を示す粘土鉱物粒子が新たに晶出する可能性がある。また、新たに晶出した粘土鉱物粒子は一部で断層面を横断しているかもしれない。

長門峡断層は山口県北東部に分布する活断層であり（山内・白石, 2013）、溶結凝灰岩主体の阿武層群（白亜紀後期）に発達する（今岡ほか, 2019）。本断層の周辺では、現在の地温勾配は20 °C/kmで29 °C以上の温泉は存在しないが、白亜紀後期の火成活動で形成された蔵目喜銅山や、0.165 MaのK-Ar年代を示す第四紀火山が分布するため（高橋, 1971; Furuyama, et al., 2002; 西村ほか, 2012）、白亜紀後期から中期更新世までの間には、熱水活動があった時期があると考えられる。

本研究では、長門峡断層で掘削されたトレンチ（相山ほか, 2021）から、約4,500年前以降に活動した断層面（F1）と約13万年前の段丘礫層に覆われる断層面（F2）の試料をそれぞれ、断層ガウジとカタクレーサイトの境界から採取し、SEM・STEM観察等を実施した。SEM観察では、凍結乾燥処理した断層面上を観察した。またSTEM観察では、SEM観察した断層面から条線に平行・断層面に直交する方向で採取された薄片（F1、またはF2を伴う断層ガウジ試料）に含まれる粘土鉱物粒子の分布形態等を観察した。

F1：SEM観察の結果、F1上には条線が認められ、F1はナノサイズの板状粒子（粘土鉱物粒子）から構成されていた（図aおよびb）。STEM観察の結果、粘土鉱物粒子は顕著に定向配列し、P面を形成するものや、F1やR₁面に沿うものがある（図c～e）。以上のSEM・STEM観察では、F1を横断する鉱物粒子やランダム配列する粘土鉱物粒子は認められなかった。

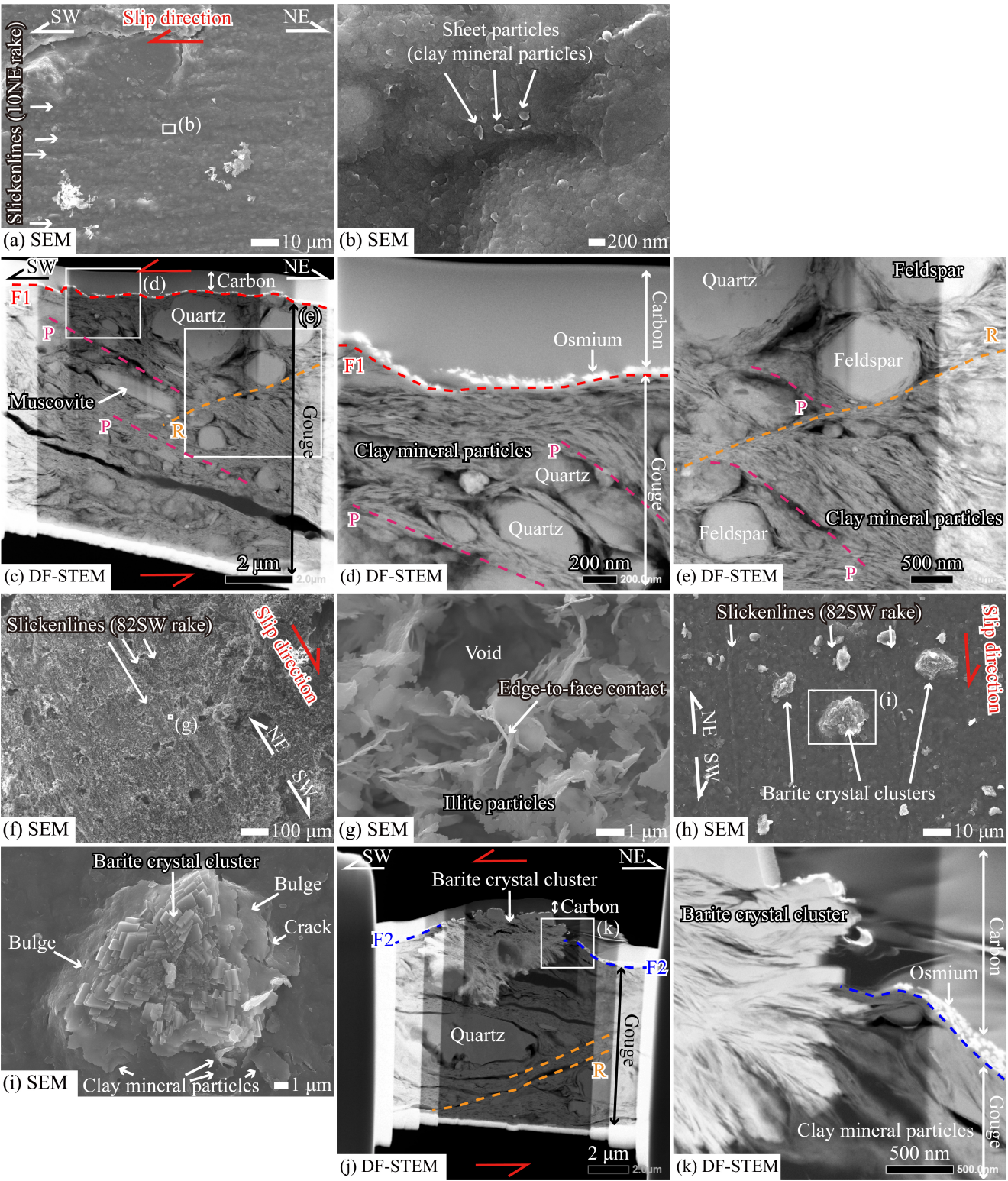
F2：SEM観察の結果、F2上には条線が認められ、多くのランダム配列するイライト粒子と、いくつかの重晶石が見られた（図f～i）。重晶石周辺のF2はバルジ状に盛り上がり、クラックを伴う。また、F2は2 μm程度の粘土鉱物粒子から構成されていた。STEM観察の結果、F2は重晶石を中心に凸状を呈し、重晶石に横断されていたことから（図jおよびk）、断層活動後（F2形成後）に重晶石が断層ガウジを押し広げながら晶出・成長することで、F2が凸状に変形し、クラックが形成されたと考えられる。

以上の結果から、F2は重晶石やランダム配列するイライト粒子が晶出して以降、活動していないと考えられる。また、トレンチ横で掘削されたボーリングコアに認められる熱水粘土脈中のイライトでK-Ar年代分析を実施した結果、73.2 ± 1.6 Maの年代値が得られた。したがって、F2で認められたイライト粒子は約73 Maの熱水活動で晶出した可能性がある。さらに重晶石もまた、熱水鉱脈に産する場合があることから（例えば、黒田・諏訪, 1983）、その熱水活動に関連して晶出したのかもしれない。一方、近傍にあるF1も約73 Maの熱水変質を被っていた場合、その熱水変質以降（例えば、約4,500年前以降）の断層活動によりイライト粒子は定向配列し、重晶石は粉碎されて確認できなくなった可能性がある。

本研究のSEM分析結果は、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（フェーズ2）」によって行われた研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献 1) 相山ほか, 2021, 日本地質学会第128年学術大会講演要旨。2) Furuyama et al., 2002, Bull. Volcanol. Soc. Japan, 47, 481–487. 3) 今岡ほか, 2019, 地質学雑誌, 125, 529–553. 4) Janssen et al., 2012, Jour. Struct. Geol., 43, 118–127. 5) Janssen et al., 2014, Jour. Struct. Geol., 65, 100–116. 6) 黒田・諏訪, 1983, 偏光顕微鏡と岩石鉱物 第2版, 343p. 7) 西村ほか, 2012, 山口県地質図 第3版（15万分の1）および同説明書, 167p. 8) 高橋, 1971, 温泉科学, 22, 39–46. 9) 山内・白石, 2013, 立命館地理学, 25, 15–35.

Keywords: Active fault, Inactive fault, SEM, STEM, fault plane



[3ch201-10] R22 [Regular Session]History of the Earth

Chiar:Kento 1 Motomura, Yuki Tomimatsu, Anju Sakuma

Mon. Sep 6, 2021 8:00 AM - 11:30 AM ch2 (ch2)

- [R22-O-1] Correlation of Cretaceous-Paleogene boundary interval in the circum-Australian basins and plateaus**
 *Junichiro Kuroda¹ (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo)
 8:00 AM - 8:15 AM
- [R22-O-2] Continuous stratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary in the Mino Belt, central Japan**
 *Katsuhito Soda¹, Yuki Tomomatsu², Daisuke Yamashita³, Tetsuji Onoue², Minoru Ikehara¹
 (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi Univ., 2. Dept. Earth. Planet. Sci., Kyushu Univ., 3. Koshiki Museum, Kagoshima Pref.)
 8:15 AM - 8:30 AM
- [R22-O-3] Marine osmium isotope record during the Carnian “pluvial episode” in the pelagic Panthalassa Ocean**
 *Yuki Tomimatsu¹, Tatsuo Nozaki², Honami sato³, Yutaro Takaya⁴, Jun-Ichi Kimura², Chang Qing², Hiroshi Naraoka¹, Tetsuji Onoue¹ (1. Kyushu University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Padova, 4. Tokyo University)
 8:30 AM - 8:45 AM
- [R22-O-4] Enhanced continental weathering in the NW Tethys during the end-Triassic mass extinction**
 *Tetsuji Onoue¹, Jozef Michalik², Hideko Shirozu³, Katsuyuki Yamashita⁴, Misa Yamashita⁴, Kohei Kawakami⁴, Soichiro Kusaka⁵, Katsuhito Soda⁶ (1. Kyushu Univ., 2. Slovak Acad. Sci., 3. Fukuoka City Museum, 4. Okayama Univ., 5. Tokai Univ., 6. Kochi Univ.)
 8:45 AM - 9:00 AM
- [R22-O-5] Formation of modern iron formation: Formation mechanism of iron oxyhydroxide chimney mound and iron oxyhydroxide sediments --Satsuma Iwo-jima, Kagoshima Prefecture --**
 *Shoichi Kiyokawa^{1,6,7}, koki hori^{1,2}, naoya sakamoto^{1,3}, takashi kuratomi^{1,4}, Shusaku Goto⁵, minoru Ikehara⁶ (1. Kyushu Univ. Earth and Planetary Sciences, 2. OYO Corporation, 3. Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., 4. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd, 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 7. University of Johannesburg, Dept. Geology)
 9:15 AM - 9:30 AM
- [R22-O-6] Mapping of biomarkers in the 2.7 Ga sedimentary rocks by MALDI-TOFMS**
 *Hiroki Saito¹, Kosei Yamaguchi², Akira Iziri³, Tomoyo Okumura⁴ (1. Toho University Graduate School, 2. Toho University, 3. Kobe University, 4. Kochi University)
 9:30 AM - 9:45 AM
- [R22-O-7] [Invited]Life on the early Archean Earth – new insights from lenticular microfossils**
 *Kenichiro Sugitani¹ (1. Nagoya University)
 9:45 AM - 10:15 AM

- [R22-O-8] Reconstruction of East Antarctic Ice Sheet changes since the Last Interglacial period using GIA modeling and sediments analysis
*Takeshige Ishiwa¹, Yusuke Suganuma¹, Jun'ichi Okuno¹, Yuki Tokuda², Kota Katsuki³, Toru Tamura⁴, Takuya Itaki⁴, Satoshi Sasaki³ (1. National Institute of Polar Research, 2. Tottori University of Environmental Studies, 3. Shimane University, 4. Geological Survey of Japan, AIST)
10:30 AM - 10:45 AM
- [R22-O-9] Variations of Terrestrial and Marine Organic Burial Rates during Phanerozoic and Their Relationships with Atmospheric Oxygen Level
*Kazuhiro Aoyama¹, Eiichi Tajika¹, Kazumi Ozaki² (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Environmental Science, Toho University)
10:45 AM - 11:00 AM
- [R22-O-10] [Invited]Decoding the History of Surface Environment on Earth and Mars
*Hitoshi Hasegawa¹ (1. Faculty of Science and Technology, Kochi University)
11:00 AM - 11:30 AM

Correlation of Cretaceous-Paleogene boundary interval in the circum-Australian basins and plateaus

*Junichiro Kuroda¹

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

白亜紀-古第三紀(K-Pg)境界は、チクシュルブ小惑星衝突とそれに由来する白金族元素の地球規模での堆積で特徴づけられる。白金族元素のうち、特にイリジウムやオスミウムの濃度とオスミウム放射性起源同位体組成は世界各地のK-Pg層の認定に重要な役割を果たし、そのパターンは堆積層の連続性を評価する指標にもなる。K-Pg境界に限って、これまで、南極海や南大西洋などではオスミウム同位体記録を基にK-Pg境界層の連続性が示されてきた。本研究では、オーストラリア東方沖Lord Howe Rise の Site 208 と南西沖 Mentelle Basin の Site U1614C の掘削コアで報告されている K-Pg 境界層のオスミウム同位体記録を基に、その連続性や岩相変化との関連について議論する。また、他のサイトとの対比を行い、南半球高緯度、特に東 Gondwana 周辺におけるK-Pg層の特徴を検討する。

DSDP Site 208 は Lord Howe Rise 北部に位置し、最上部白亜系までが掘削回収された。厚いチョークに挟まれる厚さ約1mの珪質堆積物の基底部(海底下576.8m)がK-Pg境界であることがナノ化石層序から明らかになっている。この層準ではオスミウム同位体比の一時的な低下が認められるものの、その濃度は低く、K-Pg 境界層はハイエイトスで欠如していると思われる。それでもハイエイトスは短期的で、すぐに珪質堆積物の堆積が始まる。

Site U1514 は Mentelle Basin の深部に位置する。掘削されたコアは新生代と白亜紀の堆積物からなる。海底下393.5 m にK-Pg境界が位置することがナノ化石層序から明らかになった。この層準は、後期白亜紀マーストリヒチアンのチョークと暁新世ダニアンの粘土岩の境界に位置し、激しい生物擾乱で特徴づけられる。この層準では明瞭なイリジウムやオスミウム濃度の低下が認められ、オスミウム同位体比もまた明瞭な低下を示す。この白金族元素の地球化学的特徴はK-Pg境界の特徴をほぼ完全に有しており、K-Pg境界層が連続的に堆積したことが示された。

Keywords: Cretaceous/Paleogene boundary, Os isotope, Eastern Gondwana

Continuous stratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary in the Mino Belt, central Japan

*Katsuhito Soda¹, Yuki Tomomatsu², Daisuke Yamashita³, Tetsuji Onoue², Minoru Ikehara¹

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi Univ., 2. Dept. Earth. Planet. Sci., Kyushu Univ., 3. Koshiki Museum, Kagoshima Pref.

三畳紀/ジュラ紀 (T/J) 境界は顕生累代における五大量絶滅の1つで、ジュラ紀型のアンモナイトや放散虫の出現などによって特徴付けられ、パンサラッサ海遠洋深海域で堆積した美濃帯の層状チャートでも認められる。美濃帯勝山セクションではT/J境界層の年代値を基にしたミランコビッチサイクル層序が構築されるなど (Ikeda and Tada, 2014), その層序学的枠組みはほとんど確立されていると認識されてきた。しかし、勝山セクションの微化石-古地磁気層序の結果はサイクル層序の年代値とは合致せず、例えばT/J境界層付近において構造変形による数十万年以上の層序の欠損が近年指摘されている (Yamashita et al., 2018)。サイクル層序は数万年オーダーの高い解像度を持つが、堆積層の連続性や計算上の仮定に依存するため低い年代決定精度を示す場合がある (Ogg et al., 2014)。そのためサイクル層序の年代決定精度を向上させるには、美濃帯のT/J境界層における連続層序の確立が不可欠である。そこで本研究では、これまでに検討されていないセクションを調査対象にすることで、パンサラッサ海遠洋深海域でのT/J境界層の層序を再検討し、より正確な時間軸と環境変動の復元を目的とした。

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栗栖鉦山セクションと令和2年7月の豪雨災害で出現した坂祝町取組のセクションについ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。年代決定のためにフッ酸処理による放散虫・コノドント化石の抽出を行った。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、採取した試料からは三畳紀末期を示すコノドント化石のほか、ジュラ系基底を特徴付ける放散虫 *Pantanellium tanuense* が産出し、その他に *Pantanellium browni*, *Praehexasaturnalis tetra radiatus*, *Amuria impensa* など確認できた。規格化したMnの存在度に関しては先行研究 (Fujisaki et al., 2020) とは異なり、最上部三畳系では1桁程度低いことから、三畳紀末期のパンサラッサ海遠洋域において還元的な海洋環境が発達していたことが分かった。Mgに関しては先行研究 (Ikeda et al., 2015) のように下部ジュラ系で高くなることから、CAMPのような苦鉄質な物質の供給が想定される。ただしFeに関しては明瞭な差異は認められず、先行研究で指摘されているような海洋酸性化 (Abrajevitch et al., 2013; Ikeda et al., 2015) の影響については現時点では不明である。Crに関しては先行研究 (Fujisaki et al., 2020) では見られない200–500 ppm含む層準が複数検出されたが、強還元環境に特徴的な元素 (MoやUなど) の濃集を伴わないことから、濃集メカニズムとして例えば巨大火成岩岩石区や隕石衝突クレーターの形成と関連づけることができる可能性がある。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微化石層序に加えて、白金族元素などの同位体地球化学分析などを行っていく予定である。

引用文献

- Abrajevitch et al., 2013, *Geology*, **5**, 375–383.
Fujisaki et al., 2020, *ESR*, **204**, 103173.
Ikeda and Tada, 2014, *EPSL*, **399**, 30–43.
Ikeda et al., 2015, *Palaeo3*, **440**, 725–733.
Ogg et al., 2014, *Albertiana*, **41**, 3–30.
Yamashita et al., 2018, *Paleontl. Res.*, **22**, 167–197.

Marine osmium isotope record during the Carnian “pluvial episode” in the pelagic Panthalassa Ocean

*Yuki Tomimatsu¹, Tatsuo Nozaki², Honami sato³, Yutaro Takaya⁴, Jun-Ichi Kimura², Chang Qing², Hiroshi Naraoka¹, Tetsuji Onoue¹

1. Kyushu University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Padova, 4. Tokyo University

三畳紀は全体を通じて高温で乾燥気候であったことが知られているが、約2億3200万年前の後期三畳紀カーニアン階では、降水量が突如激増し、200万年にわたって汎世界的な湿潤化が起こったことが知られている。このカーニアン多雨事象（CPE；Carnian Pluvial Episode）は前期カーニアン（ジュリアン）の最後期から後期カーニアン（チュバリアン）の初頭にかけて発生し、堆積層の明確な変化や海生・陸上生物の絶滅と進化的進化が起こっていたことが知られている(Simms and Ruffell, 1989)。CPE時には複数回の特徴的な有機炭素同位体比の負異常が報告されており、これらを引き起こした要因として、北米西部に分布するランゲリア洪水玄武岩の噴出が提案されてきた。しかしランゲリア洪水玄武岩の年代測定の不確実性の幅は100万年以上に上ることから、ランゲリアの火山活動と気候変動が同時期に起こったと示すことが難しいと指摘されてきた。そこで本研究では、CPEの原因として提案されている火山活動と気候変動の関連性について明らかにすることを目的として、岐阜県東部坂祝町に分布する美濃帯上部三畳系層状チャート（セクションN-O）を対象に、詳細な微化石層序と有機炭素同位体層序による高精度な年代決定を行い、XRFによる主要元素濃度分析、ICP-QMSによる微量元素濃度分析、MC-ICP-MSによるオスミウム同位体比の分析を行った。

研究の結果、高分解能の微化石層序およびオスミウム同位体比分析により、以下のような特徴的なオスミウム同位体比（ $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_i$ ）の変動が認められた。まず(1)前期ジュリアンにおいて緩やかに同位体比が減少し（1.02から0.356）、(2)後期ジュリアンを通じて低い同位体比（0.231から0.474）を示す期間が継続し、(3)ジュリアンの最後期では急激な同位体比の増加（0.282から0.627）が認められた。さらに微量元素濃度分析の結果、ジュリアン末のオスミウム同位体火が最も低下する層準（NCL1）付近において、酸化還元環境に鋭敏な元素であるバナジウムとウランの異常濃集が認められた。

後期ジュリアンにわたって低い同位体比を示す期間が続いたことは、大規模な火山活動に由来する低い同位体比を持つオスミウムが海洋に供給されたことを反映していると考えられる。ジュリアンでは、パンサラサ海におけるランゲリア洪水玄武岩の大規模な噴出や、西南日本のジュラ紀付加体である三宝山帯、ロシアのタウハ帯を構成する海洋島玄武岩の噴出が知られている。これら同一年代にパンサラサ海で噴出した玄武岩は、ランゲリア火成岩岩石区（LIP）を形成していた可能性があり、ジュリアンのパンサラサ海におけるオスミウム同位体比の長期間の低下をもたらしたと考えられる。またコノドント生層序と有機炭素同位体層序を用いた年代決定により、後期ジュリアンの期間においてCPEに特徴的な有機炭素同位体比の負異常が複数認められたことから、ランゲリアLIPの火山活動が活発な時期とCPEの期間が一致することが明らかとなった。さらに微量元素濃度分析の結果、ジュリアン末において酸化還元環境に鋭敏な元素であるバナジウムとウランの異常濃集が認められており、ジュリアン最後期の火山活動が最も活発な時期に、パンサラサ海海洋底にて貧酸素～無酸素化が発達した可能性が示された。ジュリアン末ではコノドントやアンモナイトなどの海生生物の絶滅が知られており、パンサラサ海における還元的海洋環境への変化の原因や絶滅との関連性について、詳細な検討を進める必要がある。

引用文献

Simms, M.J., Ruffell, A.H., 1989, Synchronicity of climatic change and extinctions in the Late Triassic. *Geology* 17, 265–268.

Keywords: Osmium isotopes, Chert, Carnian Pluvial Episode, Wrangellia Flood Basalt, Mino Belt

Enhanced continental weathering in the NW Tethys during the end-Triassic mass extinction

*Tetsuji Onoue¹, Jozef Michalík², Hideko Shirozu³, Katsuyuki Yamashita⁴, Misa Yamashita⁴, Kohei Kawakami⁴, Soichiro Kusaka⁵, Katsuhito Soda⁶

1. Kyushu Univ., 2. Slovak Acad. Sci., 3. Fukuoka City Museum, 4. Okayama Univ., 5. Tokai Univ., 6. Kochi Univ.

今からおよそ2億140万年前に起こった三畳紀末大量絶滅は、中央大西洋火成岩岩石区（CAMP）における大規模な火山活動が引き金になって発生したと考えられている（Marzoli et al., 1999; Davies et al., 2017）。三畳紀末大量絶滅は、低～中緯度の浅海・底生生物において特に高い絶滅率を持つことが知られており（Kiessling et al., 2007）、その原因のひとつとして海洋無酸素事変や有害元素の海洋流出などが提案されている。テチス海北西部の浅海性堆積物に含まれる花粉化石や煤の研究からは、絶滅期間に大規模な森林火災と土壌流出が起こった可能性が指摘されており、土壌流出と海洋無酸素事変との関連性が議論されている（van de Schootbrugge et al., 2020）。しかし土壌流出を示す花粉化石の記録は、現時点ではデンマークとドイツの堆積盆堆積物に限られており、この時期の環境変動や大量絶滅との関係については不明な点が多い。そこで本研究では、後期三畳紀レーティアンから前期ジュラ紀ヘッタンギアンまでの連続した層序が観察されるスロバキアKardolínaセクション（Michalík et al., 2007）の炭酸塩岩-碎屑岩層について、ストロンチウム・ネオジウム・炭素同位体比分析および主要・微量元素分析を行い、テチス海北西部における当時の環境変動を明らかにすることを目的として研究を行った。Kardolínaセクションは、スロバキア北部、Tatra山地の西側斜面に位置し、主にレーティアンFatra層の炭酸塩岩-碎屑岩層と、ヘッタンギアンKopieniec層の碎屑岩層から構成される。セクションの全層厚は約100mである。Fatra層の有孔虫化石群集から、当時の堆積環境は浅海域と考えられている。本研究の薄片観察の結果からも、Fatra層は浅海性生物遺骸やウーイドを含むwackestoneからgrainstoneにより構成され、浅海性の堆積物であることが明らかになっている。炭酸塩岩の炭素同位体比分析の結果、Fatra層最上部で2度の炭素同位体比の負の変動（NCIE）が確認された。先行研究による花粉化石の検討から、これらの負の変動は、レーティアン最末期の*Ricciisporites*-*Polydiisporites*花粉化石帯で起こったことが明らかになっている。そのため、これら2度のNCIEは、テチス海北西部で報告されている"precursor"および"initial" NCIEイベントに比較されると考えられる。淡水結成作用やドロマイト化作用の影響を受けていない炭酸塩岩についてストロンチウム（Sr）同位体比分析を行ったところ、precursorイベントより上位層準において、Sr同位体比の急激な上昇が認められた。Fatra層のネオジウム同位体比分析の結果からは、テチス海北西部のボヘミア地塊がFatra層の陸源碎屑物の供給源である可能性が示唆された。そのため、precursorイベントより上位にみられるSr同位体比の上昇は、ボヘミア地塊の大陸風化が、レーティアン最末期に急激に増加したことを示していると考えられる。本研究では、炭酸塩岩の主要元素濃度に対する多変量解析からも、大陸の化学風化がprecursorイベント以降に促進された結果が得られており、上記のSr同位体比分析の結果を支持している。また本研究からは、このprecursorイベント以降の大陸風化の増加にともなって、特徴的に鉄質ウーイドが形成される堆積環境に移行したことが明らかになった。炭酸塩岩中に含まれる酸化還元に鋭敏なバナジウムやクロム濃度は、鉄質ウーイドが還元的海洋環境下において形成されたことを示唆している。以上の結果から、テチス北西部においては、レーティアン最末期の大陸風化の増加に伴い浅海域が貧酸素～無酸素環境に変化した可能性があり、このような海洋環境の変化が三畳紀末大量絶滅の要因のひとつとなったと考えられる。

引用文献 Davies et al., 2017, *Nat Commun*, 8, 15596; Kiessling et al., 2007, *Palaeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 244, 71-88; Marzoli et al., 1999, *Science*, 284, 616-618; Michalík et al., 2007, *Palaeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 244, 71-88; van de Schootbrugge et al., 2000, *Earth-Sci Rev*, 210, 103332.

Keywords: Triassic, Mass extinction, Slovakia, Tethys Ocean

Formation of modern iron formation: Formation mechanism of iron oxyhydroxide chimney mound and iron oxyhydroxide sediments --Satsuma Iwo-jima, Kagoshima Prefecture --

*Shoichi Kiyokawa^{1,6,7}, koki hori^{1,2}, naoya sakamoto^{1,3}, takashi kuratomi^{1,4}, Shusaku Goto⁵, minoru Ikehara⁶

1. Kyushu Univ. Earth and Planetary Sciences, 2. OYO Corporation, 3. Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., 4. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd, 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 7. University of Johannesburg, Dept. Geology

薩摩硫黄島は九州南沖約50 kmに位置する火山島であり、鬼界カルデラの北西縁に位置する。島の周辺海域には酸性熱水が流出しており、海水と混合することで褐色～乳白色の海水がみられる。特に島南部の長浜湾は溶存鉄や遊離CO₂に富む、pH 4.4 ~ 5.5程度の弱酸性の熱水(四ヶ浦・田崎, 2001; 坂元, 2015)が供給され、析出した鉄酸化物が海底に堆積し、海底湧水部分では水酸化鉄チムニーの存在が明らかになってきた(e.g., Kiyokawa and Ueshiba, 2015, Kiyokawa et al., 2021)。

本発表では、長浜湾における熱水湧出場の特定やチムニーマウンドおよび堆積層における鉄の酸化・沈殿プロセスについて、水酸化鉄の形成・沈殿・沈殿後の続成最初期状況について検討を行った。コア試料は潜水により取得し、堆積物トラップは半年ごとに追加しながら、連続9xrd年間の試料を取得しており、実際の地層に残される堆積層との比較を行っている。取得した試料は、すぐに高知大学海洋総合コアセンターに運び、冷蔵して保存し、記載、CTスキャン、化学分析を行っている。海水の分析: ICP-OES, 結晶構造: XRD (ともに九州大学)を使用した。

海底湧出場所の特定のために、湾内の船付き場(East and West sites)および海岸線における赤外線サーモグラフィドローン探査を行った。結果、今まで明らかでなかった湾内の複数箇所が熱水噴出源が特定され、弱酸性熱水が海水面に広がる様子が見られた。また水質の測定では、海水面付近付近では相対的に低いpH, ORP, EC値と高い濁度を示し、特にpHと濁度値は強い相関を示し、表層付近でpHは最小で濁度は最大であった。海中カメラの水塊画像においても、表層では濁りが強く、海底付近(pH≈8)では析出物の凝集が進み、濁りが弱くなっている。

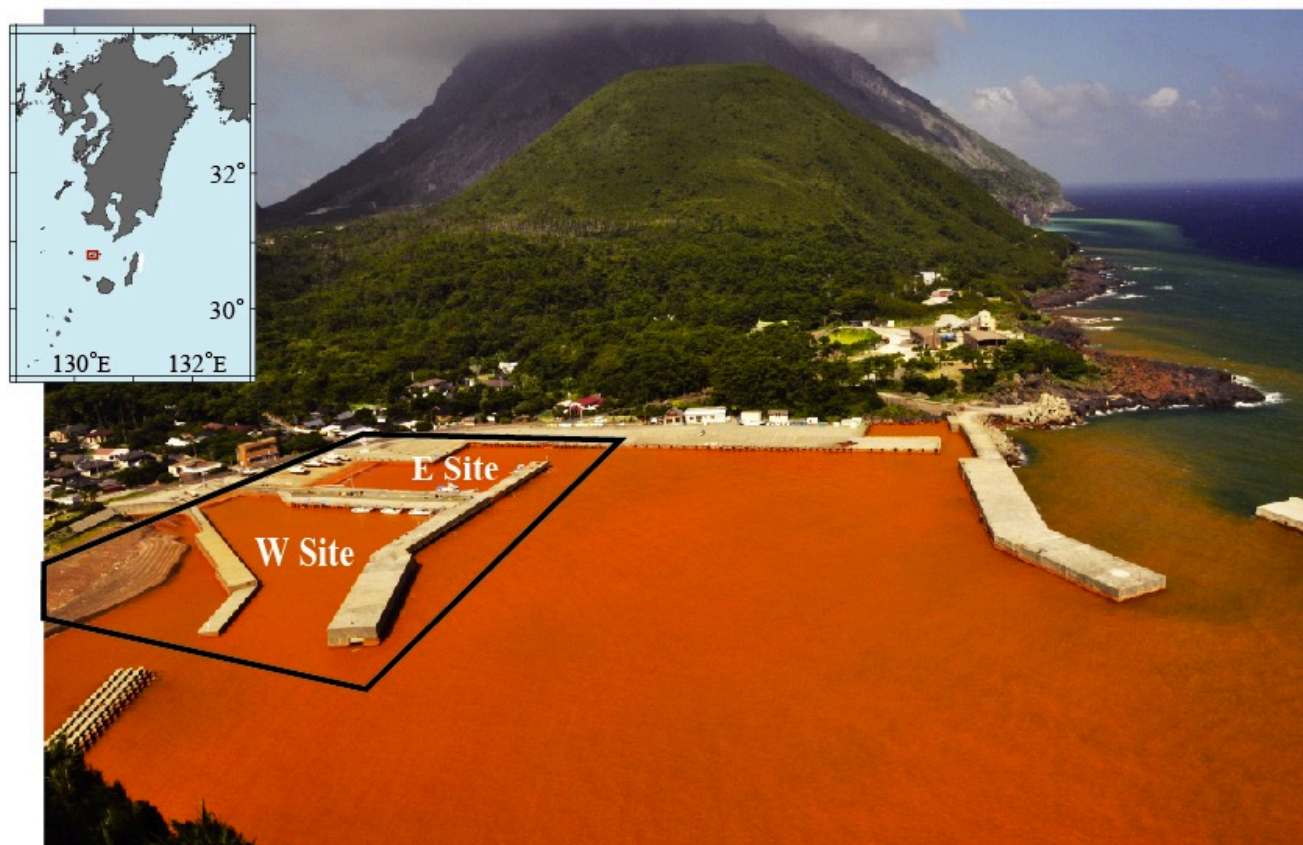
Eastサイトでは、チムニーマウンドが形成されており、比較的古いマウンドについてCTスキャン、薄片観察、電顕観察、微生物(DNA)解析などを行った。マウンドには、細いパイプ上の熱水の抜け後がみられ、パイプはバクテリア形体をした水酸化鉄で形成されていた。水酸化鉄部分は、鉄還元バクテリアに特有のツイストをした組織を持ち、*Zetaproteobacteria* (*Mariprofundus ferrooxydans*: Hoshino et al., 2016)である。一方、Westサイトでは、1-2mの水酸化鉄沈殿層が確認されている。本層の水酸化鉄には、バクテリアの痕跡がほとんどなく、水酸化鉄コロイドや火山性細粒堆積物が互層をする。

海底表層コア試料(約40 cm: 2020年10月取得)について間隙水元素測定を行った結果、海底表層から下に向かってpHの値は海水に近い7.5から熱水に近い5.8程度まで下がり、FeやMn, Siといった元素の濃度が増加した。さらに別の海底コア試料(2020年取得)から採取した試料のXRDを行った結果、堆積物上部(10~20 cmbsf)からはゲーサイト、それ以深からはシデライトのピークが得られた。このシデライトはSEM観察においてこのシデライトは菱形の自形を表していた。つまり、Westサイトでは水塊表層付近では鉄の無機酸化が生じ、まず、水酸化鉄の初生物やゲーサイトの前駆体であるフェリハイドライトとして個体析出する。海水との混合により生じるpHの上昇は、沈殿途中の水酸化鉄の凝集を強く支配していると考えられる。沈殿後、表層付近で一部はゲーサイトに変化し、20-40cmほどから非晶質の水酸化鉄堆積物の再還元・もしくは2価鉄を含む温泉水によりシデライトの形成が考えられる。シデライト結晶は堆積物内でより成長していると考えられる。これは、太古代で見られるシデライトBIFにおいても、堆積直後にはすでに形成可能であることを示唆している。

このように、薩摩硫黄島長浜湾では、2価鉄を含む温泉水の流出により、1)微生物が寄与した水酸化鉄チム

ニーの形成，2）化学的な水酸化鉄形成がみられる．また，海岸線には，水酸化鉄をまとった砂（グラニュール）が広がっている．長浜湾の鉄沈殿物は，太古代/原生代のBIF, GIF, 顕生代の鉄層などの堆積場を考える上で重要な化学的・生物学的なヒントが観察される．

Keywords: Archean, Banded Iron Formation, Iron stone, Satsuma Iwo-jima



Mapping of biomarkers in the 2.7 Ga sedimentary rocks by MALDI-TOFMS

*Hiroki Saito¹, Kosei Yamaguchi², Akira Iziri³, Tomoyo Okumura⁴

1. Toho University Graduate School, 2. Toho University, 3. Kobe University, 4. Kochi University

酸素発生型光合成はいつ始まったのか？ 初期地球の大気－海洋－生命システムの進化において極めて重要であるこの疑問の回答は、まだ得られていない。シアノバクテリアとされる微化石様構造を持つ炭質物は約35億年前のチャートから発見されているが（例：Schopf, 1993）、その起源には疑問が呈されている

（例：Brasier et al., 2002）。約27億年前の黒色頁岩よりシアノバクテリア起源とされるバイオマーカー（2 α -メチルホパン）が報告されているが（Brocks et al., 1999）、これは後の時代の混入（石油の流入や掘削や貯蔵中に混入）である可能性が示唆された（Rasmussen et al., 2008; Brocks, 2011）こともあり、酸素発生型光合成バクテリアの化石記録については議論が続いている（Sessions et al., 2009）。従来のバイオマーカー分析では、岩石粉末から有機溶媒で有機物を抽出するために岩石中の位置情報が失われるので、それが堆積時の微生物の死骸由来（現地性）か、堆積後に石油等の流体として導入された汚染由来か、あるいは試料採取時・保管時・分析時による汚染由来かが、判断ができない。そこで本研究では、医療用に開発された「イメージング質量分析」（iMScope; 原理はMALDI-TOFMS）という新手法を初めて地質試料に応用し、バイオマーカーの位置情報を伴う「その場測定」を行い、その起源を探ることを目指す。本研究では、標準試料 2 α +2 β -, 17 α (H)-21 β (H)-2-Methylhopane、オーストラリア北西部で掘削された約27億年前の黒色頁岩2種（WRL1、RHDH2A）、同地域Tumbiana 層で掘削された約27億年前のストロマトライト炭酸塩岩（ABDP # 10）、を用いた。作成した薄片試料から岩石の薄膜を剥離して測定用のステンレス板に張り付け、海洋研究開発機構高知コア研究所のiMScopeを用いて、バイオマーカーの二次元マッピングを行った。まずは、標準試料がきちんとマッピングできるかどうかを確認するための測定を行った。標準試料をメタノールで溶いた 400pmol/ μ Lの標準溶液を調製し、黒色頁岩の薄片を張り付けたステンレス板の薄片部分と金属部分の直径 1mm程度の微小領域を凹ませ、それぞれのクレーター様の穴に標準試料溶液を滴下した。薄片部分では標準試料を滴下した周辺部を、金属部分では目視により確認した標準試料の塗布の有無が顕著な範囲を、それぞれ測定した。その結果、上記の薄片部分と金属部分の両方において、標準試料を塗布した部分にのみm/z=368.4のピークが検出され、2メチルホパンのフラグメントはm/z=368.4をメインとして検出されることがわかった。先行研究ではホパンのフラグメントはm/z=191.2とされてきたが、今回の標準試料測定ではこのm/z=191.2のピークを検出することはできなかった。これは、本研究のiMScopeと従来法のGC-MSのイオン化の方法の違いによるものと考えられる。本研究は、MALDI-TOFMSによりシアノバクテリアのバイオマーカーとされる2メチルホパンを初めて検出した例となる。他の掘削試料では、約27億年前の浅海性黒色頁岩RHDH2A、深海性黒色頁岩WRL1、含ストロマトライト炭酸塩岩ABDP#10の複数の試料において、m/z=368.4が初生的な堆積構造に沿う局所的な分布を示していることを確認することができた。このことは、2メチルホパンが堆積構造に沿う微生物（の死骸）の局所的な分布をしていることを反映し、かつ、後の時代の混入ではなく堆積時に集積したものであることを強く示唆する。

References Brasier, M.D. et al. (2002) *Nature* 416, 76–81. Brocks, J.J. et al. (1999) *Science* 285, 1033-1036. Brocks, J.J. (2011) *Geochim. Cosmochim. Acta* 75, 3196-3213. Rasmussen, B. et al. (2008) *Nature* 455, 1101-1104. Schopf, J.W (1993) *Science* 260, 640-646. Sessions, A.L. et al. (2009) *Current Biol.* 19, R567-R574.

Keywords: biomarker, black shale, cyanobacteria, MALDI-TOFMS

[Invited]Life on the early Archean Earth –new insights from lenticular microfossils

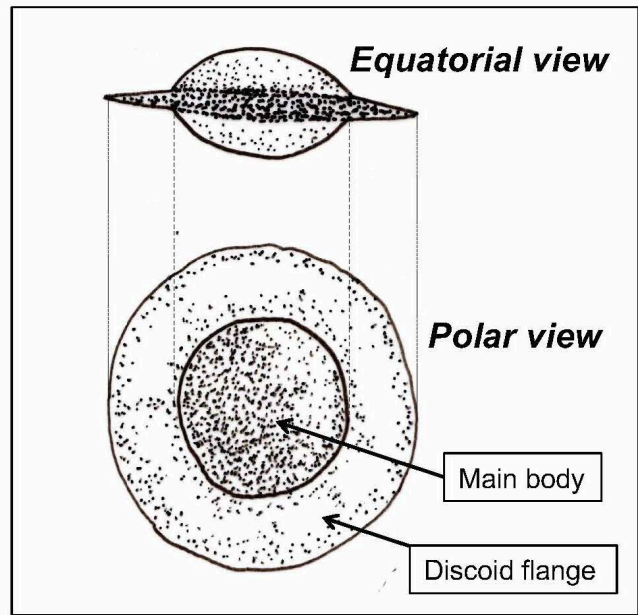
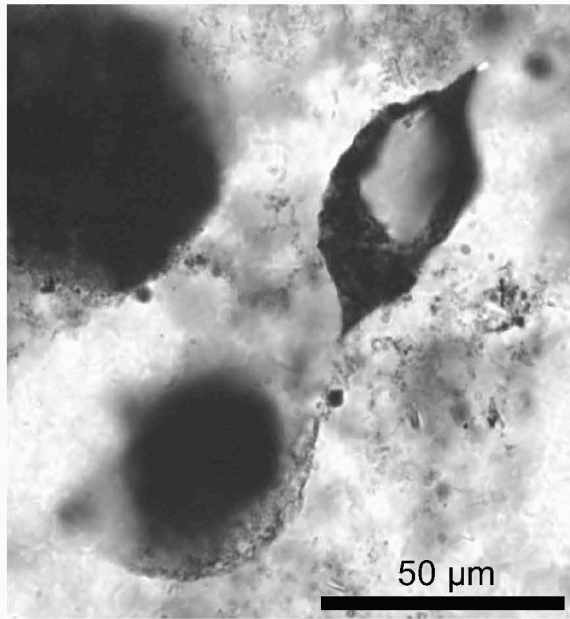
*Kenichiro Sugitani¹

1. Nagoya University

Following several controversies, there now exist sufficient lines of evidence regarding life on the early Archean Earth (>3.0 Ga), which include isotopic and molecular signatures, biologically mediated sedimentary structures (stromatolite), and cellularly preserved microfossils. The early Archean cellularly-preserved microfossils are morphologically diverse, including septate and non-septate filaments, small to large (<1 to 60 μm in diameter) colonial spheres, and lenses (20 to 100 μm across). Among them, the lenses (lenticular microfossils) discovered from the 3.0 Ga Farrel Quartzite and the 3.4 Ga Strelley Pool Formation in the Pilbara Craton, Western Australia, and the 3.4 Ga Kromberg Formation in the Kaapvaal Craton, South Africa, are particularly important. They are composed of a central spheroid body surrounded by thin discoid flange. Although the biogenicity of lenticular structures has long been subjected to skepticism, it has currently been established and widely accepted through multidisciplinary studies performed by over 20 researchers from 6 countries. The next research target is to elucidate the ecology and biological affinity of lenticular microfossils. Our recent studies have shown that lenticular microfossils represent autotrophic and planktonic organisms that had acid-resistant robust envelopes and, if not all, an inner alveolar structure; they can be statistically classified into several groups based on minor morphological variations; and they reproduced by multiple fissions in addition to simple binary fissions. It is likely that lenticular microfossils were photoautotrophs, although it is still equivocal whether they produced oxygen or not. Their robust cell wall might be a consequence of adaptation to the harsh Archean environment, including e.g., violent volcanic activity and repeated asteroid impacts, although the high density of the cell wall had potentially reduced their planktonic habit. Lenticular microorganisms might have had enlarged cell volume and evolved flanges in order to counterbalance this disadvantage. Although comprehensive information about lenticular microfossils remains unavailable, they provide invaluable insights into the ecology and evolution of life on the early Archean Earth and potentially other planets such as Mars.

Keywords: Archean, lenticular microfossils, photoautotrophs, Strelley Pool Formation, Farrel Quartzite , Pilbara Craton

Lenticular microfossils



Reconstruction of East Antarctic Ice Sheet changes since the Last Interglacial period using GIA modeling and sediments analysis

*Takeshige Ishiwa¹, Yusuke Suganuma¹, Jun'ichi Okuno¹, Yuki Tokuda², Kota Katsuki³, Toru Tamura⁴, Takuya Itaki⁴, Satoshi Sasaki³

1. National Institute of Polar Research, 2. Tottori University of Environmental Studies, 3. Shimane University, 4. Geological Survey of Japan, AIST

将来の地球温暖化が危惧されている現在、全球的な気候変動に対する南極氷床の応答を理解することは学術的にも社会的にも喫緊の課題である。東南極氷床は数十メートルの海水準上昇に寄与する淡水を保持しており、地質データからは過去の温暖期において部分的に融解していた可能性が示唆されている（Wilson et al., 2018）。一方、衛星をはじめとする観測データは過去数十年に限られるため、数万～数百年の時間スケールの氷床変動を理解するには、モデルシミュレーションおよび地質データから過去の南極氷床変動史を復元することが不可欠である。

過去の南極氷床変動の復元には海水準データが重要な役割を果たす。南極域の海水準データは氷床変動に伴う全球的な海水量変化と氷床・海水をはじめとする表層荷重による固体地球変形の効果（GIA: Glacial Isostatic Adjustments）を含んでおり、GIAモデルと地質データの比較により氷床変動史に制約が可能である。しかし、最終間氷期から現在における東南極氷床変動史は、時空間的な氷床変動記録の欠如により十分に復元されていない。したがって、本研究はGIAモデルと堆積物試料分析により最終間氷期以降の東南極氷床変動を復元し、その変動メカニズムの解明につなげることを目的とした。

第61次日本南極地域観測隊では、東南極・リュッツォ・ホルム湾の露岩域であるラングホブデとオングル島での地形調査を実施し、陸上・湖沼・海洋堆積物をはじめとする地質試料を採取した。これらの試料は過去の海水準・氷床変動を記録していると期待され、GIAモデルを組み合わせることで過去の東南極氷床変動史の制約が可能である。本発表では、採取した堆積物試料分析の予察的結果を報告する。また、リュッツォ・ホルム湾で既に報告されている海水準変動記録（Miura et al., 1998）を再評価し、GIAモデルにより氷期の東南極氷床変動史を制約した研究成果についても発表する（Ishiwa et al., 2021）。

Keywords: Holocene, Last Glacial Period, Antarctica, GIA modeling, Sea-level change

Variations of Terrestrial and Marine Organic Burial Rates during Phanerozoic and Their Relationships with Atmospheric Oxygen Level

*Kazuhiro Aoyama¹, Eiichi Tajika¹, Kazumi Ozaki²

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Environmental Science, Toho University

大気中の酸素濃度は、顕生代を通じて大きく変動し、節足動物の巨大化や恐竜の繁栄など、生物の変遷にも影響を与えてきたと考えられている[1]。顕生代初期まで、生物による基礎生産や有機物の埋没の大部分は、海洋域のみで生じていたといえる。オルドビス紀からシルル紀にかけて植物が陸上に進出し、それによって陸域においても基礎生産や有機物の埋没が大規模に生じるようになったことで、現在のように、有機物の生産と埋没が、陸と海で生じるようになったと考えられる。有機物の埋没は大気酸素の正味の供給過程であるため、陸と海における埋没の変動は大気酸素濃度の変遷に大きく影響を与えたはずである。しかし、海水の炭素及び硫黄同位体比データを用いた従来の物質循環モデル研究において、陸域及び海洋域を区別した有機物埋没率の変動やそれらの酸素濃度への影響は推定されてこなかった。

そこで本研究では、炭素・硫黄循環結合モデルGEOCARBSULF[2, 3, 4, 5, 6]を改良し、有機物埋没率を陸域と海洋域に分離することでこの問題について検討を行った。富酸素海洋環境には硫酸イオンが豊富に含まれる一方、陸域淡水環境には硫酸イオンはほとんど含まれない。このため、堆積物中の有機炭素と黄鉄鉱硫黄の比(C/S比)には大きな違いが生じる[7]。この堆積環境によるC/S比の違い及び、モデルから復元される全球的な有機炭素と黄鉄鉱硫黄の埋没率の比を用いることで、全球的な有機物埋没率を陸域と海洋域に分離することを試みた。

その結果、陸域における有機物埋没は、維管束植物が出現した後、最古の森林が形成されたシルル紀からデボン紀にかけて初めて有意に生じることが示された。そして、大量の石炭が生成された石炭紀後半からペルム紀前半にかけては、陸域における有機物埋没率が大きく増加するという、従来の推定[8, 9]を裏付ける結果が得られた。また、大量絶滅境界であるペルム紀/三畳紀境界(P/T境界)やフラニアン期/ファメニアン期境界(F/F境界)において陸域における有機物埋没率は大きく低下する一方、海洋域における有機物埋没率は、おそらく大規模で長期間にわたる海洋無酸素イベント(OAE)の発生と関連して増加するという結果が得られた。

顕生代における大気酸素濃度変動に関しては、カンブリア紀~オルドビス紀では海洋域の影響のみしかみられないが、シルル紀~デボン紀では陸域の影響がみえはじめ、石炭紀~白亜紀には主に陸域の影響が、新生代は陸域と海洋域の両方の影響が大きかったという結果が得られた。これは、陸上植物の進出と分布域の拡大、超大陸の内陸部における大森林の発達及び湿地帯の形成による陸上植物の埋没率の増加、ヒマラヤ造山運動に伴う侵食率の増加とそれによる海洋域での堆積速度及び有機物埋没効率の増加といった、陸域と海洋域における変動を反映していると考えられる。

引用文献

- [1] Ward P., 2006, Out of Thin Air: Dinosaurs, Birds, and Earth's Ancient Atmosphere. National Academy Press.
- [2] Berner, R. A., 2006. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*. 70, 5653-5664.
- [3] Berner, R. A., 2006. *American Journal of Science*. 306, 295-302.
- [4] Berner, R. A., 2008. *American Journal of Science*. 308, 100-103.
- [5] Berner, R. A., 2009. *American Journal of Science*. 309, 603-606.
- [6] Royer, D. L., Donnadieu, Y., Park, J., Kowalczyk, J., Godderis, Y., 2014. *American Journal of Science*. 314, 1259-1283.

- [7] Berner, R. A. and Raiswell, R., 1983. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*. 47, 855-862.
- [8] Berner, R. A., 1998. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 353, 75-81.
- [9] Berner, R. A., 2003. *Nature*. 426, 323-326.

Keywords: carbon cycle, C/S ratio, land plants, atmospheric oxygen level, Phanerozoic

[Invited]Decoding the History of Surface Environment on Earth and Mars

*Hitoshi Hasegawa¹

1. Faculty of Science and Technology, Kochi University

地球の表層環境は、数億年スケールで変化する大陸の集合離散に伴う変動や、数万年～十万年スケールで変化する氷期-間氷期サイクル、千年スケールで起こったダンスガード・オシュガー・イベント（DOイベント）など、様々な時間スケールと要因で変化してきた。地層や堆積物に記録される過去の表層環境変動の実態や変動要因を探ることは、温暖化に伴って大きく変動しつつある地球環境の近未来予測の上でも重要である。講演者はこれまで、亜熱帯乾燥域の風成層記録 [1-3]や、温帯湿潤域の湖成層記録 [4,5]、そして亜寒帯の永久凍土記録を調べることで、過去の陸域気候帯の分布変遷や大気循環系の実態解明を試みてきた。本発表では、世界各地の地層や堆積物コアを調べることで明らかになってきた、過去の地球表層環境変動について紹介する。また比較惑星学的な視点から進めてきた火星の表層環境史 [6,7]についても紹介する。

風成層から読み解く白亜紀“温室期”と超大陸パンゲア時代の大気循環

砂漠環境は、ハドレー循環の下降域に当たる亜熱帯高圧帯下（南北20-30°付近）で発達する。また風成砂丘は卓越地表風の風向を大型斜交層理構造として保存する。したがって、風成層の分布や大型斜交層理に記録される古風向を解析することで、過去の亜熱帯高圧帯の位置を復元できる。我々はこの着想に基づき、モンゴル・中国・タイの白亜系風成層を調査して砂漠分布と古風向の解析を行い、過去の亜熱帯高圧帯の位置を復元した [1-3]。そして白亜紀を通じた亜熱帯高圧帯の緯度方向シフトを明らかにし、温暖化に伴うハドレー循環の応答に関する新仮説を提唱した [3]。

また米国中西部（アリゾナ・ユタ・ワイオミング州）に露出する下部ジュラ系風成層（ナバホ砂岩）の調査と古風向パターンの解析により、超大陸パンゲア時代の大気循環系の復元も試みた。その結果、超大陸パンゲアの卓越風系のオービタル変動を反映して、北緯18-27°の緯度帯に縦列砂丘を主体とする砂漠環境が広がったことを明らかにした（Shozaki & Hasegawa, submitted）。

湖成層から読み解く白亜紀および始新世“温室期”の気候変動

人為起源のCO₂排出により、AD2200年には大気CO₂濃度は900ppmを超え、全球平均気温は7.5℃上昇する可能性がIPCCにより指摘されている。近未来の“温室期（Hot house Earth）”における気候変化を予測するために、我々は白亜紀と始新世の年縞（ねんこう）を保存する湖成層を対象として、過去の“温室期”における数年～数十万年スケールの降水量変動の復元を試みた。モンゴルの白亜系湖成層（シネフダグ層）を対象に年代層序の構築と堆積学的解析を行い [4; Island Arc論文賞]、年縞解析とXRFコアスキャナーによる高解像度元素組成変動の解析により、最終氷期のDOイベントと類似した千年周期の急激な気候変化が白亜紀“温室期”に起こっていた事を明らかにした（Hasegawa et al., submitted）。また米国ユタ州の始新統湖成層（グリーンリバー層）を対象とし、同層上部の層状チャートは太陽活動の周期的変動が影響した藻類生産量変動を反映している事を明らかにした [5]。

風成砂丘や球状コンクリーションから読み解く火星の表層環境史

風成砂丘は火星や土星の衛星（タイタン）の表層にも分布する。火星とタイタンの風成砂丘の配列方向を検討した結果、地球とは分布域が異なるものの、各々の大気循環パターンを反映することが明らかになった [6]。火星の地層にはまた、超大陸・超海洋が存在した約40~37億年前の古風向パターンも記録されており、当時の大気循環系の復元も試みている。

またジュラ紀風成層（ナバホ砂岩）中に含まれる球状鉄コンクリーションと、火星メリディアニ平原の地層に含まれる鉄小球（ブルーベリー）とを比較検討することで、火星の表層環境史の謎の解明に繋がった [7]（シンポジウム「球状コンクリーションの科学」でも紹介）。

文献 : [1] Hasegawa *et al.*, 2009, *Jour. Asian Earth Sci.*, 35, 13-26.; [2] Hasegawa *et al.*, 2010, *Island Arc*, 19, 605-621.; [3] Hasegawa *et al.*, 2012, *Climate of the Past*, 8, 1323-1337.; [4] Hasegawa *et al.*, 2018, *Island Arc*, e12243.; [5] Kuma, Hasegawa *et al.*, 2019, *Scientific Reports*, 9:16448.; [6] 長谷川, 2012, *地質雑誌*, 118, 632-649.; [7] Yoshida, Hasegawa, *et al.*, 2018, *Science Advances*, 4:eaau0872.

Keywords: Surface Environment, Eolian dune deposits, Lacustrine deposits, Hot house Earth, Mars

Oral | R16 [Regular Session]The Jurassic +

[3ch211-11] R16 [Regular Session]The Jurassic +

Chair:Shin-ichi Sano

Mon. Sep 6, 2021 11:30 AM - 11:45 AM ch2 (ch2)

[R16-O-1] A global correlation of the Jurassic– Cretaceous boundary among pelagic, neritic and terrestrial sequences in the Pacific and Circum-Pacific regions, and Ocean Drilling Program

*Atsushi Matsuoka¹, Junichiro Kuroda², Erika Tanaka³, Kazutaka Yasukawa⁴ (1. Faculty of Science, Niigata University, 2. AORI, the University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. School of Engineering, the University of Tokyo)

11:30 AM - 11:45 AM

A global correlation of the Jurassic–Cretaceous boundary among pelagic, neritic and terrestrial sequences in the Pacific and Circum-Pacific regions, and Ocean Drilling Program

*Atsushi Matsuoka¹, Junichiro Kuroda², Erika Tanaka³, Kazutaka Yasukawa⁴

1. Faculty of Science, Niigata University, 2. AORI, the University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. School of Engineering, the University of Tokyo

【はじめに】 ジュラ・白亜系境界（JKB）の国際境界模式層断面とポイント（Global Boundary Stratotype Section and Point: GSSP）の策定は、顕生累代で唯一GSSPが未決定の系境界であるため、緊急の課題となっている。この策定に対して大きな力をもつ国際白亜系層序小委員会（ISCS）のベリアシアン作業部会（BWG）の活動について紹介する。このことに関連して、北西太平洋域における国際深海掘削計画についても触れる。

【ジュラ・白亜系境界GSSP策定の現状】 JKBのGSSP策定に際し、BWGは*Calpionella alpina* 亜帯の下限を主要マーカーと定め、その候補として南フランスのTre Marouaセクションを2019年に提案した。しかしながら、ISCSのvoting memberによる票決の結果、この提案は支持されなかった。こうした状況を受け、2021年1月に新たにBWGが組織されることとなった。新しい委員長は、ポーランド地質研究所のJacek Grabowskiである。2021年6月時点で17名の委員のうちアジアからの委員は、松岡と南京地質古生物研究所のLi Gangの2人である。この作業部会の使命は、これまでのBWGと同様に、JKBを定義する主要マーカーを定めることと、ベリアシアンのGSSPを提案することにある。BWGは2月に初回のオンライン会議をもち、これからの活動方針を決めるとともに、定期的にオンライン会議をもつことを合意した。これまで、GSSPに関連で検討されてこなかった中南米のセクションを検討項目に加えるとともに、パンサラサの遠洋域における各種層序をレビューするというのも方針に加えられた。これには、大洋底堆積物における微化石層序や古地磁気層序のレビューも含まれる。

【今後の方向性】 第1回目のBWGオンライン会議は2021年2月11日に開催された。そこでは、アルゼンチンのNeuquen Basinの研究成果が発表された。アンデス山脈の東側の高地に分布する背弧海盆堆積物には島弧からの火山灰も挟まれておりジルコンU–Pb年代が精度よく求められている。この結果によると、これまでのJKBの数値年代よりも5 m.y.程度若い年代が得られている。今後、アルゼンチンのセクションがGSSPの有力な候補となることが予想される。これまで、日本のジュラ・白亜系の層序は、テチス海沿いに対比を繋いでヨーロッパの層序と比較することが多かった。今後は、パンサラサを挟んで対岸の中南米のセクションとの対比が重要性を増す。北西太平洋の遠洋域深海の堆積層は、生層序、化学層序、古地磁気層序などの層序対比に関して高い潜在能力をもつ。西太平洋の遠洋域で得られた層序は、海成層と陸成層とが交互に累重する日本の層序を介して、アジア内陸部の非海成層との対比へと展開しうる。JOIDES Resolution号が太平洋域の戻ってくるタイミングを計って、北西太平洋域におけるIODPによる深海掘削を提案している。

Keywords: Jurassic-Cretaceous boundary, global correlation, radiolaria, deep-sea drilling, western North Pacific

[3ch212-19] R24 [Regular Session] Mineral resources and global material cycles

Chair: Kentaro Nakamura, Kazuhide Mimura

Mon. Sep 6, 2021 1:00 PM - 3:30 PM ch2 (ch2)

[R24-O-1] [Invited] The Core Competence of the Laser Ablation-ICP-MS for Geochemical and Geochronological Studies

*Takafumi Hirata¹ (1. The Univ. Tokyo, Geochemical Research Center)

1:00 PM - 1:30 PM

[R24-O-2] Development of the simple and rapid Re-Os isotope analytical method for organic-rich sediments

*Moei YANO^{1,2}, Junichiro OHTA^{2,1}, Tatsuo NOZAKI^{3,2,4,1}, Yasuhiro KATO^{2,1,3} (1. CIT, 2. Univ. Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. Kobe Univ.)

1:30 PM - 1:45 PM

[R24-O-3] Automatic detection of microfossils by a deep learning technique: Toward constraining depositional ages of REY-rich mud

*Kazuhide Mimura¹, Shugo Minabe², Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Kazutaka Yasukawa², Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kazuhiro Takao², Yasuhiro Kato^{2,1} (1. Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo)

1:45 PM - 2:00 PM

[R24-O-4] High density characterizes REY enrichment in pelagic clay around Minamitorishima Island in the western North Pacific

*Yoichi Usui¹, Kazutaka Yasukawa^{2,3}, Koichi Iijima¹, Hideaki Machiyama¹, Yuji Ichiyama⁴, Erika Tanaka¹, Koichiro Fujinaga³ (1. JAMSTEC, 2. The University of Tokyo, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Chiba University)

2:00 PM - 2:15 PM

[R24-O-5] Os isotopic record during the middle Cretaceous seawater reconstructed by Aki umber deposit as ancient REY-rich mud in the Japanese accretionary complexes

*Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Moei Yano^{1,2}, Yusuke Kuwahara², Kazutaka Yasukawa², Yutaro Takaya^{2,3,4}, Ken Nakayama⁵, Tatsuo Nozaki^{4,2,6,1}, Yasuhiro Kato^{2,1,4}

(1. Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Waseda University, 4. JAMSTEC, 5. Kochi University, 6. Kobe University)

2:30 PM - 2:45 PM

[R24-O-6] Geochemical features of Fe-Mn micronodules in deep-sea sediments around Minamitorishima Island: Potential for co-product metal extraction from REY-rich mud

*Kazutaka Yasukawa¹, Satoshi Kino¹, Keishiro Azami¹, Erika Tanaka^{2,3,1}, Kazuhide Mimura³, Junichiro Ohta^{1,3}, Koichiro Fujinaga^{3,1}, Kentaro Nakamura^{1,3}, Yasuhiro Kato^{1,3} (1. The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Chiba Institute of Technology)

2:45 PM - 3:00 PM

[R24-O-7] Geochemical characteristics of ferromanganese nodules from the Minamitorishima EEZ

*Kentaro Nakamura^{1,2}, Daiki Terauchi¹, Ryo Shimomura¹, Shiki Machida^{2,1}, Kazutaka Yasukawa¹

, koichiro Fujinaga², Yasuhiro Kato^{1,2} (1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology)

3:00 PM - 3:15 PM

[R24-O-8] High-resolution dating of ferromanganese nodules around Minamitorishima Island based on osmium isotopic ratio

*Sota Aoyagi¹, Junichiro Ohta^{1,2}, Keishiro Azami¹, Kentaro Nakamura^{1,2}, Kazutaka Yasukawa¹, Tatsuo Nozaki^{3,1,4,2}, Shiki Machida^{2,1}, Jun-ichi Kimura³, Yasuhiro Kato^{1,2} (1. University of Tokyo, 2. Chiba institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Kobe University)

3:15 PM - 3:30 PM

[Invited]The Core Competence of the Laser Ablation-ICP-MS for Geochemical and Geochronological Studies

*Takafumi Hirata¹

1. The Univ. Tokyo, Geochemical Research Center

岩石・鉱物の化学組成・同位体組成分析は、分析対象成分のダウンサイジング化（微小サイズ化）、高感度化、そして分析の高速化へと推移している。これまで私達、分析化学者は様々な分析技術開発を通じて、多様化・高度化する地質学研究を支援してきた。地質学研究から要求される分析性能は、常に最先端の分析技術の導入が必要であった。試料は様々な元素が共存する複雑なマトリックス組成をもち、さらに試料間でその化学組成が大きく異なる。さらに年代分析・同位体トレーサー研究では、他の応用研究とは一線を画す、桁違いに高い分析精度が要求される。こうした厳しい分析要請を通じて、地質学と分析化学は相乗的に発展してきた。私達の研究グループでも、岩石・鉱物の元素組成・同位体組成分析を目的にレーザーアブレーション-プラズマ質量分析法（LA-ICPMS法）の開発を続けて来た。最近5年のブレークスルーは以下の3つに集約できる。(1) 高感度・高精度年代分析：レーザー発振・集光技術の向上により、数万～数10万年程度の”若い”ジルコンの年代分析（Sakata et al., 2017; Matsu'ura et al., 2020）や、マルチクロノロジー年代学の基盤技術となるジルコン表皮部分の年代分析（Iwano et al., 2013; Iwano et al., 2020; Iwano et al., 2021）が可能となった。この技術は、岩石・鉱物試料だけではなく、最先端機能性材料や生体試料中の超微量元素分析の基盤要素技術となっている（Yokoyama et al., 2011; Makino et al., 2019）。(2) イメージング分析：鉱物学研究では、様々な手法を用いて元素のマッピング分析（イメージング分析）が行われる。LA-ICPMS法は、cmサイズの大型試料に対し、主成分からppbレベルまでの8桁におよぶ多元素同時イメージング分析が可能である。最近2年で、分析の高速化と高空間分解能化、解析の自動化が加速している。(3) 超微粒子（ナノ粒子）の個別元素分析：質量分析技術において大きな進歩を遂げたのが対象イオン計測の高時間分解能化である。時間分解能を従来の100～10,000倍に高めることで、5～400nmサイズのナノ粒子の個別検出（Yamashita et al., 2021）や同位体分析が可能となった（Yamashita et al., 2020; Hirata et al., 2021）。さらに信号の時間プロファイルの特徴から、分析元素の存在形態（溶存体か粒子体か）を区別しながらイメージング分析することにも成功している（Yamashita et al., 2019）。ナノ粒子は、イオン（溶存体）とも固相（微粒子）とも異なる物性を示す。イオンから固相が形成される際に、必ずナノ粒子体を経由するため、固相形成過程あるいは沈殿形成過程で、全く新しい元素分別が誘起される可能性がある。講演者らは、このナノ粒子計測技術を応用することで、鉱床形成機構の解明や、放射性核種の環境動態解析、さらには生体内でのナノ粒子の毒性評価を行う予定である。私達、分析化学者は、全く新しい知見を引き出す分析手法の開発が使命である。2022年初頭には、最新の超高速質量分析計の導入が予定されており、イメージング分析のさらなる高速化やナノ粒子の全元素分析を開始する。本講演では講演者らが取り組んできた5年間の分析技術開発を概説するとともに、地質学研究の最先端研究者から、次の挑戦（分析的な無理難題）の提示を受けたいと考えている。

Keywords: Advanced Analytical Chemistry, Chronology, Imaging Analysis, Nanoparticle Analysis, Zircon

Development of the simple and rapid Re-Os isotope analytical method for organic-rich sediments

*Moei YANO^{1,2}, Junichiro OHTA^{2,1}, Tatsuo NOZAKI^{3,2,4,1}, Yasuhiro KATO^{2,1,3}

1. CIT, 2. Univ. Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. Kobe Univ.

海水中のレニウム (Re)・オスミウム (Os) は有機物と共に沈殿することから、有機物に富む堆積物 (黒色頁岩) は一般的に Re, Os に富むことが知られている [1-4]. Re-Os 放射壊変系 (^{187}Re - ^{187}Os) を用いた堆積物の直接的な年代測定手法は、黒色頁岩そのものや含金属黒色頁岩、原油試料に用いられてきている [5-9]. さらに、海水の Os 同位体比組成は河川水フラックス、熱水フラックスおよび宇宙塵フラックスの3つのフラックスの相対的なバランスによって決定するため、これらのフラックスの相対的变化とそれを生み出す古環境変動に関する情報を得ることができる. この特性は様々な時代の黒色頁岩に適用され、火成活動と黒色頁岩形成との関係や、生物大量絶滅と隕石衝突イベントの関係性などが議論されている [10-13].

黒色頁岩の Re-Os 同位体分析には、一般的に負イオン表面電離型質量分析装置 (N-TIMS) が用いられてきた. N-TIMS による同位体分析には前処理と測定に多くの手間と時間を要し、大量のデータを取得することへの障害となっていた. また、有機物に富む試料の酸化分解には、高い酸化分解力をもつ硫酸酸性クロム酸溶液が用いられてきたが、この方法は環境負荷の高い六価クロムの処理が煩雑であった. これらの分析の煩雑さ、人体への危険性、環境負荷を解決できる可能性のある手法が、MC-ICP-MS と気化法を組み合わせた分析手法である [14-17]. しかし、本手法は Os を十分に酸化させて Ar キャリアガスとともに OsO_4 分子の形で分析機器に導入させるため、有機物の多い試料に対しては十分な酸化力をもつ試薬を選択する必要がある.

そこで本研究では、SGR-1b (USGS, oil shale), JSI-1 (GSJ, slate) の2つの標準岩石試料を分析対象とし、酸化分解には逆王水、過塩素酸を加えた逆王水、硫酸酸性クロム酸溶液を用い、それぞれ酸の量を変えて分析を行った. 測定はマルチコレクタ誘導結合プラズマ質量分析装置 (MC-ICP-MS) と気化法により行った. 分析の結果、逆王水の場合のみは酸化力が不十分で測定可能なイオンビーム強度が得られないことがあったのに対し、過塩素酸を加えた逆王水と硫酸酸性クロム酸溶液では試料が十分に酸化され測定することができた. 本発表ではこれらの結果の詳細を発表し、分析を行う上での最適な試料の前処理条件について議論する.

[1] Ravizza and Turekian, 1989, *Geochim. Cosmochim. Acta.* **53**, 3257-3262. [2] Colodner et al., 1993, *Earth Planet. Sci. Lett.* **117**, 205-221. [3] Cohen et al., 1999, *Earth Planet. Sci. Lett.* **167**, 159-173. [4] Selby and Creaser, 2003, *Chem. Geol.* **200**, 225-240. [5] Selby and Creaser, 2005, *Geology* **33**, 545-548. [6] Selby et al., 2007, *Geochim. Cosmochim. Acta.* **71**, 378-386. [7] Pašava et al., 2010, *Mineralium Deposita* **45**, 189-199. [8] Rooney et al., 2010, *Earth Planet. Sci. Lett.* **289**, 486-496. [9] Cumming et al., 2014, *Geochim. Cosmochim. Acta.* **138**, 32-56. [10] Turgeon et al., 2007, *Earth Planet. Sci. Lett.* **261**, 649-661. [11] Turgeon and Creaser, 2008, *Nature* **454**, 323-327. [12] Tejada et al., 2009, *Geology* **37**, 855-858. [13] Georgiev et al., 2017, *Earth Planet. Sci. Lett.* **461**, 151-162. [14] Hassler et al., 2000, *Chem. Geol.* **16**, 1-14. [15] Schoenberg et al., 2000, *International Journal of Mass Spectrometry* **197**, 85-94. [16] Nozaki et al., 2012, *Geostandards and Geoanalytical Research* **36**, 131-148. [17] Kimura et al., 2014, *J. Anal. At. Spectrom.* **29**, 1483-1490.

Keywords: Re-Os isotope analysis, black shale, MC-ICP-MS

Automatic detection of microfossils by a deep learning technique: Toward constraining depositional ages of REY-rich mud

*Kazuhide Mimura¹, Shugo Minabe², Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Kazutaka Yasukawa², Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kazuhiro Takao², Yasuhiro Kato^{2,1}

1. Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo

2011年、レアアースを高濃度で含む深海堆積物「レアアース泥」が新しい海底鉱物資源となりうることが報告された [1]. 続く調査により、日本の排他的経済水域内である南鳥島周辺海域において、総レアアース濃度が5,000 ppmを超える非常に高品位な堆積物層が確認され、レアアース泥の実開発に向けた機運が高まっている [2, 3]. レアアース泥の探査を効率的に行うためには、レアアース泥の生成機構を明らかにした上で、レアアースの濃集に必要な条件を満たす有望海域を理論的に絞り込むことが重要である [4]. これまでに、南北太平洋で採取されたOcean Drilling Program (ODP) 及びIntegrated Ocean Drilling Program (IODP) の堆積物試料について全岩化学組成分析が行われ、レアアース泥を含む遠洋性粘土は、大陸由来の風成塵や海水起源のマンガン酸化物、魚類の骨片等の起源成分が様々な割合で混合されたバリエーションに富む堆積物であることが明らかになっている [5, 6, 7] これは、外見上の特徴に乏しい遠洋性粘土にも、地質学的時間スケールの海洋環境変化の痕跡が記録されていることを強く示唆している。

しかし、遠洋性粘土については、堆積年代の決定が困難であることが研究の大きな障壁となっていた。遠洋性粘土には、珪質・石灰質の微化石がほとんど産出せず、また古地磁気記録の解読も困難である。このため、海底堆積物の年代決定に一般的に用いられる珪質・石灰質微化石層序、古地磁気層序といった手法を適用することができない。そこで着目されたのが、魚類の歯や鱗の微化石「イクチオリス」である。イクチオリスは難分解性のリン酸カルシウムで構成されるため、あらゆる海底堆積物に普遍的に産出することが知られている [8]. イクチオリスの生層序は1970-80年代に確立され、遠洋性粘土に普遍的に適用できる唯一の微化石層序である [9].

発表者らはこれまでに、南北太平洋のODP/IODP試料について、イクチオリス層序による堆積年代の制約を行ってきた。その結果として、イクチオリス層序は遠洋性粘土の堆積年代に一定の制約を与えられることは確認されたものの、一部の層準では堆積年代を十分に絞り込むことができなかった [10]. この要因として考えられるのが、観察する化石数の少なさである。従来の研究手法では、堆積物試料からイクチオリスを探し出し、手作業でスライドガラスへと移動させる工程に膨大な時間を要しており、十分な化石数を観察することができていなかった。

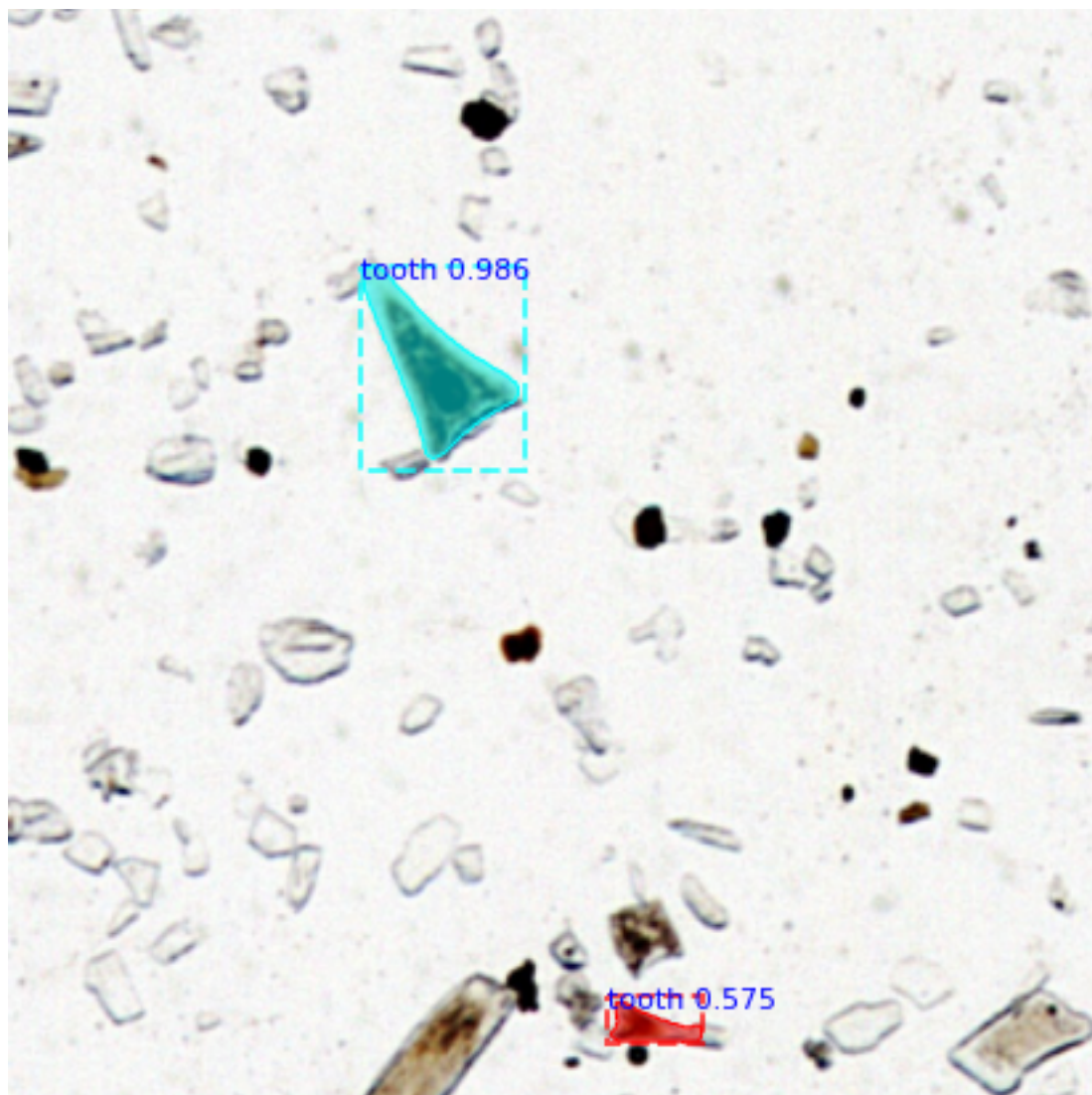
そこで本研究では、煩雑な化石観察の手順を改善するため、まずはイクチオリスの収集手法について改善を行った。具体的には、従来実施していた粒径分離に加えて重液分離を行い、火山ガラス等の観察が不要な粒子を極力除去できるようにした。そして、収集したイクチオリスを含む粒子群はピペットでまとめてスライドガラスへと移動させることにより、ハンドピックによらずにスライドが作成できる手法を開発した。次に、深層学習によってスライド画像からイクチオリス粒子を自動で検出する手法を検討した。現在までに、教師データを作成してモデルを訓練するとともに、作成したモデルを用いて精度評価を行うことができるようになっている。本発表では現在までの検討結果と今後の展望について報告する。

<引用文献>

- [1] Kato et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
- [2] Iijima et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
- [3] Takaya et al. (2018) *Scientific Reports* **8**, 5763.
- [4] 安川ほか (2018) *地球化学* **52**, 171-210.
- [5] Mimura et al. (2019) *Journal of Asian Earth Sciences* **186**, 104059.
- [6] Mimura, K. et al. (2019) 日本地球惑星科学連合2019年大会
- [7] Nakamura, K. et al. (2017) 日本地球惑星科学連合2017年大会

- [8] Sibert and Norris (2015) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, 8537-8542.
[9] Doyle and Riedel (1985) *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **86**, 349-366.
[10] 見邨ほか (2019) 日本地質学会第126年学術大会

Keywords: REY-rich mud, pelagic clay, depositional age, ichthyolith, deep learning



High density characterizes REY enrichment in pelagic clay around Minamitorishima Island in the western North Pacific

*Yoichi Usui¹, Kazutaka Yasukawa^{2,3}, Koichi Iijima¹, Hideaki Machiyama¹, Yuji Ichiyama⁴, Erika Tanaka¹, Koichiro Fujinaga³

1. JAMSTEC, 2. The University of Tokyo, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Chiba University

遠洋性堆積物中にはしばしば生物源アパタイトが濃集しており、さらにそれに伴ってレアアース元素が高濃度に含まれる (Kato et al., 2011)。ある程度の生物源アパタイトの濃集は遅い堆積速度により説明できるが、近年超高濃度のレアアース・生物源アパタイトを含む堆積物 (超高濃度レアアース泥) の層が南鳥島周辺などで見つかри、生物生産性の一次的な上昇として説明された (Iijima et al., 2016; Ohta et al., 2020; Yasukawa et al., 2016)。また地球化学的分析により、超高濃度レアアース泥では鉄マンガン酸化水酸化物の含有量も高い傾向があることが分かっている (Yasukawa et al., 2016, 2019)。しかし、これまでの分析は堆積物の直接サンプリングに基づいていたため空間解像度が比較的低く、超高濃度レアアース泥の薄い層を検出したり、鉄マンガン酸化水酸化物との詳細な分布関係を検討したりすることは難しかった。本発表では、遠洋性堆積物のX線CT分析に基づき高いバルク密度が生物源アパタイト濃集と対応する例を報告し、そのメカニズムを議論する。南鳥島周辺で得られたピストンコアにおいてCT値と生物源アパタイト含有量には正の相関が見られた。一方、生物源アパタイトおよび鉄マンガン酸化水酸化物は高密度鉱物であるものの、超高濃度レアアース泥における高いバルク密度は粒子密度の違いだけでは定量的に説明できない。超高濃度レアアース泥では間隙率が下がっており、これもバルク密度を高めることに寄与していることが新たに分かった。化学組成から、本海域の鉄マンガン酸化水酸化物は主に続成起源であることが分かっている (Yasukawa et al., 2020, 2021)。このことから、二次的な鉄マンガン酸化水酸化物が空隙を埋めることで間隙率を減少させていると解釈した。さらに、超高濃度レアアース泥で鉄マンガン酸化水酸化物が多いことは、高い生物源アパタイトフラックスに伴う有機物の堆積により堆積物表層付近での続成作用が促されたためと考えられる。これらの結果は、超高濃度レアアース泥は表層の生物生産のみならず海底での生物地球化学環境の変動を反映していることを示唆する。

引用文献

- Iijima, K. et al. (2016). *Geochemical Journal*, 50, 557–573. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0431>
- Kato, Y. et al. (2011). *Nature Geoscience*, 4, 535–539. <https://doi.org/10.1038/ngeo1185>
- Ohta, J. et al. (2020). *Scientific Reports*, 10, 9896. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66835-8>
- Yasukawa, K. et al. (2016) *Scientific Reports*, 6, 29603. <https://doi.org/10.1038/srep29603>
- Yasukawa, K. et al. (2019). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 3402–3430. <https://doi.org/10.1029/2019GC008214>
- Yasukawa, K. et al. (2020). *Ore Geology Reviews*, 127, 103805. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103805>
- Yasukawa, K. et al. (2021). *Minerals*, 11, 270. <https://doi.org/10.3390/min11030270>

Os isotopic record during the middle Cretaceous seawater reconstructed by Aki umber deposit as ancient REY-rich mud in the Japanese accretionary complexes

*Koichiro Fujinaga^{1,2}, Kentaro Nakamura^{2,1}, Junichiro Ohta^{2,1}, Moei Yano^{1,2}, Yusuke Kuwahara², Kazutaka Yasukawa², Yutaro Takaya^{2,3,4}, Ken Nakayama⁵, Tastuo Nozaki^{4,2,6,1}, Yasuhiro Kato^{2,1,4}

1. Chiba Institute of Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Waseda University, 4. JAMSTEC, 5. Kochi University, 6. Kobe University

2011年、講演者らの研究グループは、我が国の最先端産業に必要な不可欠なレアアース (Rare-earth elements and yttrium, REY) を豊富に含有する海底堆積物「レアアース泥 (総レアアース濃度: Σ REY = 400 ppm以上)」を太平洋で発見した [1]。次いで2012年には日本の排他的経済水域 (EEZ) 内である南鳥島周辺海域においてもレアアース泥の分布を確認し [2]、2013年には Σ REYが7,000 ppmに達する「超高濃度レアアース泥」の存在を世界で初めて報告した [3,4]。レアアース泥は、資源として有利な特長をいくつも兼ね備えることから、第4の海底鉱物資源として期待されており、世界初の海底鉱物資源開発の実現に向けた取り組みが進展中である。

一方で、プレート運動を考慮すると、深海底で堆積した「過去のレアアース泥」が大陸地殻に付加し、陸上に露出している可能性が考えられる。講演者らのこれまでの研究により、層状Fe-Mn鉱床 (アンバー: umber) と呼ばれるタイプの鉱床は、平均で740 ppm (最大2,400 ppm) に達する Σ REYを持つことから、過去の海洋で堆積し、その後陸上に付加したレアアース泥である可能性が示唆されている [5-9]。そこで本研究では、日本列島付加体に分布する代表的なアンバー鉱床の一つである「安芸アンバー鉱床」から採取したアンバー、赤色チャート、および関連する緑色岩試料について、詳細な地球化学的特徴およびRe-Os同位体組成について報告する。

本研究対象である安芸アンバー鉱床は、高知県安芸市に位置し、1960年代以前に低品位のFeやMnの鉱山として小規模に開発が行われてきた。安芸アンバー鉱床は緑色岩に伴われて産する暗赤褐色を呈する泥質岩で、上位には赤色チャート (Albian-Cenomanian: 113.0–93.9 Ma) が累重する [10]。安芸アンバー試料の全岩化学組成は、 Fe_2O_3 、 MnO 、 CaO 、 P_2O_5 、V、Co、Ni、Znに富むという特徴がある。また、 Σ REYも最大で1,120 ppmと濃集しており、そのPAAS規格化REYパターンには著しいCe負異常を示すという特徴も示す。一方、現在の海洋底に分布するレアアース泥は、南鳥島EEZに分布するような生物源リン酸カルシウム (biogenic calcium phosphate: BCP) 成分や海水起源のマンガン酸化物の影響が強い「遠洋性粘土型レアアース泥」と、北米のファンデフカ海嶺近傍に分布するような熱水起源の鉄やマンガンの影響が強い「熱水性堆積物型レアアース泥」に大別できることが明らかになっている [11]。本研究試料の安芸アンバーの化学組成をこれらのレアアース泥と比較すると、「熱水性堆積物型レアアース泥」と類似した特徴を持つことから、安芸アンバーは、中期白亜紀に堆積した熱水性堆積物型レアアース泥が陸上に付加したものといえる。

安芸アンバーのRe-Os同位体組成を測定した結果、その $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比は0.554から0.668の範囲を示すことがわかった。この結果は、中期白亜紀の海水 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比が現代の値 (~ 1.06) よりも低かったことを示しており、当時の活発な熱水活動を反映していると考えられる。また、白亜紀の他の時代から報告されているOs同位体比データを加えた検討の結果、白亜紀中期から後期にかけての海洋のOs同位体組成は、海洋無酸素事変 (oceanic anoxic events: OAEs) の時期を除いて0.4から0.6の範囲で比較的一定であったことが示唆された。

引用文献: [1] Kato et al. (2011a) *Nature Geoscience* 4, 535-539. [2] 加藤ほか (2012) 資源地質学会講演要旨集, 37. [3] 東京大学・JAMSTECプレスリリース (2013年3月21日). [4] Iijima et al. (2016) *Geochemical Journal* 50, 557-573. [5] 藤永・加藤 (2001) *資源地質* 51, 29-40. [6] Kato et al. (2005a) *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 7, Q07004. [7] Kato et al. (2005b) *Resource Geology* 55, 291-299. [8] Kato et al. (2011b) *Gondwana Research* 20, 594-607. [9] 藤永ほか (2011) *資源地質* 61, 1-11. [10] Taira et al. (1988)

Modern Geology 12, 5–46. [11] Yasukawa et al. (2016) Scientific Reports 6, 29603.

Keywords: REY-rich mud, umber, strata-bound ferromanganese deposit, Os isotopic composition, middle Cretaceous

Geochemical features of Fe-Mn micronodules in deep-sea sediments around Minamitorishima Island: Potential for co-product metal extraction from REY-rich mud

*Kazutaka Yasukawa¹, Satoshi Kino¹, Keishiro Azami¹, Erika Tanaka^{2,3,1}, Kazuhide Mimura³, Junichiro Ohta^{1,3}, Koichiro Fujinaga^{3,1}, Kentaro Nakamura^{1,3}, Yasuhiro Kato^{1,3}

1. The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Chiba Institute of Technology

南鳥島周辺の日本の排他的経済水域 (EEZ) には極めて高品位なレアアース泥が分布しており [1], 特に有望な EEZ 南部の海域 (約 2,500 km² × 海底面下 10 m まで) には, 世界の年間需要の数百倍に達するレアアースが胚胎されている [2]. 他方, レアアース泥はレアアースのみならず, Co, Ni, Mo などのレアメタルも比較的高濃度で含むことが知られている [3]. 深海堆積物中におけるこれら遷移金属の主要なホストは, Fe-Mn 酸化水酸化物である. 太平洋やインド洋の深海掘削コア試料および南鳥島周辺で集中的に採取されたピストンコア試料を用いた先行研究により, レアアース泥には Fe-Mn 酸化水酸化物が一般的な構成成分として含まれることが示され, 堆積物の全岩化学組成からもその影響が確認できる [4, 5].

本研究では, 南鳥島レアアース泥に含まれるマイクロマンガンノジュールを分離回収し, 誘導結合プラズマ質量分析を用いて化学組成分析を行った. その結果, 南鳥島レアアース泥中のマイクロマンガンノジュールは最大で Co を約 3,000 ppm, Ni を約 39,000 ppm 含むことが分かった [6]. また, 海底 Fe-Mn 酸化物の起源判別図から, これらのマイクロマンガンノジュールは続成起源であることが示された [6].

さらに本研究では, 塩酸リーチングによりレアアースを抽出した後のレアアース泥残渣に対して, 還元剤 (亜ジチオン酸ナトリウム) を用いたリーチング実験を行った. その結果, 南鳥島周辺のレアアース泥中に含まれる Mn, Co, Ni, Mo の概ね 80% 以上が抽出された [6]. このことは, レアアース泥の開発にあたり, これらの金属をレアアースの副産物 (co-product) として回収できる可能性を示唆する. そこで, 南鳥島周辺におけるレアアース泥の開発対象として最有望とされる海域について [2], 実験により得られた各元素の抽出率を考慮して単位面積あたりの Co, Ni, Mo の資源ポテンシャルを推定した. その結果, 1 km² × 海底面下 10 m までのレアアース泥に含まれる Co は $(9.3 \pm 0.6) \times 10^2$ t, Ni は $(1.6 \pm 0.1) \times 10^3$ t, Mo は $(2.8 \pm 0.2) \times 10^2$ t と見積もられた [6]. これらはそれぞれ, 世界全体における現在の Co, Ni, Mo 生産量の $0.66 \pm 0.04\%$, $0.061 \pm 0.004\%$, $0.097 \pm 0.007\%$ に相当する. 一方, 同海域 (1 km² × 海底面下 10 m まで) のレアアース資源ポテンシャルは酸化物換算で 1.1×10^4 t と見積もられ [2], 特に産業上重要な Y, Eu, Tb, Dy の資源量は現在の世界生産量の 60%, 45%, 30%, 50% にそれぞれ相当する. すなわち, 年間世界生産量に対する比率で見ると, 南鳥島レアアース泥のレアアース資源としての影響力は, Co, Ni, Mo といった副産物レアメタルの資源としての影響力に比べて 2 桁程度大きいといえる. レアアース泥の開発時にこれらの副産物レアメタルを実際に回収すべきかどうかは, レアアース回収後の残渣から各元素を抽出・製錬するための追加的なシステムにかかるコストと, 当該メタルの市場価格および世界的な需要の伸びに基づいて判断されるであろう.

[1] Iijima, K. et al. (2016) *Geochemical Journal* 50, 557-573.

[2] Takaya, Y. et al. (2018) *Scientific Reports* 8, 5763.

[3] Kato, Y. et al. (2011) *Nature Geoscience* 4, 535-539.

[4] Yasukawa et al. (2016) *Scientific Reports* 6, 29603.

[5] Yasukawa et al. (2019) *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 20, 3402-3430.

[6] Yasukawa et al. (2020) *Ore Geology Reviews* 172, 103805.

Keywords: Seafloor mineral resources, REY-rich mud, Ferromanganese micronodules, Minamitorishima Island

Geochemical characteristics of ferromanganese nodules from the Minamitorishima EEZ

*Kentaro Nakamura^{1,2}, Daiki Terauchi¹, Ryo Shimomura¹, Shiki Machida^{2,1}, Kazutaka Yasukawa¹, Koichiro Fujinaga², Yasuhiro Kato^{1,2}

1. The University of Tokyo, 2. Chiba Institute of Technology

世界の海洋底には、マンガンノジュール (ferromanganese nodules, Fe-Mn nodules) と呼ばれる、主にマンガン (Mn) と鉄 (Fe) の酸化物から成る化学堆積岩が分布していることが知られている。このマンガンノジュールには、コバルト (Co) やニッケル (Ni)、銅 (Cu) などの現代産業に欠かせない重要な金属元素が高濃度で含まれていることから、海底鉱物資源の一つとして期待されており[1]、特に北東太平洋のマンガンノジュール濃集帯 (Clarion-Clipperton Zone: CCZ) では、日本を含め各国が鉱物資源として開発することを目的とした調査・研究を精力的に行なっている [1]。このような中、2010年に日本近海の南鳥島周辺の排他的経済水域 (EEZ) 内において実施された調査航海において、マンガンノジュールの密集域が発見された [2]。さらに、この発見を受けて2016年および2017年に実施された航海では、南鳥島 EEZ 内の広い範囲にマンガンノジュール密集域が分布することも明らかとなっている [3]。採取されたマンガンノジュールには、Co や Ni などの金属元素が豊富に含まれていることから、新規国産資源としての期待も高まっている [4]。海底鉱物資源の開発に際して有望海域を選定するためには、資源の空間分布を支配する要因の解明が不可欠である。マンガンノジュールの分布を支配する要因の一つとしては、古くから堆積速度が指摘されている[5]。堆積速度の速い環境では、マンガンノジュールは速やかに堆積物中に埋没し、海水や間隙水からの Fe, Mn の供給が途絶えるために、成長を継続することができない。そのため、マンガンノジュールの形成には、堆積速度が遅く、堆積物に被覆されない環境が必須であると考えられている。また、この堆積速度が遅い環境については、古くから深層海流の流路と一致することが指摘されている [5,6]。ただし、堆積速度が遅い海域に必ずしもマンガンノジュールが存在するわけではない。すなわち、堆積速度以外にもマンガンノジュール形成を支配する条件があり、両方が揃わなければノジュールの濃集帯は形成されないと考えられる。このマンガンノジュール形成に必要なもう一つの条件を解明する鍵として、核の存在が注目される。ほぼ全てのマンガンノジュールはその内部に核を有しており、核がマンガンノジュール形成のトリガーになっていると考えられる。そのため、核が供給されることはマンガンノジュールの形成に必要な条件と考えらる。そこで本研究では、南鳥島EEZから採取されたマンガンノジュールの核からタングステンカーバイドドリルで粉末試料を削り出し、これをICP-MSで分析して主成分・微量元素濃度を定量した。本発表では、化学組成に基く南鳥島マンガンノジュールの核の起源について議論を行う。

<引用文献>

- [1] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews*, 51, 1–14.
- [2] 石井・平野 (2010) 深田地質研究所ニュース 109, 26-28.
- [3] Machida et al. (2019) *Marine Georesources & Geotechnology*, 1-13.
- [4] Machida et al. (2016) *Geochemical Journal*, 50, 539–555.
- [5] Goodell et al. (1971) *Antarctic Res. Ser.*, 15, 27–92.
- [6] Kennett, J. P., & Watkins, N. D. (1975) *Science*, 188(4192), 1011–1013.

Keywords: ferromanganese nodules, nuclei,, geochemistry, ICP-MS, Minamitorishima EEZ

High-resolution dating of ferromanganese nodules around Minamitorishima Island based on osmium isotopic ratio

*Sota Aoyagi¹, Junichiro Ohta^{1,2}, Keishiro Azami¹, Kentaro Nakamura^{1,2}, Kazutaka Yasukawa¹, Tatsuo Nozaki^{3,1,4,2}, Shiki Machida^{2,1}, Jun-ichi Kimura³, Yasuhiro Kato^{1,2}

1. University of Tokyo, 2. Chiba institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Kobe University

マンガンノジュールは、マンガンと鉄の酸化物および酸化水酸化物を主成分とする、主に深海底で形成される化学堆積岩である。マンガンノジュール中には、マンガン・鉄の他に、コバルト、ニッケル、銅、希土類元素等の希少金属元素が高濃度で含まれており [1], 海底鉱物資源として開発が期待されている。

2010年、南鳥島から約300km東方に位置する、日本の排他的経済水域内の海底に存在する小海山付近にマンガンノジュールの密集地帯が発見された [2]。Machida et al. [3] は採取されたノジュールサンプルに対し化学組成分析を行い、南鳥島EEZ内のマンガンノジュールがCoやNiの新規国産資源として有望であることを指摘している。さらにこの発見を受けて、2016年にYK16-01航海、2017年にYK17-11C航海が実施され、マンガンノジュールが南鳥島EEZの東方から南方にかけての広大な範囲に分布していることが明らかにされるとともに、それぞれ8回ずつ合計16回の潜航調査により多くのノジュールサンプルが採取された [4,5]。

これらのマンガンノジュールの資源としての採掘を行うためには、開発の採算性が保証される必要があり、資源価値の高いノジュールが高密度で分布する海域の特定が求められる。そこで重要となるのが、ノジュールの広域分布を支配する要因の解明である。これまで、南鳥島EEZのマンガンノジュールについては、その成因を解明するための鉱物学的・地球化学的な研究が行われてきている [3,6,7]。一方、ノジュールの形成開始および成長を支配する要因を考察する上では、マンガンノジュールの年代を決定することが極めて重大な意義を持つと考えられる。しかしながら、南鳥島マンガンノジュールの形成年代を決定する試みは、これまでごく限られた事例しか存在しない [8]。そこで本研究では、Os同位体比を用いて南鳥島マンガンノジュールの年代を高時間解像度で決定することを目的とした。

年代決定に用いる試料は、半割したノジュール試料の表層部分から核のある中心部に向かって約2 mm間隔で、タングステンカーバイドドリルを用いて削り出し、カリアスチューブ逆王水分解法によってOsを抽出した後、MC-ICP-MSを用いてOs同位体比分析を行った。そして、分析によって得られたOs同位体比を海水のOs同位体比変動曲線にフィッティングすることで、年代値を制約した。フィッティングに際しては、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) によるベイズ推定を用いて、可能性の高い年代値を絞り込んだ [9]。またその際に、マンガンノジュールのXRF元素マッピングデータをもとに成長間隙が見られる部分を特定し、その部分に無堆積期間 (ハイエイタス) が存在する可能性も考慮した。

本発表では、年代測定の結果について報告し、南鳥島マンガンノジュールの成長履歴と成因について議論を行う。

<引用文献>

- [1] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews* **51**, 1-14.
- [2] 石井・平野 (2010) 深田地質研究所ニュース **109**, 26-28.
- [3] Machida. et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 539-555.
- [4] 石井ほか (2016) 深田地質研究所年報 **17**, 1-28.
- [5] Machida et al. (2021) *Marine Georesources & Geotechnology*, **39**, 267-279.
- [6] Shimomura et al. (2018) *Goldschmidt* 2018
- [7] Machida et al. (2021) *Island Arc* **30**, e12395. <https://doi.org/10.1111/iar.12395>.
- [8] 野崎ほか (2014) 日本地質学会第121年学術大会
- [9] Josso et al. (2019) *Chemical Geology* **513**, 108-119.

Keywords: ferromanganese nodule, Os isotopic dating, depositional age, MCMC Bayesian inference,
Minamitorishima EEZ

[3ch301-12] R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

Chair: Tatsuo Kanamaru, K Michibayashi, Yumiko Harigane

Mon. Sep 6, 2021 8:00 AM - 11:45 AM ch3 (ch3)

- [R1-O-1] Microstructural analyses of coarse-grained peridotite in the vicinity of mantle diapir in Oman ophiolite: Implication for seismic anisotropy in lithospheric mantle
 *K Michibayashi^{1,2,3}, Kakiyama Yuki¹, Onoue Ayaka², Ohya Syoma², Odashima Norihiro² (1. Nagoya University, 2. Shizuoka University, 3. JAMSTEC)
 8:00 AM - 8:15 AM
- [R1-O-2] The structure of magma chamber below a fast-spreading ridge based on field observations and core analyses of the Oman ICDP drilling
 *Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Takahiro Fudai³, Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹ (1. School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Taiheiyō Cement Corporation)
 8:15 AM - 8:30 AM
- [R1-O-3] Petrography of gabbroic xenoliths sampled from northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido
 *Yumiko Harigane¹, Osamu Ishizuka¹, Christopher Conway¹, Gen Shimoda¹, Fukushima Maeno², Scientific Party of Scientific Party of KH-20-7 cruise (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo)
 8:30 AM - 8:45 AM
- [R1-O-4] Temporal changes of source mantle compositions for Late Cenozoic volcanic rocks in Oki islands, SW Japan
 *Masataka Aizawa¹, Ryuichi Shinjo^{2,3}, Satoshi Okamura^{4,5}, Yasuhiro Hirai⁶ (1. Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, 2. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), 4. Hokkaido Education University, 5. Hokkaido Soil-Research Co-op., 6. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))
 8:45 AM - 9:00 AM
- [R1-O-5] Zircon U-Pb dating of the Okueyama Volcano-plutonic Complex, Kyushu, Southwest Japan
 *Kenichiro Tani¹, Yukiyasu Tsutsumi¹, Kazuki Omura², Masaki Takahashi², Tatsuo Kanamaru² (1. National Museum of Nature and Science, 2. Nihon University)
 9:15 AM - 9:30 AM
- [R1-O-6] Emplacement mechanism of the ring dike and batholithic pluton of the Okueyama volcano-plutonic complex inferred from anisotropy of magnetic susceptibility
 *Tatsuo Kanamaru¹, Masaki Takahashi¹, Kenichiro Tani², Hirokazu Kunishima¹, Daiki Tomita¹, Nozomi Takahashi¹, Joichiro Maru¹, Kenya Iida¹, Kei Hayashi¹, Riku Uetsuki¹, Ryosuke Suzuki¹ (1. College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. National Museum of Nature and Science)
 9:30 AM - 9:45 AM

- [R1-O-7] Gology and evolution of the Okueyama volcano-plutonic complex, revisited
 *Masaki Takahashi¹, Tatsuo Kanamaru¹, Kenichiro Tani² (1. College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. National Museum of Nature and Science)
 9:45 AM - 10:00 AM
- [R1-O-8] [Invited]Origin and tectonics of Permo-Triassic volcanic rocks in southern Mongolia and Paleoproterozoic granitoids in central Nepal
 *Takeshi Imayama¹ (1. Okayama University of Science)
 10:00 AM - 10:30 AM
- [R1-O-9] Magma source of San-yo and Ryoke belt granites and fluid-rock interaction of siliceous veins and Ryoke metamorphic belt schists
 *HAFIZ U. REHMAN¹, YAMAMOTO Hiroshi¹ (1. Kagoshima University)
 10:45 AM - 11:00 AM
- [R1-O-10] Zircon U-Pb ages and petrographic properties of the Middle Miocene Granitic rocks in Koshikijima, Kagoshima Prefecture, Japan
 *Marimo Nakabayashi^{1,2}, Hafiz U. Rehman² (1. Kyushu Univ., 2. Kagoshima Univ.)
 11:00 AM - 11:15 AM
- [R1-O-11] Crust formation beneath the Japanese Islands viewed from Sr isotopes of the granitic and mafic rocks
 *Takshi Nakajima^{1,2} (1. National Museum of Nature and Science, 2. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History)
 11:15 AM - 11:30 AM
- [R1-O-12] Petrological and Geochemical study of Early ~ Middle Miocene volcanic rocks in Hokuriku region, southwest Japan arc
 *Syun WATANABE¹, Toshiro TAKAHASHI¹, Gen SHIMODA², Kosuke GOTO² (1. Niigata univ., 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)
 11:30 AM - 11:45 AM

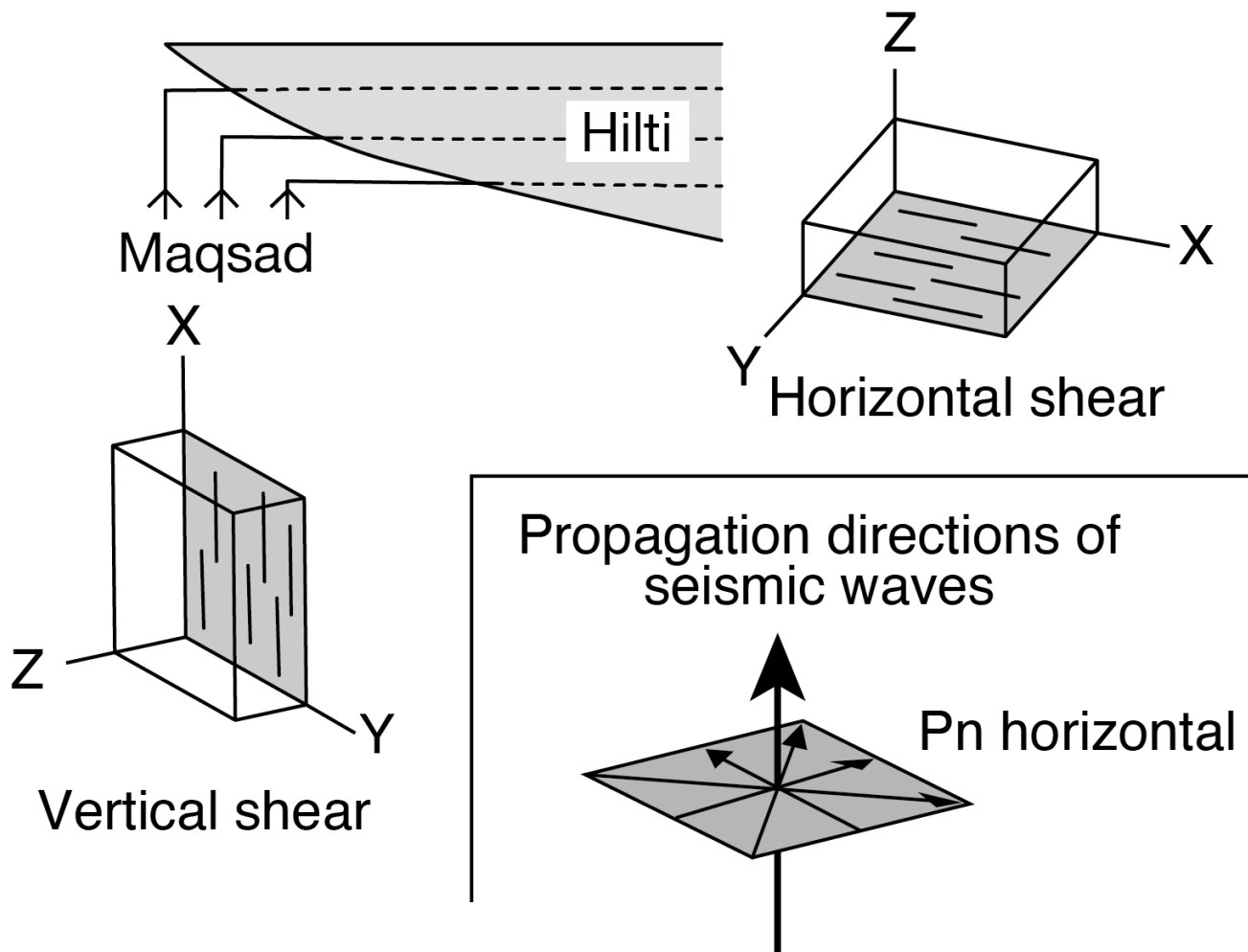
Microstructural analyses of coarse-grained peridotite in the vicinity of mantle diapir in Oman ophiolite: Implication for seismic anisotropy in lithospheric mantle

*K Michibayashi^{1,2,3}, Kakiyama Yuki¹, Onoue Ayaka², Ohya Syoma², Odashima Norihiro²

1. Nagoya University, 2. Shizuoka University, 3. JAMSTEC

Petrophysical characteristics of coarse-grained peridotites in a mantle diapir beneath the mid-ocean ridge have been quantitatively compared with those in a common lithospheric mantle peridotites outcropped in the Oman ophiolite. Maqad mantle section has subvertical structures known to be a mantle diapir, whereas Hilti mantle section is characterized by the subhorizontal structure subparallel to the crust-mantle boundary, presumably a fragment of typical oceanic lithosphere at some distance from the ridge. Despite of the fact that the attitude of foliation and lineation are very different each other, both peridotites have similar textures and grain sizes but slightly different features in olivine crystal-preferred orientations (CPOs). Maqad peridotites vary from axial [010] patterns (AG type) to (010)[100] patterns (A type), whereas Hilti peridotites are dominated by axial [010] patterns (AG type). It may suggest that the olivine CPOs could have been formed during vertical plastic flow in the mantle diapir and were somehow modified during subsequent horizontal plastic flow under subsolidus conditions. Furthermore, the azimuthal anisotropy would vary in dependent on the structural orientations as well as olivine CPOs, even though actual Vp anisotropies are nearly constant in both peridotites.

Keywords: Mantle, diapir, Mid-ocean ridge, olivine, fabric



The structure of magma chamber below a fast-spreading ridge based on field observations and core analyses of the Oman ICDP drilling

*Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Osamu Ishizuka², Takahiro Fudai³, Akihiro Tamura¹, Tomoaki Morishita¹

1. School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Taiheiyo Cement Corporation

The ICDP Oman Drilling Project drilled the lower crustal section of the Oman Ophiolite in Wadi Gideah, north of Ibra and recovered 400 m long cores each from Hole GT1A and GT2A. Field observations confirmed that the lower crust attains 3.5 km in thickness, among which GT1A and GT2A holes range in stratigraphic height above the Moho from 0.4 to 0.8 km and from 2.0 to 1.6 km, respectively. Foliation and hypersolidus deformation structures are ubiquitous. Modal layering is locally present but is much less common. Well developed modal layering is present in the lowermost 125 m thick gabbro above the Moho.

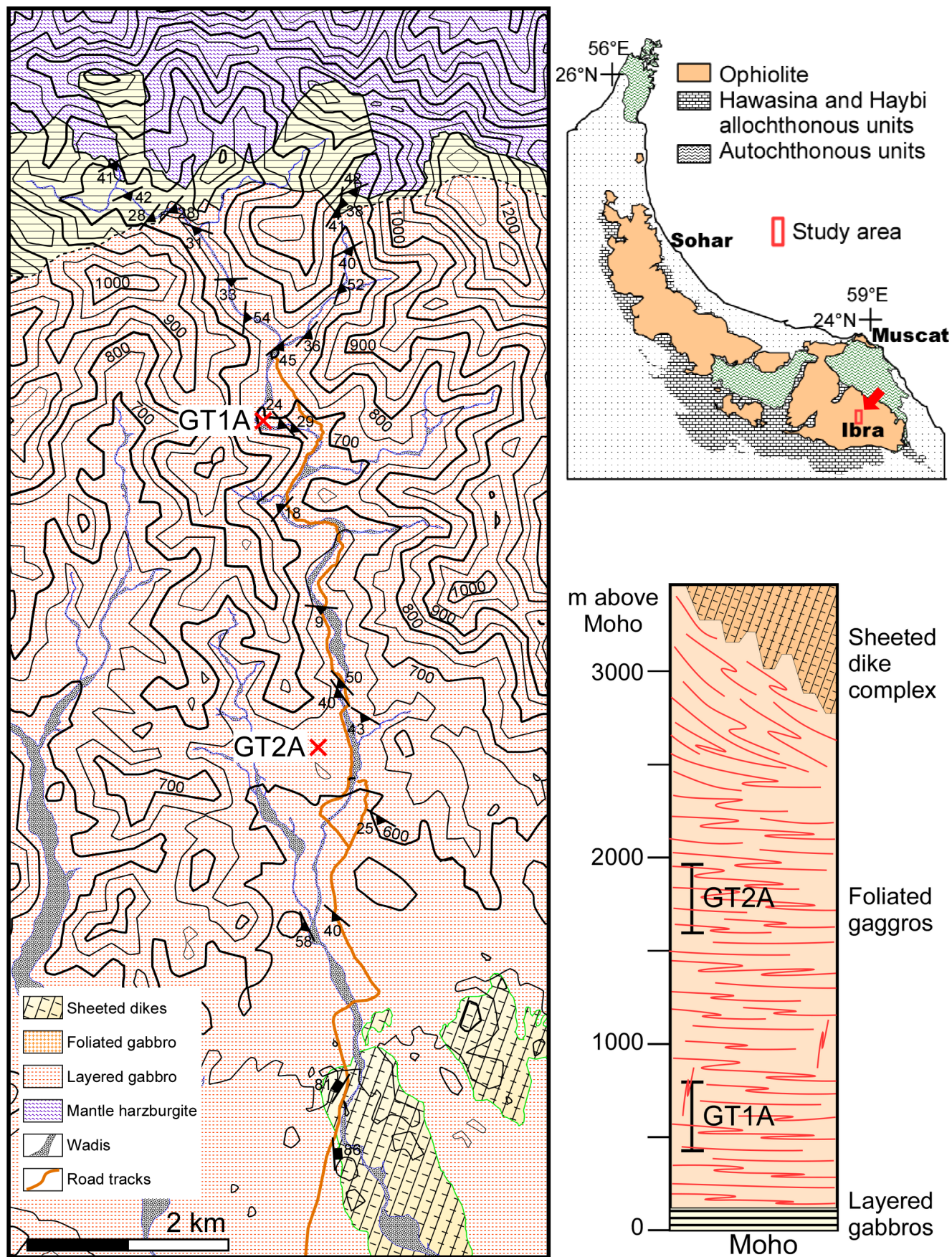
Cored samples are predominantly olivine gabbros with elongated olivine aggregates and clinopyroxene with quarter structures embedded in granoblastic plagioclase and large euhedral plagioclases with resorbed turbid cores. These textures suggest deformation under the presence of melt, which assisted complete recovery of strain through recrystallization of fine-grained plagioclase and overgrowth of euhedral rims around magmatic plagioclase cores. Poikilitic and ophitic clinopyroxene occur sporadically throughout the holes. Hypersolidus deformation structures are present irrespective to depth.

The whole-rock compositions are mainly controlled by accumulation of plagioclase, olivine, clinopyroxene and interstitial melts. The lower GT1A and higher GT2A sections range in whole-rock Mg#s of 72-83 and 68-79, respectively, with the lowest Mg#s overlapping those of the sheeted dikes. The amounts of trapped melt were estimated by assuming La, Pr and Ce abundance in trapped melts to be equivalent to that of the sheeted dikes. Mass balance calculations yield the amount of trapped melt in gabbros to be 5 to 10 mass% in general and 25 mass% at most.

The drilled cores have foliation formed by hypersolidus deformation but only limited modal layering, ubiquitous zoned cumulus minerals and common ophitic clinopyroxenes and trapped melt >5 mass%, which are all characteristics of foliated gabbros. Furthermore, modally layered gabbros occur only in the lowermost 125 m thick gabbro above the Moho.

We concluded that both GT1A and GT2A holes sampled the thick foliated gabbros in Wadi Gideah section, which crystallized on the axial melt lens floor and were transported downward in the lower crust as gabbro glaciers.

Keywords: Oman ICDP, magma chamber, fast-spreading ridge, upper gabbro, layered gabbro, gabbro glacier



Lithological map and columnar section along Wadi Gideah showing planer structures (foliation, layering, intrusive contact) of gabbros and sheeted dikes. Localities and stratigraphic levels of Hole GT1A and GT2A are shown.

Petrography of gabbroic xenoliths sampled from northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido

*Yumiko Harigane¹, Osamu Ishizuka¹, Christopher Conway¹, Gen Shimoda¹, Fukushima Maeno²,
Scientific Party of Scientific Party of KH-20-7 cruise

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

渡島大島は北海道西方に位置しており、東北日本弧の中で最も背弧側に位置する火山である。渡島大島火山からはこれまでduniteやwehrlite、hornblende gabbroといった超塩基性岩・塩基性岩からなる捕獲岩が採取されている（Yamamoto, 1984, 北海道大学理学部紀要; 二宮・荒井, 1992, 火山）。二宮・荒井（1992, 火山）で報告された複合捕獲岩であるharzburgiteは東北日本弧下の上部マントル由来と考えられているが、他の超塩基性岩・塩基性岩捕獲岩は渡島大島火山の玄武岩質マグマだまりからの結晶分化作用に由来すると考えられている（Yamamoto, 1984, 北海道大学理学部紀要）。

2020年8月に学術研究船「白鳳丸」によるKH-20-7航海にて、1741年に大規模山体崩壊を起こした渡島大島火山の周辺海底の海洋地質調査が行われた（石塚ほか、有元ほか、本大会発表参照）。渡島大島北側の海底に確認されている山体崩壊で形成した流れ山地形から採取された玄武岩と玄武岩質安山岩にはんれい岩捕獲岩を発見した。この捕獲岩はおそらく渡島大島の西山火山を形成する玄武岩質マグマだまりに関連すると考えられ、マグマだまり内部のプロセスを記録する可能性を持つ。そこで本研究は渡島大島火山下のマグマだまりの状況について検討するために、得られたはんれい岩捕獲岩の温度圧力条件や形成過程などを明らかにすることを目的とした。

岩石試料はドレッジによって2地点から採取した3試料を用いた。得られたはんれい岩捕獲岩の大きさは3x3 cm程度であり、玄武岩と玄武岩質安山岩にそれぞれ包有されていた。肉眼観察からは輝石の配列などによる面構造・線構造は確認できなかった。はんれい岩捕獲岩の構成鉱物は主に斜長石、かんらん石、単斜輝石、直方輝石、不透明鉱物（イルメナイトとマグネタイト）からなるかんらん石はんれい岩であった。3試料のうち2試料は角閃石を含んでいた。

微細構造観察において、3試料ともに半自形~他形の斜長石と他形のかんらん石・単斜輝石・直方輝石・角閃石からなるgranular textureが観察された。波動消光などの結晶内変形構造が一部の斜長石や輝石に確認できたがほとんどの鉱物にこうした結晶内変形構造は見られなかった。一部の斜長石に累帯構造が確認できた。かんらん石は内部に針状の酸化鉄物質の晶出が確認でき、全体的に赤みを呈していた。はんれい岩捕獲岩と母岩の周囲には反応縁が形成しており、細粒化していた。こうした反応縁による細粒化ははんれい岩捕獲岩の内部にも確認できた。かんらん石はんれい岩の主要鉱物の化学組成についてEPMA(産総研 地質調査総合センター 共同利用実験室所有)を用いて分析した。かんらん石はんれい岩3試料において、斜長石のコア部はAn₈₃-An₉₄、リム部ではAn₄₅-An₈₇の範囲を示した。単斜輝石はaugite組成を示し、Mg#(Mg/(Mg+Fe))は同じような値を示した(Mg#77-Mg#81)。直方輝石はhypersthene組成を示した。また、かんらん石はんれい岩2試料において、Mg#は同じ値(Mg#76-Mg#78)を示すが、かんらん石はんれい岩1試料は他の2試料よりやや高い値(Mg#78-Mg#95)を示した。かんらん石はんれい岩2試料に確認した角閃石はすべてpargasite組成を示した。主要鉱物（斜長石・かんらん石・単斜輝石・直方輝石・角閃石）の結晶方位はSEM-EBSD-EDS(産総研 地質調査総合センター 共同利用実験室所有)を用いて分析した。角閃石を含まないかんらん石はんれい岩1試料については、斜長石・かんらん石で集中を示したが、他の角閃石を含むかんらん石はんれい岩では分析した鉱物すべてに特徴的な集中が認められなかった。

本講演ではこれらのはんれい岩捕獲岩の詳細な微細構造観察・鉱物化学組成・結晶方位分析の結果を報告するとともに、かんらん石はんれい岩形成時の温度圧力条件や形成過程について議論する。

Keywords: Oshima-Oshima volcano, gabbroic xenoliths

Temporal changes of source mantle compositions for Late Cenozoic volcanic rocks in Oki islands, SW Japan

*Masataka Aizawa¹, Ryuichi Shinjo^{2,3}, Satoshi Okamura^{4,5}, Yasuhiro Hirai⁶

1. Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, 2. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. Research Institute for Humanity and Nature (RIHIN), 4. Hokkaido Education University, 5. Hokkaido Soil-Research Co-op., 6. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

はじめに

隠岐諸島には、漸新世～更新世の火山岩類と堆積岩類が分布する。隠岐諸島の後期新生代の火山活動は、中期中新世以前は非アルカリ岩の活動が中心で、後期中新世以降はアルカリ岩の活動が中心となる^[1]。本研究では、隠岐諸島に分布する後期漸新世以降の火山岩類について岩石学的検討を行い、日本海拡大の直前に活動していた火山岩の起源マントル、日本海拡大を引き起こしたアセノスフェアマントル、および日本海拡大後のアルカリ岩類の起源マントルの地球化学的組成の時間変化について考察した。

全岩化学組成

時張山〔ときばりやま〕層（26.0～18.1 Ma）は安山岩質の火砕岩と溶岩、郡〔こおり〕層（19.2～13.7 Ma）は玄武岩質の溶岩と火砕岩からなる。これらの火山岩はいずれも島後に分布し、非アルカリ岩とアルカリ岩の境界付近の組成を有する。不適合元素パターンは、E-MORBに類似したやや肥沃的な組成で、Nb-Taに負異常を持ち、高いLILE/HFSEを示す沈み込み帯火山岩の特徴を示す。Sr-Nd-Pb-Hf同位体組成は、第四紀の東北日本弧火山フロントの最も南部の火山グループ^[2]の組成と一致する。

重栖〔おもす〕層と葛尾〔つづらお〕層（5.7～5.0 Ma）は島後に広く分布し、主に粗面岩～アルカリ流紋岩の溶岩からなり、島後の西部ではショショナイト（5.5～5.1 Ma）がシート状に郡層中に貫入している。また、島前火山の外輪山上部溶岩（5.8～5.6 Ma）は、島前に広く分布し、主に粗面安山岩～粗面岩の溶岩からなる。これらの酸性岩類はいずれも、OIBに類似した肥沃な不適合元素組成を示し、ショショナイトを除き、Ba, Sr, Euに顕著な負異常がみられる。ショショナイトは、Nb-Ta, Zr-HfおよびSrに弱い負異常が認められる。これらのアルカリ酸性岩類の同位体組成は、下部地殻起源と考えられる隠岐島後の苦鉄質捕獲岩^[3]の組成に近い。

同時期の島前には、アルカリ玄武岩質の外輪山下部溶岩（6.3～5.8 Ma）が分布する。また、島前の宇受賀〔うずか〕玄武岩（2.9 Ma）は、スピネルレルゾライトを捕獲する島後のアルカリ玄武岩（4.7～0.42 Ma）と同時期のアルカリ玄武岩の活動である。これらのアルカリ玄武岩はいずれも、OIBに類似した極めて肥沃な組成で滑らかな不適合元素パターンを示し、大和海盆の玄武岩とEM-Iの中間的な同位体組成を示す。なお、スピネルレルゾライトの捕獲岩は、日本海の海底玄武岩の同位体組成^[4など]と類似する。

（年代値は浦郷図幅^[5]、西郷図幅^[1]より引用）

考察

アルカリ玄武岩は、一部に未分化玄武岩を含み、数%以下のかんらん石の逆分別により、初生メルト組成を求めることができる。初生メルトの温度とマグマ分離深度は1290-1380℃、1.8-2.6 GPaと見積もられ、スピネルレルゾライトの高圧側のリキダス温度に近い。

隠岐島後のレルゾライト捕獲岩の同位体組成は、時張山層・郡層火山岩の組成とは明らかに異なる。つまりこれらのかんらん岩は、阿部ら^[6]の主張する日本海拡大期に噴出した玄武岩の残存固相である可能性がある。このレルゾライトはスピネル相の安定領域を示すことから、日本海拡大を引き起こしたアセノスフェアマントルは、アルカリ玄武岩の起源マントル（EM-I）の直上に分布していると推定される。

隠岐諸島の火山活動は、7-5 Ma頃にアルカリ岩系列の玄武岩と酸性岩のバイモーダルな火山活動が生じている。この時期のアルカリ酸性岩類は、玄武岩質マグマによる下部地殻の部分融解、あるいは混染作用により生成されたと考えられており^[7など]、本研究による微量元素・同位体組成の特徴もこの見解を支持する。

以上を総合的に解釈すると、隠岐諸島の周辺では少なくとも18 Ma頃までは古い大陸下リソスフェアマントルに由来する沈み込み帯マグマが生成され、15 Ma頃までに日本海拡大を引き起こしたアセノスフェアマントルが流入し、7 Ma頃には、さらにその下位から肥沃的なマントル（EM-I）が流入してきたと考えられる。

※本研究は、2019年度、2020年度隠岐ジオパーク研究助成を受けた。

引用文献

[1]鈴木ほか, 2009, 5万分の1西郷図幅, [2]Kimura and Yoshida, 2006, J.Petrol., [3]Moriyama, 2006, 岡山大博論, [4]Hirahara et al., 2015, G³, [5]千葉ほか, 2000, 5万分の1浦郷図幅, [6]Abe et al., 2003, Island Arc, [7]小林ほか, 2002, 岩鉱

Keywords: Oki islands, Alkaline series rocks, Japan Sea, Mantle, Lower crust

Zircon U-Pb dating of the Okueyama Volcano-plutonic Complex, Kyushu, Southwest Japan

*Kenichiro Tani¹, Yukiyasu Tsutsumi¹, Kazuki Omura², Masaki Takahashi², Tatsuo Kanamaru²

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

大崩山火山深成複合岩体は、大分県・宮崎県にまたがって分布するカルデラ火山群とそれに貫入する花崗岩体から構成されている。また本岩体は中期中新世に西南日本外帯で大規模かつ短期間に活動した酸性マグマ活動の一環として形成されたと考えられている。大崩山火山深成複合岩体は、西南日本弧の付加体に対応するジュラ紀の三宝山帯・秩父帯と白亜紀の四万十帯、それらを覆う中新世の見立層群を基盤としている。また岩体北部の秩父帯には、蛇紋岩と花崗岩類・堆積岩類が混在している黒瀬川帯相当の岩相も含まれる。大崩山火山深成複合岩体の形成活動史やマグマの地球化学的特徴については、Takahashi (1986)、高橋他 (2014) などの詳細な地質調査と全岩化学組成分析によって、以下のように大きく4つの活動ステージに分類されている：

1. S-type的な地球化学的特徴を示す、前期コールドロン群の形成：祖母山流紋岩・デイサイト質火砕流堆積物 (SDT) の噴出と祖母山コールドロンの形成→傾山無斑晶質流紋岩質溶岩 (KRL) の噴出→傾山流紋岩・デイサイト質火砕流堆積物 (KDT) の噴出と傾山コールドロンの形成 S-type的な貫入岩の活動：斜方輝石・黒雲母花崗閃緑岩 (古期花崗岩類I, OKG3)
2. I-type的な地球化学的特徴を示す、祖母山安山岩・デイサイト質複成火山 (SALT) の形成 (コールドロンを埋積する形で噴出。厚い溶岩と火砕流堆積物からなる) I-type的な貫入岩の活動：石英モンゾニ閃緑岩・グラノフィア (古期花崗岩類II, OBG2)
3. I-type的な新規コールドロンの形成：国見岳流紋岩質火砕流堆積物 (KRT) の噴出→大崩山コールドロンの形成 I-type的な貫入岩の活動：凝灰岩岩脈→珪長岩岩脈→花崗斑岩からなる環状岩脈
4. バソリス状I-type花崗岩 (OKG1-2, FKG, HKG, OBG1など) の貫入・定置 本研究では大崩山火山深成複合岩体について、絶対年代に基づいて形成活動史を制約するために、火山岩類・深成岩類の系統的なジルコン U-Pb年代測定を行った。測定は国立科学博物館設置のレーザアブレーションICP質量分析計を用いて実施した。

その結果、大崩山火山深成複合岩体の火山活動

には二つの噴火ステージが存在することが明らかになった。

1. S-type的な火山活動 (前期コールドロン群形成) に伴う SDT, KRL, KDT の活動：14.8 – 14.3 Ma
2. I-type的な火山活動 (新期コールドロン形成) に伴う KRT の活動：13.9 Ma

また貫入岩・花崗岩類の活動についても、S-type的な特徴を示す古期花崗岩類I (OKG3) が、最も古い14.3 Maの年代を示し、それ以降のI-type的な岩体 (グラノフィア, 環状岩脈, OKG1-2, FKG, HKG, OBG1) については火山岩類と同時期か更に若い、14.3 – 13.2 Maの年代が得られた。バソリス状花崗岩 (OKG1) について、Takahashi (1986) では地質学的観察に基づき、水平なルーフ境界をもつ岩体としている。また岩体上位は黒雲母花崗岩であるのに対し、より下位は角閃石黒雲母花崗閃緑岩から構成される、垂直方向累帯深成岩体であると解釈されている。しかし本研究による年代測定によって、ルーフ近傍のバソリス上部花崗岩は14.3 – 14.1 Maの年代を示すのに対し、それより下位の部分は系統的に若い、13.9 – 13.2 Maの年代が得られた。これはバソリスが少なくとも2回のマグマ貫入によって形成された可能性が高いことを示している。

さらには岩体北部の基盤を構成する黒瀬川帯相当の変形花崗岩類からは、430 Ma前後の年代が得られ、これは紀伊半島・四国西部・九州中部の黒瀬川帯中の花崗岩類から報告されているジルコン年代 (~440 Ma : Aoki

et al., 2015) とよく一致しており、その延長が本地域にも分布していることが初めて確認された。

系統的なジルコンU-Pb年代測定によって、大崩山火山深成複合岩体の活動期間は約150 万年間に及ぶことが明らかになった。また外帯酸性マグマ活動においては、まずS-type的な活動が起こり、その後I-type的活動に漸移することが指摘されていたが（高橋他2014）、本研究によって、そのマグマ組成の変化は約40万年間という比較的短期間に起こった可能性が高いことが明らかになった。

Aoki, K. et al., 2015, JAES, 97, 125-135

Takahashi, M, 1986, JVGR, 29, 33-70

高橋正樹ほか, 2014, 日大文理学部紀要, 49, 173-195

Emplacement mechanism of the ring dike and batholithic pluton of the Okueyama volcano-plutonic complex inferred from anisotropy of magnetic susceptibility

*Tatsuo Kanamaru¹, Masaki Takahashi¹, Kenichiro Tani², Hirokazu Kunishima¹, Daiki Tomita¹, Nozomi Takahashi¹, Joichiro Maru¹, Kenya Iida¹, Kei Hayashi¹, Riku Uetsuki¹, Ryosuke Suzuki¹

1. College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. National Museum of Nature and Science

はじめに

中期中新統大崩山火山深成複合岩体を構成する環状岩脈および花崗岩体の貫入定置機構を明らかにするため、それらの帯磁率異方性測定を行った。帯磁率異方性は、火成岩体の貫入定置機構を明らかにするために重要な岩体内部構造を定量的に見積もる方法として広く用いられている。大崩山火山深成複合岩体は、主に火砕岩類、成層火山堆積物、環状岩脈、花崗岩体などから構成される祖母山・傾山・大崩山の3つのコールドロンからなる。このうち最大の外周をもつ大崩山コールドロン形成時、岩体周縁部に花崗斑岩からなる大規模な環状岩脈が貫入し、活動最末期に花崗岩体が貫入定置している。花崗岩体は、四万十層群からなる大崩山をルーフとして載せ、鹿川・祝子川の流域に露出する主要な大崩山岩体の他に、日之影、藤河内、尾平などの地域に小岩体が露出するがそれらは地下では連続した岩体を形成している（Takahashi, 1986）。Takahashi (1986)では、地質学的証拠から、花崗岩体は大崩山および尾平付近でやや高まりがある概ね平坦なルーフをもつ岩体の形体が復元されている。帯磁率異方性測定に用いた試料は定方位ブロック試料として採取し、実験室内で測定用試料に整形した。測定にはAGICO社製Kappabridge KLY-3Sを用いた。

環状岩脈

環状岩脈の帯磁率面構造の走向は、全体として概ね岩脈の伸びの方向と調和的な走向を示し、比較的急傾斜を示すものが卓越する。岩脈幅が広く、岩脈横断方向で複数地点のサンプリングを行った岩体南西部や中北部のルートでは、岩脈の縁辺部で急傾斜、中心部で緩傾斜なる構造が得られた。これは岩脈内の速度勾配を反映した構造を示すと考えられる。帯磁率線構造は、緩傾斜な構造を示す地点が卓越するが、南部および東部の複数地点でマグマ上昇域の存在を示唆する急傾斜～やや急傾斜な構造を示す。帯磁率異方性から得られた構造は、環状岩脈を形成したマグマは全域で一様に上昇したわけではないことを示している。また、谷ほか（2021）による環状岩脈のジルコンU-Pb年代が環状岩脈全体がほぼ同時期の活動であること示していることを考慮すると、本環状岩脈は、複数のマグマ上昇域からマグマが上昇し、側方向へ流動するような様式により形成されたことを示している。このようなマグマ上昇・流動様式はAltenberg-Tepliceカルデラで推定されているような傾いたトラップドA型の母岩沈降（Tomek, 2019）の結果として形成された可能性がある。さらに、コールドロン内部にも環状岩脈は分布していることから、沈降する母岩はある程度の大きさを持つブロック状に分断されていた可能性も考えられる。

花崗岩体

帯磁率面構造は急傾斜を示すものが卓越するが、ルーフ付近では緩傾斜になる傾向がみられるなど、復元された岩体の形状に矛盾しない構造がみられる。帯磁率線構造は、岩体全体として中～緩傾斜な構造を示すものが卓越する。藤河内岩体北部、鹿川岩体境界付近、祝子川岩体境界付近で急傾斜な線構造がみられる。このうち、前二者は、Takahashi (1986)で示された岩体復元図において、急傾斜な壁境界付近に位置しており、復元図と矛盾のない構造を示している。岩体の中心付近に位置する後一者は、3次元構造を考慮すると、ルーフからの距離が大きい位置に相当する。谷ほか（2021）のジルコンU-Pb年代は、花崗岩体に少なくとも2つの活動期があることを示している。特に大崩山岩体においては、それらはルーフに近いものは比較的早く、遠いものはより新しいという傾向を示すことから、花崗岩体は少なくとも2回の貫入イベントにより形成された可能性が高い。ルーフからの距離を考慮すると、岩体中心部にある急傾斜な構造を示す地域は新しい活動期に形成された可能性が高い。ここで、地質学的視点からは、花崗岩体はストーピングによる貫入したと考えられる（Takahashi, 1986）。これらに帯磁率異方性の測定結果加えると、花崗岩帯の貫入定置機構は以下のような

ものであったと考えられる。すなわち、母岩ブロックの沈降に伴い、帯磁率線構造が急傾斜をなす岩体の縁辺部の壁境界付近からマグマが上昇し、側方方向へ流動し、ここでは、緩傾斜な構造が形成される。これらの貫入イベントは少なくとも2回あり、より新しい貫入イベントでは、母岩がブロック状に分断されながら沈降したことにより、岩体中心部付近にあった割れ目からもマグマの上昇があった可能性がある

引用文献

Takahashi, M., 1986, JVGR, 29, 33-70

谷健一郎ほか, 2021, 本学術大会講演要旨

Tomek, F. et al., 2019, GSA Bull. 131, 997-1016

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility, Okueyama volcano-plutonic complex, granite, ring dike, emplacement mechanism, plutonic rock

Gology and evolution of the Okueyama volcano-plutonic complex, revisited

*Masaki Takahashi¹, Tatsuo Kanamaru¹, Kenichiro Tani²

1. College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. National Museum of Nature and Science

大崩山火山深成複合岩体 (Takahashi, 1986) の地質を再検討し, 新たにジルコンのU-Pb年代を求め (谷ほか, 2021), 貫入岩体に関する帯磁率異方性による貫入定置メカニズムの検討を行って (金丸ほか, 2021), 時間軸を導入し解像度を上げた形でその形成過程を明らかにした。大崩山火山深成複合岩体を構成する火成岩は, 祖母山・傾山コールドロンを形成したS-typeと, 複成火山体や大崩山コールドロン・バソリス状花崗岩体などを形成したI-typeとに大きく区分される (高橋ほか, 2014)。以下にその形成過程を示す。(1) 祖母山コールドロンの形成: 祖母山コールドロン (20×13km) は, 総噴出量300km³以下の流紋岩～デイサイト質溶結火砕流堆積物および溶岩の噴出によって形成された。コールドロン外側では最大層厚150mの溶結火砕流堆積物がみられ, またコールドロン内は全層厚570m以上の溶結火砕流堆積物と溶岩からなり, 下底部には花崗岩バソリスが直接貫入している。コールドロン外の溶結火砕流堆積物のジルコンU-Pb年代は14.77Maである。(2) 傾山コールドロンの形成: 傾山コールドロンに先行して, 層厚250m, 噴出量60km³に及ぶ大規模な無斑晶質流紋岩質溶岩が噴出した。傾山コールドロン (12×6km) は, 全層厚500m, 総噴出量350km³以下の流紋岩～デイサイト質溶結火砕流堆積物の噴出によって形成された。この溶結火砕流堆積物のジルコンU-Pb年代は14.51Maである。現在の傾山コールドロンの内部は, 後から噴出した安山岩～デイサイト質溶岩・火砕流堆積物によって埋積されており, 底部は花崗岩バソリスの直接の貫入を受けていて, その下部に存在したコールドロン形成に直接関係した火山岩類は失われている。(3) S-type花崗岩の貫入: 大崩山コールドロン内の南東部にS-typeの性質を示す直方輝石・黒雲母花崗閃緑岩の貫入があり, そのジルコンU-Pb年代は14.32Maである。(4) 安山岩～デイサイト質複成火山の形成: S-type的なマグマ活動によって祖母山・傾山両コールドロンが形成された後, I-type安山岩～デイサイト質の厚い溶岩流および火砕流堆積物の噴出が繰り返され, 最大層厚が1000mを超え, 総噴出量が200km³余りの複成火山が形成された。また, 複成火山の火道として, 石英モンゾニ閃緑岩 (安山岩質) ～グラノファイア (デイサイト質) が貫入した。ジルコンのU-Pb年代として, 安山岩質溶岩の14.09Ma (Shinjoe et al., 2019), グラノファイアの14.08Maが得られている。(5) 大崩山コールドロンの形成: 全層厚400m以上, 総噴出量370km³以下の結晶に富むI-type流紋岩質溶結火砕流堆積物の環状割れ目からの噴出により, 沈降量が1000m余りの大崩山コールドロン (33×23km) が形成された。環状岩脈およびその分岐岩脈では, 無斑晶質流紋岩 (珪長岩) →凝灰岩・ラピリ凝灰岩 (火砕流の噴出) →花崗斑岩の順に貫入が行われた。ジルコンのU-Pb年代は, 流紋岩質溶結火砕流堆積物が13.91Ma, 花崗斑岩が13.97-14.13Maであり, ほぼ同一の年代を示す。環状岩脈へのマグマの移動は複数の地点から始まり, それぞれの地点から水平方向にマグマが移動することによって行われた。(6) 大崩山バソリス状花崗岩体の貫入: 野外での貫入関係では, 最後にバソリス状花崗岩体 (30×20km) が貫入した。I-typeバソリス状花崗岩は, ルーフ直下ではSiO₂ 70wt.%以上の黒雲母花崗岩であり, ルーフから1000mの断面が観察される大崩山岩体では, ルーフから300～400m以深では, SiO₂ 70wt.%未満の角閃石黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩からなる。ジルコンのU-Pb年代では, ルーフから300～400mの岩体上部が14.25～13.85Maと古い年代を示し, それ以深および一部岩体が13.51～13.21Maといった若い年代を示していて, 両者の間には数10年以上の時間間隙が認められる。また, 若い年代の花崗岩類に含まれるI-type安山岩～デイサイト質の苦鉄質マグマ性包有岩もホスト花崗岩とほぼ同じ年代を示しており, この時地下深部には安山岩～デイサイト質マグマが存在していた。バソリス状花崗岩マグマの貫入は, 地下コールドロン・ブロックストーピングおよび漸増定置によって行われたらしい。文献 Takahashi, M., 1986, JVGR, 29, 33-70 谷ほか, 2021, 本学術大会講演要旨 金丸ほか, 2021, 本学術大会講演要旨 Shinjoe, H. et al., 2019, Geol.Mag., <http://doi.org/10.1017/S00167556819000785>

Keywords: Miocene, volcano-plutonic complex, granite, U-Pb age, intrusion-emplacment mechanism

[Invited]Origin and tectonics of Permo-Triassic volcanic rocks in southern Mongolia and Paleoproterozoic granitoids in central Nepal

*Takeshi Imayama¹

1. Okayama University of Science

造山帯の火成岩類の起源を特定することは、その地域のテクトニクスを議論する上で重要である。中央アジア造山帯は、原生代から三畳紀までの世界で最も大きな付加型造山帯の一つであり、シベリア地塊の南縁に徐々に発達し、北中国地塊が衝突して、最終的にSolonker衝突境界帯に沿って古アジア海が閉じたと考えられている。しかし、古アジア海の見終閉鎖のタイミングが、古生代初期なのか後期なのかは議論があった。Imayama et al. (2019a) によると、モンゴル南部に分布する火山岩類はアルカリ元素に富む玄武岩、粗面安山岩、粗面岩などから構成される。全岩化学組成やカリウム-アルゴン法による長石の年代測定からは、これらの火山岩類はペルム紀後期-三畳紀前期 (約270-240 Ma) の沈み込み帯の背弧側で生成されたことが推定される。また、火山岩体上部の陸源性砂岩からの碎屑性ジルコンの最小年代分布 (約220-205 Ma) に基づくと、これらの火山堆積物は三畳紀後期以降に堆積したと推定される。これらのモンゴル南部火山岩類の岩石学的・年代学的研究結果は、最終衝突前のペルム紀後期-三畳紀前期まで海洋プレート沈み込み帯が続いていたことを示唆しており、古アジア海の見終閉鎖のタイミングはペルム紀後期-三畳紀前期頃であることを支持する。

ヒマラヤ造山帯は、新生代の大陸衝突帯である一方で、その基盤は主に古原生代火成岩類 (約1.92-1.74 Ga in Nepal) から構成される。これらの古原生代火成岩類の成因は、コロンビア超大陸の離合集散に関連するが、当時のインド大陸北縁が受動的大陸縁なのか活動的大陸縁なのか活発に議論されている。Imayama et al. (2019b) は、中央ネパールカトマンズ地域の古原生代花崗岩類の起源を、全岩・鉱物化学組成、Rb-Sr同位体比、ジルコン年代測定を用いて推定した。ジルコンの微量元素は、重希土類元素やTh/U比に富み、火成起源の特徴を示す。ウラン-鉛年代とジルコンTi温度計は、これらの花崗岩類は約1.74 Gaに705-765 °Cで結晶したことを示す。全岩化学組成は、パーアルミナス、高Sr同位体比や高Th-U濃度で特徴づけられ、テクトニック判別図も踏まえると、研究地域の花崗岩類は地殻溶融で形成された可能性が高い。ネパール他地域を含む先行研究を合わせると、約1.92-1.90 Gaのリフト形成後に、thermal subsidenceに伴う約1.84-1.74 Gaの地殻溶融イベントが推定される。これらの結果は、古原生代におけるインド大陸北縁は、受動的大陸縁であったことを示唆する。

引用文献 Imayama, T., Koh, Y., Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, Kh., Mainbayar, B., 2019a. Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean, *Journal of Geodynamics*, 131, 101650. Imayama, T., Arita, K., Fukuyama, M., Yi, K., and R. Kawabata, 2019b. 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal. *International Geology Review*, v. 61, p. 1207-1221.

Keywords: Tectonics, Permo-Triassic volcanic rocks in southern Mongolia, Paleoproterozoic granitoids in central Nepal

Magma source of San-yo and Ryoke belt granites and fluid-rock interaction of siliceous veins and Ryoke metamorphic belt schists

*HAFIZ U. REHMAN¹, YAMAMOTO Hiroshi¹

1. Kagoshima University

Oxygen isotope results ($\delta^{18}\text{O}$) of quartz are presented for the San-yo and Ryoke belt granites, associated metamorphic rocks (pelitic schists, siliceous schists), and two generations of siliceous veins (foliation-parallel and foliation-normal) that exist in pelitic and siliceous schists. Purified quartz grains from the above-mentioned lithologies were analyzed for $\delta^{18}\text{O}$ using the conventional fluorination method. Quartz grains showed $\delta^{18}\text{O}$ values (relative to VSMOW) of 9.7 to 12.9 ‰ in granites, 15.1 to 17.3 ‰ in biotite schist, and 16.4 to 17.8 ‰ in siliceous schist. The $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz from foliation-parallel veins in biotite schist were 16.6 ‰ whereas quartz grains from the foliation-normal veins in biotite schist had $\delta^{18}\text{O}$ values of 17.3 ‰. The $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz in the investigated granite samples are comparatively higher than usually found in the typical I-type granites (ca. 5–8 ‰) and show some overlap with the S-type granites (ca. 9–12 ‰). These features suggest that the source magma of Ryoke and San-yo these granites was likely derived from the partial melting of the chemically modified crust with sedimentary precursors. Hafnium isotope data of zircons from the same granites, reported in an earlier publication (Mateen et al., 2019, *Geosciences Journal* 23, 917-931), exhibited by $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ values between +1.1 and -4.8 provide additional evidence for the formation of the granites from a continental crust with some incorporation of the reworked older crustal material that was hydrothermally altered before partial melting. The relatively higher $\delta^{18}\text{O}$ values (> 15 ‰) of quartz in foliation-parallel and foliation-normal veins indicate their precipitation from the silica- and ^{18}O -rich fluids that were extracted from the slab-dehydration process during late-stages of their evolution. Detailed results can be seen elsewhere (Rehman et al. 2021, *Journal Episodes*).

References

Mateen et al., 2019. *Geosciences Journal* 23, 917-931

Rehman et al. 2021. *Episodes*, <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021012>

Keywords: Ryoke belt, San-yo belt, granites, oxygen isotope data, partial melting

Zircon U-Pb ages and petrographic properties of the Middle Miocene Granitic rocks in Koshikijima, Kagoshima Prefecture, Japan

*Marimo Nakabayashi^{1,2}, Hafiz U. Rehman²

1. Kyushu Univ., 2. Kagoshima Univ.

中央構造線・仙像構造線を挟んで太平洋側地域を西南日本外帯と呼び、この外帯においては様々な規模で花崗岩類が露出する。これらのほとんどは中期中新世のごく短い間に形成されたものであり、放射年代はc.a.10-15Maと報告されている。南九州地域に分布する花崗岩のほとんどが外帯花崗岩の一部であり、c.a.12~15MaのK-Ar年代及びフィッシュントラック年代が報告されている（Miyachi, 1985; 柴田, 1978）。この中でも鹿児島県北西部の甕島列島は臼杵一八代構造線の延長上にあり、西南日本弧と琉球弧の会合部に位置するため日本海・沖縄トラフ拡大を考える上で重要な地域と言える。甕島列島は主に上甕島、中甕島および下甕島の3島からなる離島である。甕島列島には後期白亜紀の姫浦層群の堆積岩が広く分布しており、下甕島と一部上甕島に甕島には花崗岩が露出している（田代・野田, 1973）。これらの花崗岩から分離した黒雲母K-Ar年代は 13 ± 4 Ma（Miller et al., 1962）と報告されている。また、近年では琉球弧拡大との関連性についても議論が行われている（Ishihara et al., 1984; 新正・折橋, 2019）。しかし甕島の花崗岩類の成因について詳細な研究はなされていない。したがって、本稿では甕島花崗岩のレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計(LA-ICP-MS)を用いたU-Pb放射年代測定およびその形成成因の推定を目的に研究を行ったことを報告する。調査地域の露頭において下甕島では比較的優白色で粗粒の花崗閃緑岩、上甕島では灰白色から青白色細粒の花崗閃緑岩から閃緑岩が観察された。また、上甕島では白色花崗岩脈や石英脈もよく観察された。花崗岩と基盤岩の境界付近では接触熱変成作用によりホルンフェルスが形成されている。偏光顕微鏡下では、ほとんどの岩石は斜長石に富んだ角閃石黒雲母花崗閃緑岩であった。岩石内の主要構成鉱物は石英・斜長石・カリ長石・黒雲母・角閃石類、副成分鉱物はジルコン・アパタイト・イルミナイトが見られた。採取した岩石のうち下甕花崗閃緑岩帯南部と中部で2試料、上甕島花崗閃緑岩で1試料、これに接触するホルンフェルスより1試料からジルコンを抽出し、電子顕微鏡及びカソード像などで内部構造を把握した後、LA-ICP-MSによってU-Pb放射年代測定を行った。これにより下甕島の花崗岩南部（Kos-2）から 10.38 ± 0.50 Ma（MSWD=0.94, n=14）、同じく、下甕島花崗岩中部（Kos-11）から 11.17 ± 0.53 Ma（MSWD=1.4, n=8）、上甕島花崗閃緑岩（Kos-19）から 10.03 ± 0.44 Ma（MSWD=1.3, n=12）、と周りのホルンフェルス（Kos-17）からは14-87Ma（n=5）の値が得られた。甕島花崗岩は10Maと近辺に見られる西南日本外帯の紫尾山花崗閃緑岩（c.a.13 Ma）、大隈花崗岩（c.a. 15 Ma）よりやや若い年代を示した。甕島花崗岩から分離したジルコンはオシラトリゾーニングがよく見られ、中心部と周縁部で年代差はほとんどなかった。鹿児島地域の外帯花崗岩と全岩組成を比較したところ甕島花崗岩はややMeta-aluminousかつ苦鉄岩質なことから、玄武岩質マグマ成分を含む地殻の部分溶融から形成された花崗岩類だと考えられ、他の外帯花崗岩とは異なる火成活動に関連したものと推測される。したがって甕島花崗岩は他の外帯花崗岩と異なる火成活動によって形成されたことが示唆されたが、琉球弧背弧海盆との関連を議論するためにはより詳細な検討が必要である。

引用文献

- Ishihara S., et al. (1984) *Mining Geol.*, 34, 45-50.
Miller, J.A., et al (1962) *Bull. Geol. Surv. Japan*, 13, 712-714.
Miyachi M. (1985) *岩石鉱物鉱床学会誌* 80(9), 406-409
柴田賢 (1978) *地質調査所月報* 29 (8), 551-554
新正 裕尚 他 (2019) 第126年地質学会学術大会(2019 山口)要旨集
田代正之, 野田雅之 (1972) *地質学雑誌*, 79巻7号, 465-480

Keywords: Middle Miocene, U-Pb age, zircon, Granite, Outer Zone of southwest Japan

Crust formation beneath the Japanese Islands viewed from Sr isotopes of the granitic and mafic rocks

*Takshi Nakajima^{1,2}

1. National Museum of Nature and Science, 2. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

日本列島の花崗岩類はそのほとんどが中生代と新生代、中でも白亜紀から古第三紀と新第三紀中新世に形成されている。これらの起源を探るためSrやNdの同位体比が多くの岩体について測定されてきた。その大部分は花崗岩質岩についてであるが、量的には圧倒的に少ない苦鉄質岩類についても注目されるようになってきた。苦鉄質岩類の利点は、上部地殻物質との混合が花崗岩質岩より少ないので玄武岩質初生マグマとの関連が見やすいこと、Sr同位体比初生値を求める際に年代による補正幅が非常に小さくなるので年代値が不正確な岩体でもある程度扱えることである。今回は苦鉄質岩類と花崗岩質岩のSr同位体比初生値（以下Srlと表示）を併せて検討し、日本列島の花崗岩マグマの起源を考察する。

北海道日高帯で、地表露出した地殻断面に貫入したトクタベツ岩体では最深部に相当する斑れい岩のSrlが0.7027で、そこから岩体上部に向かって0.7040まで連続的に変化し、岩体上部を構成する花崗岩はSrl = 0.70407 $\pm$ 0.00005, 年代19.8 $\pm$ 0.9 Maの見事なアイソクロンを形成する（Kamiyama et al., 2007）。この最深部斑れい岩のSrl 0.7027はMORBの87Sr/86Sr同位体比に近く、岩体の下位に露出する海洋地殻相当ユニットに移化する産状と調和的である。同帯の斑れい岩から同様の値を得た Maeda & Kagami (1996) は海嶺衝突の証拠と主張した。

同じく中新世の背弧海盆拡大があった西南日本では、13.5~15 Maの期間限定同時多発的な珪長質火成活動が起こった。それら外帯花崗岩は0.7054~0.7096と内帯の白亜紀花崗岩と同等のSrlをもち、付加体から成る上部地殻物質の関与が想定されるが、太平洋に張り出した潮岬、室戸岬、足摺岬などに露出する苦鉄質岩体ではそれが0.7031~0.7036と低く、上部地殻物質の関与が少ないことがわかる。

西南日本において、地表露出する花崗岩類の75%を占める白亜紀花崗岩類のSrlは0.705~0.7115、その大部分は0.706~0.710である。それに対して苦鉄質岩のSrlも0.706~0.710とほぼ同じ高い値を示すことから、その起源物質は海嶺や海洋地殻そのものではなく島弧下の同位体的にエンリッチしたソースに由来していることがわかる。当時のアジア大陸東縁の地下には長期の沈み込みに起因するサブアーク型リソスフェリックマントルが存在した可能性がある。

一方、古第三紀の花崗岩類のSrlは0.704~0.7052で、隣接し一部重複して分布する白亜紀花崗岩類との間には有意の差があり、この間で初期のリフト活動などによるマグマソースの変換があったと推定される（Imaoka et al., 2011）。しかし古第三紀花崗岩類はその分布が山陰地方に限られており、量的にも白亜紀の花崗岩類よりずっと少なく、その活動規模は限定的であったと思われる。

<文献> Imaoka, T. et al. (2011) J. Asian Earth Sci. 40, 509-533. Kamiyama, H. et al. (2007) J. Geol. 115, 295-314. Maeda, J. & Kagami, H. (1996) Geology, 24, 31-34.

Keywords: crust formation, Sr isotope ratio, granitic rock, mafic rock, Japanese Islands

Petrological and Geochemical study of Early ~ Middle Miocene volcanic rocks in Hokuriku region, southwest Japan arc

*Syun WATANABE¹, Toshiro TAKAHASHI¹, Gen SHIMODA², Kosuke GOTO²

1. Niigata univ., 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

【はじめに】

西南日本弧東部北陸地域には後期漸新世～中期中新世にかけて形成された火山岩類が分布する。富山県東部～福井県東部には前期～中期中新世に活動した安山岩類が分布し、ソレライト系列やカルクアルカリ系列の火山岩、高マグネシア安山岩（HMA）、アダカイト質火山岩など多様な岩石学的特徴を示す火山岩類から構成される。これら火山岩類は主要元素および微量元素組成に基づく成因の考察が行われている（石渡・大浜, 1997；高橋・周藤, 1999など）。北陸地域は西南日本弧の東端にあたり、東西日本弧の会合部である北部フォッサマグナと糸魚川-静岡構造線を介して接している。従って、本地域における新第三紀火成活動の起源を解明することは、東西日本弧の火成活動を論じる上で重要である。

本発表では北陸地域の東端に位置する富山県東部上市地域に分布する前期中新世～中期中新世火山岩類について全岩化学組成およびSr-Nd-Pb同位体組成に基づく岩石学的・地球化学的検討を行った。

【地質概説】

本地域は中世界手取層群を基盤岩類として、中新統八尾層群が不整合で重なる。八尾層群は下位から、楡原層、岩稲層、黒瀬谷層、福平層が累重する。本発表では岩稲層および福平層を構成する溶岩、および火山砕屑岩中の火山各礫角礫を対象とする。

【記載岩石学的特徴】

・タイプ1（両輝石安山岩）

斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石、直方輝石からなる。

・タイプ2（含かんらん石両輝石安山岩）

斑晶鉱物は主に斜長石、単斜輝石、直方輝石からなり、稀にかんらん石を含む。斜長石は汚濁帯や蜂の巣状組織が見られる。

・タイプ3（両輝石安山岩）

斑晶鉱物は主に斜長石、単斜輝石、直方輝石からなる。斜長石は汚濁帯や蜂の巣状組織が見られる。

・タイプ4（角閃石両輝石安山岩）

斑晶鉱物は主に斜長石、角閃石、単斜輝石、直方輝石からなる。斜長石は汚濁帯や蜂の巣状組織が見られる。

【岩石学的・地球化学的特徴】

タイプ1の多くは中間K安山岩領域にプロットされ、ソレライト系列のトレンドを示す。また、SiO₂濃度の増加に対してMgO、Cr、Ni、Ca濃度が減少し、LILEやHFSEといった不適合元素濃度が増加する。この化学的特徴は斑晶鉱物の分別結晶作用で説明することができる。不適合元素パターンは同時期の東北日本弧背弧域の玄武岩に類似することから、これらの未分化玄武岩質マグマは中新世東北日本弧背弧域玄武岩に近い組成であったと考えられる。一方、同位体組成は広い組成範囲を示し、SiO₂やZr濃度の増加に伴い肥沃化することから地殻物質（例えば花崗岩類）の同化作用が働いたと考えられる。しかし、地殻物質の影響が小さいと推定されるタイプ1の玄武岩質安山岩試料でも、同時期の東北日本弧火山フロント側玄武岩より肥沃的な同位体組成を示す。Okamura et al.(2016)では、近接する北部フォッサマグナ地域の中新世火山岩類の同位体組成が沈み込む堆積物起源の流体やメルトの影響で肥沃化する可能性を議論している。よって、本地域のソレライト系列火山岩においても、そのような過程を考慮する必要がある。

タイプ2～4の多くは低K安山岩と中間K安山岩の境界付近にプロットされ、カルクアルカリ系列のトレンドを示す。同程度のSiO₂量を示すタイプ1に比べ高いMgO、Cr、Ni、Sr濃度や低いY、HREE濃度を示す。このような特徴はタイプ4で最も顕著に見られ、SiO₂-各種元素図上ではタイプ2とタイプ3はタイプ1とタイプ4の中間にプロットされる。タイプ2～4の持つ微量元素の特長はアダカイト（Defant and Drummond, 1990）に類似する事から本タイプはタイプ1マグマとアダカイト質マグマの混合により形成されたと考えられる。これはタ

タイプ2～4に含まれる斜長石に汚濁帯などのマグマ混合を示唆する組織が見られる事と調和的である。タイプ2～4はBulk Silicate Earthに近い同位体組成を示すが、タイプ1マグマとのマグマ混合の影響を考慮すると端成分マグマであるアダカイト質マグマの同位体組成はタイプ2～4より枯渴的でDMMに近い特徴を示すと考えられる。アダカイト質マグマの形成場には幾つかのモデルが考えられているが、同位体組成は起源物質を反映するとされる（Castillo, 2012）。よって、本地域のアダカイト質マグマは沈み込んだ海洋地殻の部分溶融により形成されたと結論できる。

【引用】 Castillo, 2012, *Lithos*, 134-135. Defant・Drummond, 1990, *Nature*, 347. 石渡・大浜, 1997, *地質雑*, 103. Okamura et al. , 2016, *Journal of Geodynamics*, 97. 高橋・周藤, 1999, *地質雑* 105.

Keywords: southwest Japan arc, Miocene, arc volcanic rocks, Hokuriku region, Sr-Nd-Pb isotope

[3ch313-21] R8 [Regular Session]Marine geology

Chiar:Yoshiaki Suzuki, Yasuhiko Ohara

Mon. Sep 6, 2021 1:00 PM - 3:30 PM ch3 (ch3)

[R8-O-1] Reconstruction of Early Pleistocene sea-surface temperature in the Northwestern Pacific region based on calcareous nannofossil assemblages

*Daisuke Kuwano¹, Koji Kameo¹, Yoshimi Kubota², Masayuki Utsunomiya³, Kanako Mantoku^{4,2}, Makoto Okada⁵ (1. Chiba University, 2. National Museum of Nature and Science, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. National Institute for Environmental Studies, 5. Ibaraki University)

1:00 PM - 1:15 PM

[R8-O-2] Reorganization of the Asian monsoon and nutrient provenance during the late Miocene global cooling in the Japan Sea

*Kenji M. Matsuzaki¹, Mayasuki Ikeda², Ryuji Tada² (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo)

1:15 PM - 1:30 PM

[R8-O-3] Total organic carbon concentration and isotope composition changes over the last 66 ka in the southern part of the Japan Sea

*Naoto Ishida¹, Koji Seto², Fumio Akiba³, Ryo Matsumoto⁴ (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Estuary Research Center, Shimane University, 3. Diatom Mini Lab., 4. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University)

1:30 PM - 1:45 PM

[R8-O-4] ¹⁴C age of the dead deep-sea coral *Pleurocorallium elatius* off Zampa Cape, Okinawajima island and its geological significance

*Fujio KUMON¹, Hidekazu TOKUYAMA, Tomoyo OKUMURA¹, Masayoshi Arai², Kosaku ARAI³ (1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Fukada Salvage and Marine Works Co. LTD, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

1:45 PM - 2:00 PM

[R8-O-6] Reconstruction of ice sheet history since the LGH in Lutzow Holm Bay, East Antarctica revealed by sedimentological records

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Yuki Haneda³, Takuya Itaki³, Takeshige Ishiwa¹, Masakazu Fujii^{1,2}, Yuji Kato⁹, Takayuki Omori⁷, Atsuko Amano³, Masao Iwai⁹, Naoshisa Nishida¹⁰, Kazuya Kusahara⁸, Daisuke Hirano^{1,2}, Mosamu Seki⁴, Kota Katsuki⁵, Moto Kawamata^{1,11}, Hiroki Matsui⁶, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Minoru Ikehara⁹, Hideki Miura^{1,2} (1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Geological Survey of Japan, AIST, 4. Hokkaido University, 5. Shimane University, 6. Akita University, 7. University of Tokyo, 8. JAMSTEC, 9. Kochi Core center, 10. Tokyo Gakugei Daigaku, 11. CERI)

2:30 PM - 2:45 PM

[R8-O-7] Clarification of eruption mechanism of submarine mud volcanoes off Tanegashima Island by thermal history analysis of sediments

*Ryoma Setoguchi¹, Akira Ijiri², Takeyasu Yamagata³, Hiroyuki Matsuzaki³, Kyoko Hagino¹, Yohei Hamada⁵, Osamu Tada⁶, Wataru Tanikawa⁵, Juichiro Ashi⁴, Masafumi Murayama¹ (1. Kochi University, 2. Kobe University, 3. The University Museum, The University of Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science

and Technology, 6. Marine Works Japan Ltd.)

2:45 PM - 3:00 PM

[R8-O-8] A report of YK20-14S/YK21-07S scientific cruises to Petit-spot volcanic fields, Tohoku-Oki, Japan

*Norikatsu Akizawa¹, Naoto Hirano², Shiki Machida³, Akira Ishikawa⁴, Gen Shimoda⁵, Kazutaka Yasukawa⁶, Kenji Matsuzaki¹, Chiori Tamura¹, Junji Kaneko⁷, Onboard Science Party (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The Univ. Tokyo, 2. Tohoku Univ., 3. Chiba Tech., 4. Tokyo Tech., 5. AIST, 6. School of Engineering, The Univ. Tokyo, 7. JAMSTEC)

3:00 PM - 3:15 PM

[R8-O-9] Rotation of the Philippine Sea plate inferred from paleomagnetism of oriented cores taken with a ROV-based coring apparatus

*Toshitsugu Yamazaki¹, Shun Chiyonobu², Osamu Ishizuka^{3,4}, Fumisato Tajima⁵, Naoki Uto⁵, Shinichi Takagawa⁵ (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. KOKEN BORING MACHINE CO. LTD)

3:15 PM - 3:30 PM

Reconstruction of Early Pleistocene sea-surface temperature in the Northwestern Pacific region based on calcareous nannofossil assemblages

*Daisuke Kuwano¹, Koji Kameo¹, Yoshimi Kubota², Masayuki Utsunomiya³, Kanako Mantoku^{4,2}, Makoto Okada⁵

1. Chiba University, 2. National Museum of Nature and Science, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. National Institute for Environmental Studies, 5. Ibaraki University

北西太平洋海域は、熱輸送を担う黒潮や親潮といった海洋循環と、偏西風やアジアモンスーンといった大気循環の影響を受ける海域に位置しており、過去の地球環境を復元するためには重要な地域である (Gallagher et al., 2015). 特に、房総半島から三陸沖に位置する黒潮と親潮の境界付近では、表層海水温が大きく変化するため (Locarnini et al., 2013), 地質記録からこれらを復元することで、過去の黒潮・親潮の変動を理解することが可能である。これまで、北西太平洋海域では、多くの古海洋学的な研究が進められてきたが (e.g., Yamamoto et al., 2005; Sagawa et al., 2006), そのほとんどは後期更新世以降であり、前期更新世における表層海水温の復元はほとんど行われてこなかった。そこで本研究では、房総半島中央部に分布する上総層群から産出する石灰質ナノ化石を検討し、これらの群集組成をもとに現生アナログ法を用いて表層海水温を復元することを目的とした。

本研究では、近年、Kuwano et al. (2021) により年代モデルが構築された黄和田層上部を対象とした。Kuwano et al. (2021) によって報告されたタ木川ルート of 試料73点に加え、新たに夷隅川の支流である大野川ルート of 試料18点を追加し、石灰質ナノ化石の群集組成の検討を行った。現生アナログ法は、Squared Chord Distanceを類似度として使用し、これらの値が大きい上位5地点の現在の海水温の加重平均をとることで水温の推定を行った。表層堆積物における群集組成のデータセットはTanaka (1991) を利用し、現在の水温は、日本海洋データセンターの夏季の水温を緯度経度ごとにリサンプリングしたものを使用した。復元された表層海水温は、概ね氷期・間氷期のスケールでの変化が卓越し、間氷期では27℃付近の安定した値をとる。一方、氷期ではこれよりも2-3℃程度低くなり、MIS 38の後半では21℃付近まで低下する。しかし、これらの水温は、MIS 1や2と比較しても非常に高い温度を示しており (Yamamoto et al., 2005; Sagawa et al., 2006), MIS 31でも近い水温を示すことから (Kajita et al., 2021), 前期更新世における房総半島周辺は、現在よりも温暖な海洋環境が続いていたことが示唆される。

〔引用文献〕

- Gallagher et al., 2015, *Progress in Earth and Planetary Science*, 2, 17.
Kajita et al., 2021, *Communications Earth & Environment*, 2, 82.
Kuwano et al., 2021, *Stratigraphy*, 18, 103-121.
Locarnini et al., 2013, *World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature*.
Sagawa et al., 2006, *Journal of Quaternary Science*, 21, 63-73
Tanaka, 1991, *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, 61, 127-198.
Yamamoto et al., 2005, *Geophysical Research Letter*, 32, 1-4.

Keywords: calcareous nannofossil, Northwestern Pacific Ocean, Early Pleistocene, sea-surface temperature

Reorganization of the Asian monsoon and nutrient provenance during the late Miocene global cooling in the Japan Sea

*Kenji M. Matsuzaki¹, Mayasuki Ikeda², Ryuji Tada²

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo

中新世後期の地球寒冷化（LMGC; 7.9～5.8 Ma）の間に、東アジアの気候は、東アジアの夏季モンスーン（EASM）の支配から冬季モンスーン（EAWM）の支配に移行した。同時期の日本海堆積物は葉理の発達した放散虫岩から生物擾乱の卓越した珪藻土に変化した。同時期には放散虫・珪藻群集のみならず、脊椎動物群集なども変化していることが知られているが、の気候変動日本列島形成に伴う地殻変動も活発であり、それらの生態系への影響についてはまだ多くの点が未解明である。本研究では日本海のLMGCをカバーする高時間解像度の放散虫群集変動を復元してLMGCに伴う海洋環境の変化とその生態系の応答をモニタリングした。特に、放散虫の日本海固有種の放散虫 *Cycladophora nakasekoi* や熱帯亜表層水に生息する *C. papillosum* は、7.4 Ma位前の日本海に卓越し、亜寒帯の放散虫種（*Cycladophora sphaeris* など）は7.4 Maの後に豊富になったことから当時の環境変動の影響で絶滅したとも考えられる。さらに、9.0-7.4 Maでは放散虫フラックスと堆積物のガンマ線強度(GRA)の卓越周期は、EASMに卓越する100kyrの離心率サイクルから7.0 Ma以降では海水準変動やEAWMに卓越する40kyrの赤道傾斜角サイクルに変化した。熱帯亜表層水に生息する *C. papillosum* が7.4 Ma以降の減少は、9Maから3.5Maに閉鎖したフォッサマグナ海峡の浅化に起因したと考えられる（Takeuchi, 2004など）。従って、フォッサマグナ海峡を通る黒潮分岐流の弱化と共に、間宮海峡から流入する北極圏（北太平洋）の海水流入が増加したと考えられる。また、LMGCに関連したEAWMの強化も影響して、亜寒帯前線が南方へ移動した可能性があるが、フォッサマグナ海峡の浅化とどちらがより影響したかは不明である。さらに、同時期に抗低塩性放散虫 *Tetrapyle circularis/fruticosa* グループや淡水性珪藻(Koizumi, 1992) が減少することから、EASMの弱化と黒潮表層流の減少により日本海表層水が高塩分化した可能性もある。これらの海洋学的変化は、日本海固有種の放散虫 *C. nakasekoi* や束柱類 *Desmostylia* などの浅海動物相の絶滅を引き起こした可能性がある

Keywords: Late Miocene , IODP, Monsoon

Total organic carbon concentration and isotope composition changes over the last 66 ka in the southern part of the Japan Sea

*Naoto Ishida¹, Koji Seto², Fumio Akiba³, Ryo Matsumoto⁴

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Estuary Research Center, Shimane University, 3. Diatom Mini Lab., 4. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

日本海はユーラシア大陸と日本列島に挟まれ、4つの海峡によって外洋とつながる半閉鎖的な縁海である。現在、外洋水は対馬暖流として対馬海峡から日本海に流入し、津軽海峡および宗谷海峡から流出しているが、氷期の低海水準期には海水交換がほぼ停止し、鉛直混合も滞るなど、日本海は第四紀の気候変動に鋭敏に応答することが知られる。本研究では、日本海南部で採取されたコアに記録された全有機炭素（TOC）の濃度および同位体比を中心に、66 ka以降の変動を報告する。

本研究では、明治大学ガスハイドレート研究所が実施した航海によって対馬海盆（PC1601）、隠岐トラフ南西部（PC1818）、および隠岐トラフ中部（PC1606）で採取された3本のコアを使用した。各コア最下部の年代はPC1601が32 ka、PC1818が45 ka、そしてPC1606が66 kaである。試料はコアから1 cm間隔で分取し、塩酸処理によって炭酸塩成分を取り除いた後、島根大学エスチュアリー研究センターのCNS元素分析装置により全有機炭素（TOC）、全窒素（TN）、および全硫黄（TS）の3成分の濃度を測定した。また、PC1606については高知大学海洋コア総合研究センターの質量分析計を用い、有機炭素・窒素の同位体比を測定した。

いずれのコアもTNとTOCには良い相関が見られ、C/Nの値は6~10の範囲にほぼ収まっている。これはどのコアの有機炭素も主に海洋プランクトン起源であることを示す。最終氷期の海水準低下期にあたる25~66 kaには、1.0~3.2 %の範囲でTOC濃度が増減する20 kyr程度の周期的な変動が2回繰り返され、さらにTOC濃度にして1 %程度の短期的な増減が重なる。ATテフラ層準（30 ka）の直上では、どのコアにおいてもTOC濃度が0.5 %程度まで急激に落ち込み、その後1~3 kyr程度を要して1 %台まで徐々に回復する。TOC濃度の急減はU-Oki（10.2 ka）や61 ka付近のテフラにも見られ、南九州や日本海内部で発生した巨大噴火が基礎生産に大きな影響を与えたことが明瞭である。最終氷期最盛期（LGM）にあたる20 ka前後では、TOC濃度は1~1.5 %程度の低い値を取る。この時期は日本海の鉛直循環が停滞して深層水が貧酸素化しており、沈降した有機物が堆積物中に保存されやすい条件にあったが、TOC濃度が低下していることは、日本海南部の基礎生産そのものが低下していたと考えられる。16 kaを境にTOC濃度は上昇に転じ、11 ka前後に検討した範囲で最も高い3.5~4 %のピークに達する。全球的な温暖化に伴って日本海の循環が再開し、深層の栄養塩が表層にもたらされたことで、一時的に基礎生産が増大した可能性がある。その後TOC濃度は減少し、K-Ahテフラ（7.25 ka）から現在まで、各コア2.5 %前後の安定した値となっている。

PC1606のTOC同位体比は、コアの最下部、66 ka付近の層準で-22.7 %であり、MIS4の寒冷化ピークにあたる64 ka付近では-23.8 %まで負にシフトする。その上位の60~32 kaの層準は-22~23 %の範囲にある。32~11.6 kaの層準には2 %以上の大きな負のシフトが見られ、LGM付近の21~19 kaに-24.6 %の最低値を取る。19 ka以降は11.6 kaまでに-22 %程度まで急激に回復する。11.6 ka以降は現在に向けて-22 %から-21 %まで緩やかに上昇する。

窒素同位体比は、炭素同位体比とほぼ同調した増減傾向が見られる。コアの最下部、66 ka付近で6.0 %であり、64 ka付近で5.8 %まで低下する。その上位60~32 kaの層準は6.0~6.8 %の範囲にある。32 ka~11.6 kaの間には3 %以上の大きな負のシフトが見られ、LGM付近の19 kaに3.2 %の最も低い値となる。19 ka以降は11.6 kaまでに6.7 %まで急激に回復する。11.6 ka以降は6.7 %から5.7 %まで現在に向けて緩やかに減少しており、この点のみ炭素同位体比と異なる傾向を示す。

本研究の有機炭素・窒素同位体比測定の目的のひとつは、日本海内部におけるメタンハイドレート分解現象の検出である。メタンハイドレートに内包されるメタン分子は特徴的に軽い同位体比の炭素から構成され、過去のメタンハイドレート分解現象は炭素同位体比の負のシフトとして検出されてきた。本研究による結果は、全体として有機炭素・窒素同位体比が同調した変動を示しており、これらの主だった変動は生物活動に伴うもの

と考えられる。MIS4のピーク付近やLGM前後などの寒冷期には、炭素同位体比のみに記録された短期間かつ小規模な負のシフトが認められ、これらは海水準低下に応答したメタンハイドレート分解に伴う変動の可能性があるため、今後の検討を要する。

Keywords: Japan Sea, Late Quaternary, Total organic carbon concentration, Carbon isotope composition

¹⁴C age of the dead deep-sea coral *Pleurocorallium elatius* off Zanpa Cape, Okinawajima island and its geological significance

*Fujio KUMON¹, Hidekazu TOKUYAMA, Tomoyo OKUMURA¹, Masayoshi Arai², Kosaku ARAI³

1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Fukada Salvage and Marine Works Co. LTD, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

沖縄島中部の北西側の海域では、本部半島から伊江島にかけての高まりから徐々に南西側に深くなる、水深200m～500mほどの緩斜面が広がる。この緩斜面下では、凹凸地形を呈する音響的基盤を、辺戸沖層群およびその上位の表層堆積物（名護沖層群）が薄く覆うことが報告されている（佐藤ほか，2011；荒井ほか，2015）。音響的基盤は海底の凸部に連続し、相対的に硬い地層が海底に露出していることを示唆している。その凸部の周囲にはしばしば凹地が発達することも報告されている。

このような凹地で発見されたモモイロサンゴ（*Pleurocorallium elatius*）遺骸（骨軸）に対して¹⁴C年代測定（2標本，3試料）を行ったところ、最終氷期の寒冷期にあたる2万年前と3.3万年前を示す年代値が得られた（Table 1）。遺骸の表面には小さな孔が無数に見られ、死後相当の時間を経ていることは確かである。一方、表層から数mm以深では緻密な組織が残されており、年代測定は緻密な部分に対して行われた。同一標本から分取した2試料が近い年代値を示すことから、測定された年代値はサンゴの成長した年代を示す可能性が高く、次のような堆積のシナリオが推定される。

2～3万年ほど前の氷期に、海底の高まりに付着して成長していた宝石サンゴが、死後に落下して、斜面下に集積した。その後、後氷期の海水準の上昇によって、名護湾層の極細粒砂～シルトの堆積する水理環境に変わったものの、海底の高まりの周囲だけは局所的な流速の増大によって懸濁性の堆積物が沈積しにくい場になった結果、凹地が形成されたもの（obstacle scour：佐藤ほか，2011）と考えられる。今回の年代測定によって、凹地の中はほぼ無堆積の堆積環境が数万年間以上にわたって継続していることが確認された。

一方、年代を測定したモモイロサンゴは、八放サンゴ亜綱サンゴ科に属し、水深100～500mの深い海域に生息する。サンゴ科のサンゴ類には緻密な骨軸を形成するものが多くあり、骨軸を研磨・加工することによって宝飾品として利用され、珍重されてきた。そのため、この仲間は宝石サンゴとも呼ばれ、漁業の対象となっている。宝石サンゴ漁業では、生きた状態で採取されたもの（生木：せいぎ）と、遺骸の状態で採取されたもの（枯木：かれぎ）とが区別され、両者ともに市場に流通している。漁獲量においては、枯れ木が6～8割を占めている（2012年～2016年：日本珊瑚商工協同組合資料）。今回の年代測定結果は、足摺沖の場合と同様に（Okumura et al., 2021），枯木と呼ばれてきた宝石サンゴ資源の一部が、過去に蓄積された化石資源であることを示唆している。このような知見の蓄積が宝石サンゴの資源量評価の一助になると考えられる。

引用文献

荒井晃作・佐藤智之・井上卓彦，2015，海洋地質図，no. 85，産総研地質調査総合センター．Okumura, T., Kumon, F., and Tokuyama, H., 2021, Radiocarbon, 63, 195-212. 佐藤智之・荒井晃作・井上卓彦，2011，産総研地質調査総合センター速報，no.55, 35-41.

Keywords: deep-sea coral, glacial age, radiocarbon age, non deposition, obstacle scour

Table 1 Results of ^{14}C AMS measurements for the dead dee-sea corals off Zanpa Cape, Okinawajima

sample ID	Location (latitude, longitude)	Water depth (m)	Species of precious coral	Measured Age (y BP)		Conventional Age (y BP)		Calibrated Age (95.4% probability) using MARINE13	Remarks
				median	error (2 σ)	median	error (2 σ)		
Zanpa A-1-1	26° 30' N, 127° 50' E	350	<i>Pleurocorallium elatius</i>	28,430	140	28,780	140	30,875 – 29,760 cal BC/ 32,824 – 31,709 cal BP	Beta-553929 acid etch
Zanpa A-1-3	26° 30' N, 127° 50' E	350	<i>Pleurocorallium elatius</i>	29,110	140	29,500	140	31,736 – 30,962 cal BC/ 33,685 – 32,911 cal BP	Beta-553930 acid etch
Zanpa B-5-1	26° 30' N, 127° 50' E	353	<i>Pleurocorallium elatius</i>	16,800	60	17,210	60	18,531 – 18,111 cal BC/ 20,480 – 20,060 cal BP	Beta-553931 acid etch

Reconstruction of ice sheet history since the LGH in Lutzow Holm Bay, East Antarctica revealed by sedimentological records

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Yuki Haneda³, Takuya Itaki³, Takeshige Ishiwa¹, Masakazu Fujii^{1,2}, Yuji Kato⁹, Takayuki Omori⁷, Atsuko Amano³, Masao Iwai⁹, Naoshisa Nishida¹⁰, Kazuya Kusahara⁸, Daisuke Hirano^{1,2}, Mosamu Seki⁴, Kota Katsuki⁵, Moto Kawamata^{1,11}, Hiroki Matsui⁶, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Minoru Ikehara⁹, Hideki Miura^{1,2}

1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Geological Survey of Japan, AIST, 4. Hokkaido University, 5. Shimane University, 6. Akita University, 7. University of Tokyo, 8. JAMSTEC, 9. Kochi Core center, 10. Tokyo Gakugei Daigaku, 11. CERl

近年、衛星観測などによって南極氷床の融解や流出の加速が相次いで報告され、近い将来の急激な海水準上昇が社会的に強く懸念されている。最近の気候・氷床モデルシミュレーションによると、近年融解が加速している西南極氷床のみならず、西南極氷床より1桁大きな体積をもつ東南極氷床の一部も温暖化に敏感であることが指摘されている。しかし、南極氷床の質量収支は、氷床表面での涵養と消耗のみでなく、氷床沿岸でおきる棚氷の底面融解や氷床からの分離も含むため、そのメカニズムの理解と定量的な観測は容易ではなく、気候変動予測精度向上における課題となっている。一方、南極大陸やその周辺の海底堆積物は採取が困難であり、また断片的ではあるとはいえ、過去の南極氷床変動を復元するために極めて貴重な情報を提供する。こういった情報を集積・解析することで過去の気候変動に対する南極氷床の応答の復元できれば、南極氷床融解メカニズムの理解だけでなく、その知見を将来の気候変動の予測に利用することもできる。そこで我々は、砕氷船しらせによって東南極リュツォホルム湾から新たに採取された海底堆積物試料と、既存レガシーコアを解析・分析し、最終氷期における最大氷床拡大域と完新世におきた急激な東南極氷床融解過程の復元と、そのメカニズムについての考察を進めている。現状では海底堆積物の年代制約に課題があるものの、当該地域における氷床融解過程とそのメカニズムについて得られた新たな知見について報告する。

Keywords: Antarctica Ice Sheet and Southern Ocean, Giant Reservoirs - Antarctic, marine sediment

Clarification of eruption mechanism of submarine mud volcanoes off Tanegashima Island by thermal history analysis of sediments

*Ryoma Setoguchi¹, Akira Ijiri², Takeyasu Yamagata³, Hiroyuki Matsuzaki³, Kyoko Hagino¹, Yohei Hamada⁵, Osamu Tadai⁶, Wataru Tanikawa⁵, Juichiro Ashi⁴, Masafumi Murayama¹

1. Kochi University, 2. Kobe University, 3. The University Museum, The University of Tokyo, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Marine Works Japan Ltd.

世界各地の大陸縁辺域に分布する泥火山は、地下深部にある高間隙水圧を持った堆積物が上昇し、海底表層または地表に噴出した地形である(Kopf, 2002)。高間隙水圧は、泥とそれに関する深部の水やメタンガスなどの流体によって形成される(Wallmann *et al.*, 2006ほか)。

日本近海では、南海トラフ沿いに位置する紀伊半島沖熊野海盆と種子島沖に広く分布が確認されている。種子島沖の泥火山は、これまでの海底調査から15個確認されており(Ujiie *et al.*, 2000)、MV#1~#15まで番号がつけられている。本研究では、MV#1 (3053'N, 13146'E; water depth: 1540 m)、MV#2 (3055'N, 13150'E; water depth: 1430 m)、MV#3 (3103'N, 13141'E; water depth: 1200 m)、MV#14 (3011'N, 13123'E; water depth: 1700 m)の堆積物コアを用いて、堆積物の特性と炭化水素ガスの起源などについて調べた。

堆積物コアは、X線CTによる内部構造観察、加速器質量分析器を用いた¹⁰Be年代測定、石灰質ナノ化石による微化石年代、XRDによる鉱物組成分析、粘土鉱物組成比から堆積物の温度履歴を推定した。また、炭化水素ガスは、メタン/エタン比(C_1/C_2)、メタンガスの炭素同位体比からその生成起源を推定した。堆積物コアは、全体に多くの泥礫を含む粘土質の堆積物であった。MV#2、MV#3の微化石年代と¹⁰Be年代結果は整合的であり、様々な年代を示したが、主に中期中新世以降を示した。一方、MV#14は表層に第四紀の堆積物が被覆していた。種子島周辺には、始新世の四万十帯が分布しているが(Ujiie *et al.*, 2000)、これらの泥火山堆積物の起源は、年代測定の結果から、四万十帯より上位の堆積層由来であると考えられる。堆積物の全岩鉱物組成は、全体的に石英、イライト、斜長石を多く含み、各泥火山による違いは見られなかった。粘土鉱物はイライトに富んでおり、スメクタイトからイライトへの脱水反応が起きる60~160℃の熱履歴を経験していると考えられる。粘土鉱物組成では、泥火山による違いが見られ、MV#1では、イライト/スメクタイト混合層が検出できたが、MV#2、3、14、では検出されなかった。MV#1では、回折パターンから見積もったイライト/スメクタイト混合層中のイライト含有量は42~45%であり、イライト化の初期段階を示す(60~100℃)ー

方、MV#2、#3、#14ではMV#1より高温を経験しており、スメクタイトからイライトへと変質が進み、イライト/スメクタイト混合層のピークが検出できなかったと考えられる。また、陸上の四万十帯で報告されているイライトの半値幅(0.562 ~ 0.268)と、泥火山の堆積物の半値幅(0.7273 ~ 0.398)から、結晶度を比べた結果、全体的に四万十帯のイライトよりも、泥火山の堆積物のイライトの結晶度は低かった。このように、イライトの結晶度からも、泥火山の堆積物は、四万十帯より上位の堆積層由来であると推定される。また、温度履歴は異なるものの、XRD回折パターン、粘土鉱物組成、イライト含有量が各泥火山で類似していたことは、種子島沖における泥火山噴出堆積物の起源となる層が同じである可能性があり、Ijiri *et al.*, 2018の結果と整合的であった。泥火山から採取されたメタンガスは、MV#1、MV#2、MV#3のメタンの炭素同位体比は-42 ~ -57‰、メタン/エタン濃度比(C_1/C_2 比)は30~50であり、熱分解起源メタンの特徴を示した。一方、MV#14は、炭素同位体比は-57 ~ -77‰、 C_1/C_2 比は700~4000であり、微生物起源メタンの特徴を示した。この海域で観測されている地温勾配(25~50℃/km)をもとに、熱分解ガスの生成条件(> 80℃)や堆積物の温度履歴を考慮すると、泥火山の噴出堆積物や炭化水素ガスは、海底下約1.5 km以深から上昇してきたと考えられる。

現在、堆積物の温度履歴の推定をより正確に行うために、粘土鉱物組成分析に加え、ビトリナイト反射率を測定しており、その結果から、炭化水素ガスや水の起源深度との違いについても議論する予定である。

引用文献

Kopf (2002) *Rev. Geophys.*, 40, 1005, doi: 10.1029/2000RG000093

Ijiri et al., (2018) *Geosciences*, 8, 220

Ujiie et al., (2000) *Marine Geology*, 163, 149–167

Wallmann et al., (2006) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 248, 544–559.

Keywords: Mud Volcano, Submarine Mud Volcano, Clay Mineral, Vitrinite, Methane Gas

A report of YK20-14S/YK21-07S scientific cruises to Petit-spot volcanic fields, Tohoku-Oki, Japan

*Norikatsu Akizawa¹, Naoto Hirano², Shiki Machida³, Akira Ishikawa⁴, Gen Shimoda⁵, Kazutaka Yasukawa⁶, Kenji Matsuzaki¹, Chiori Tamura¹, Junji Kaneko⁷, Onboard Science Party

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The Univ. Tokyo, 2. Tohoku Univ., 3. Chiba Tech., 4. Tokyo Tech., 5. AIST, 6. School of Engineering, The Univ. Tokyo, 7. JAMSTEC

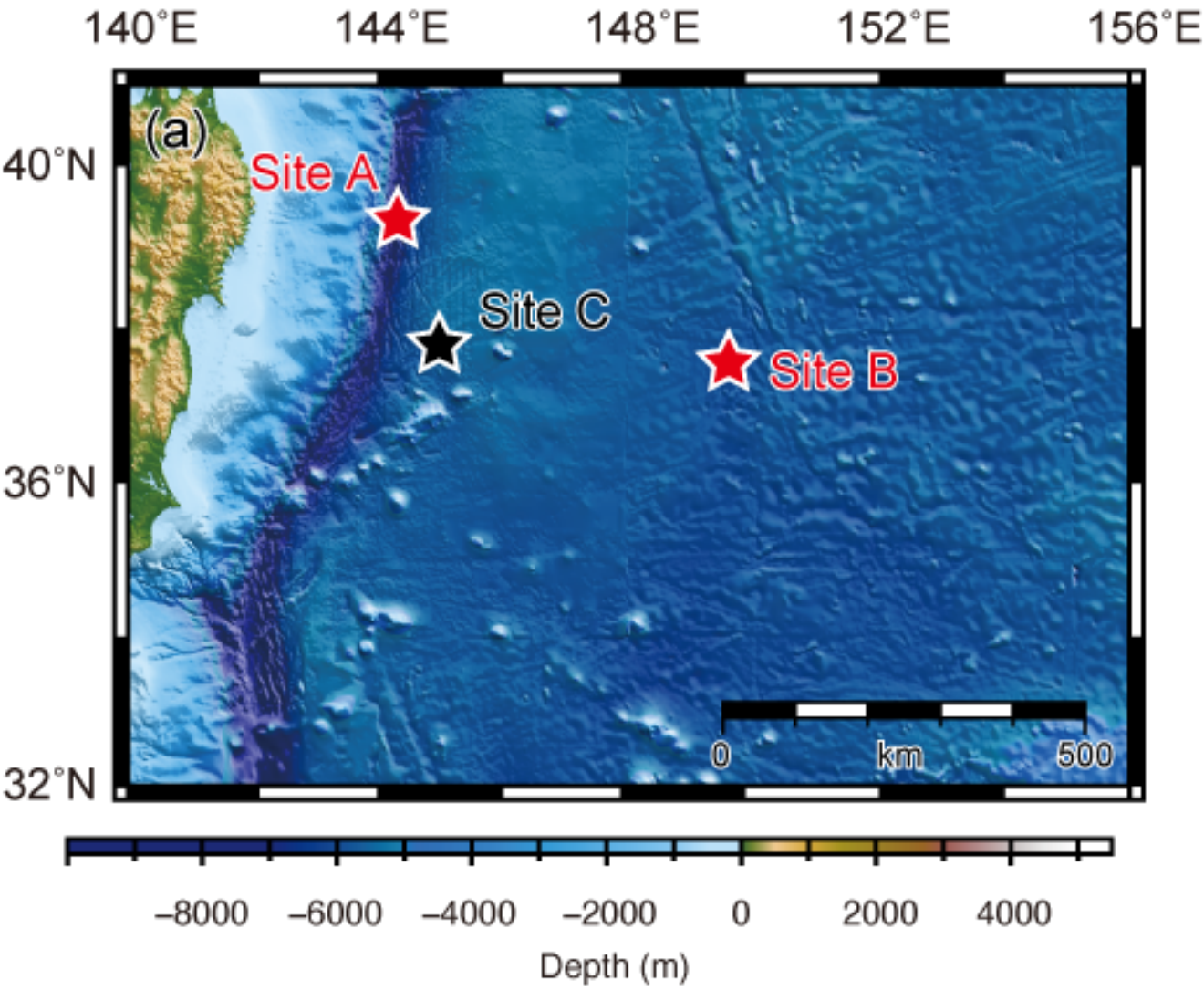
プチスポット火山を作るマグマは、60 kmより深部で形成されたとされる（Machida et al., 2017 Nature Communications, 8, 14302）。そのマグマ生成の規模はホットスポットよりも小さく、マグマ生成に伴う熱的な擾乱が少ないことが期待される。そのため、プチスポットマグマが地表に運んでくるマンツルのカケラであるマンツル捕獲岩は、地球深部マンツルの化学組成や流動様式に加えて熱状態に関する情報を引き出すのに適した研究対象であると言える。しかし、プチスポットで採取されるマンツル捕獲岩はサイズが最も大きいもので数cm程度しかなく、採取される量も少ないため研究を遂行する上で非常に困難な状況であった。実際、これまでにプチスポットマンツル捕獲岩を対象とした研究例は少なく、その現状打破が望まれていた。

そこで、我々は2020年10月9-16日に実施されたYK20-14S次航海及び、2021年5月1-8日に実施されたYK21-07S次航海の2つの航海を通してプチスポットマンツル捕獲岩採取を試みた。YK20-14S次航海では、Hirano et al. (2006: Science, 313, 1426-1428)でSite Aとされる日本海溝近辺のサイトでしんかい6500を用いた潜航を2回実施した（ダイブ番号：6K1564、6K1565）（図）。その結果、長径3 cm程の大きさに達するものを含めて数10個のマンツル捕獲岩を採取することに成功した。また、YK21-07S次航海では、Site Aより東、アウターライズ手前のSite Bでしんかい6500を用いた潜航を1回実施した（ダイブ番号：6K1586）（図）。その結果、やはり長径3 cmに達するものを含めて多くのマンツル捕獲岩を採取することに成功した。

現在、上記2つの研究航海で採取されたマンツル捕獲岩を使用した研究を遂行している。今後、個々の研究成果が出てくると期待されるが、本発表ではその前段階として研究航海の概要とどのようなサンプルが採取されたのかを紹介する。また、基本的な岩石記載・鉱物化学組成を合わせてプチスポットマンツル捕獲岩の紹介を行う。

図 プチスポットのサイトを示した地形図。Site AとSite Bで採取されたマンツル捕獲岩を対象として発表を行う。

Keywords: Petit spot, Mantle xenolith, Peridotite, SHINKAI6500



Rotation of the Philippine Sea plate inferred from paleomagnetism of oriented cores taken with a ROV-based coring apparatus

*Toshitsugu Yamazaki¹, Shun Chiyonobu², Osamu Ishizuka^{3,4}, Fumisato Tajima⁵, Naoki Uto⁵, Shinichi Takagawa⁵

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. KOKEN BORING MACHINE CO. LTD

Reconstructing the history of Philippine Sea (PHS) plate motion is important for better understanding of the tectonics of the surrounding plates. It is generally considered that the PHS plate migrated northward since Eocene, but its rotation has not been constrained well; some reconstructions incorporated a large clockwise rotation but others did not. This is mainly because the difficulty of collecting oriented rocks from the mostly submerged PHS plate hindered establishing an apparent polar wander path. In this study, we conducted a paleomagnetic study of oriented cores taken using a ROV-based coring apparatus from the Hyuga Seamount on the northern part of the Kyushu-Palau Ridge, a remnant arc in the stable interior of the PHS plate. Stepwise thermal and alternating-field demagnetizations were applied to specimens taken successively from two ~30 cm long limestone cores of middle to late Oligocene age, and characteristic remanent magnetization directions could be isolated. Declination and inclination of $D = 51.5^\circ$ and $I = 39.8^\circ$, respectively, were obtained as the mean of the two cores. The easterly-deflected declination means ~50° clockwise rotation of the PHS plate since middle to late Oligocene. In addition, ~5° northward shift of the site is estimated from the mean inclination. The result implies that the Kyushu-Palau Ridge was located to the west of the present position in middle to late Oligocene, and that PHS plate rotation as well as the Shikoku and Parece Vela Basin spreading contributed to the eastward migration of the Izu-Ogasawara (Bonin) Arc to the current position.

Keywords: paleomagnetism, Philippine Sea plate

Oral | T5. [Topic Session] Culture geology

[3ch401-06] T5. [Topic Session] Culture geology

Chair: Norithito Kawamura, Masaki Umeda, Hisashi Suzuki, Ohtomo Yukiko

Mon. Sep 6, 2021 8:30 AM - 10:45 AM ch4 (ch4)

[T5-O-1] [Invited] Earth Science of the Jyomon Stone Circles distributed in Northern Akita Prefecture Northeast Japan

*Yukio FUJIMOTO¹ (1. Akita Association of Educational Earth Science)

8:30 AM - 9:00 AM

[T5-O-2] [Invited] Green quartz collected from Zaimoku Site, Mogami Town, Yamagata Prefecture

*Hiroyuki MISAWA¹ (1. Shumei University)

9:00 AM - 9:30 AM

[T5-O-3] Microscopic observation of green quartz collected from Zaimoku site at the Mogami Town

*Ohtomo Yukiko¹, Hiroyuki Misawa² (1. Yamagata University, 2. Shumei University)

9:30 AM - 9:45 AM

[T5-O-4] Possibility of correlation between Teshima-ishi and the stone lantern in Suga Shrine, Santo, Asago City, Hyogo Prefecture, Japan

*Norithito Kawamura¹ (1. University of Hyogo)

10:00 AM - 10:15 AM

[T5-O-5] Brand stone carried by debris flow: Mikage-ishi (Rokko Granite)

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

10:15 AM - 10:30 AM

[T5-O-6] Location and geology of water-power plants in Kumano Acidic Rocks, Southwest Japan

*Seisuke Ushiro¹ (1. Wakayama University)

10:30 AM - 10:45 AM

[Invited]Earth Science of the Jyomon Stone Circles distributed in Northern Akita Prefecture Northeast Japan

*Yukio FUJIMOTO¹

1. Akita Association of Educational Earth Science

7月にユネスコの世界文化遺産に登録された北海道・北東北の縄文遺跡群は、秋田県では鹿角市の大湯環状列石 (C^{14} :4160±30yrBP~3460±30yrBP; 藤井ほか, 2017) と北秋田市の伊勢堂岱遺跡 (C^{14} :3760±30yrBP~3550±30yrBP; 加速器分析研究所, 2011) で、ともに十和田火山起源の更新世末火砕流台地に立地している。

大湯環状列石 (OS) について藤岡・佐藤 (1952) は遺跡が十和田火山中湖起源と推定した「大湯浮石層」の下位にあり、石材は大部分が輝石ひん岩で当時の川礫が使用されたことを述べた。その後加納 (1985) は「輝石ひん岩」を石英閃緑ひん岩 (Qdp) として記載し、起源を大湯川支流の安久谷川中流に分布する諸助山石英閃緑ひん岩岩体 (諸助山岩体) と特定した。藤本 (2017) は石材の悉皆調査から十和田火山起源の安山岩 (An) が相当量含まれることを示し、諸助山岩体の節理系と安久谷川~大湯川の河床礫を調べて石材の採取地を推定した。一方、伊勢堂岱遺跡 (IS) は起源の異なる多種類の石材が使用され、その採取地は遺跡に近い米代川・支流河床と推定された (藤本, 2016)。今回は両遺跡の立地、石材の岩種組成と形状、帯磁率をまとめてみる。石材と周辺の河床礫 (OS12地点, ISは段丘礫も) の岩種組成、形状 (円磨度 R・最大径 L・中間径 M・最短径 S)、帯磁率 (ISの花崗岩類 Gr と An, OSの Qdp と An) の概要は以下のとおりである。

大湯環状列石: 万座環状列石 (MN; 6488個) と野中堂環状列石 (NO; 2051個) からなる。後者は東西南北に An を配した「日時計」状の整った配石を含む。岩種組成はそれぞれ Qdp が 59.7%, 59.1%, An が 28.8%, 30.0% で河床より多い。L の平均値は Qdp が 36.1cm, 36.8cm, An は 24.9cm, 24.4cm で頻度分布も似ている。共に河床礫より小さく、Qdp は柱状、An は薄いものが多い。Qdp の帯磁率 ($\times 10^{-3}$ SI) は MN (381個) の平均値が 19.0, NO (159個) が 18.9 で諸助山岩体と一致する。An は石材、河床礫とも 20.6-21.7 である。節理面解析から諸助山岩体は北東に伸張、北西に 60 度程度傾斜する岩脈状と推定される。石材と河床礫の組成・L・円磨度から、石材は遺跡に近い当時の大湯川河床から採集された。

伊勢堂岱遺跡: 北から ABCD の 4 環状列石で構成され、A (1057個) は凝灰岩類 (Tf) 29.3%, 流紋岩 (Ry) 24.1%, An 18.6%, ひん岩 (Po) 15.7%, B (309個) は Tf 19.1%, Ry 27.5%, An 14.6%, Po 21.4%, C (1281個) は Tf 18.4%, Ry 20.4%, An 26.8%, Po 23.7%, D (535個) は Tf 32.9%, Ry 21.3%, An 20.9%, Po 17.2% で米代川河床礫 (100個; Tf 16.3%, Ry 20.0%, An 27.5%, Po 28.7%) と類似し、Gr や小猿部川源流の新第三紀花崗岩類も含む。L の平均値は A 24.4cm, B 19.5cm, C 22.3cm, D 18.7cm と減少し、頻度分布も A の正規型から、10-15cm ピークの非対称型を示す。形状は河床礫より細長く、円磨度は An で高い。岩質と帯磁率から、Gr は段丘から供給された阿仁川源流の太平山花崗岩体起源、An は田代岳火山起源が多い。石材は遺跡周辺の米代川・小猿部川・湯車川の河床で採集された。

OS は花輪盆地北部に開けた大湯川左岸の台地上にある。太平洋側から来満峠を越えて安久谷川を下る古道沿いでは、緑色柱状の Qdp 河床礫は目立つ礫である。一方 IS は鷹巣盆地西部で米代川左岸の段丘上にあり、周辺河川の河床礫は特に多量な岩種はない。IS の配石には OS と小牧野遺跡に似た形式もある。各環状列石は地形地質・周辺河川の礫種・形状に規定され、選択的に採取された石材を活かして施工された。

文献: 藤井安正・赤坂朋美・工藤 海 (2017): 特別史跡大湯環状列石総括報告書, 357. 藤岡一男・佐藤 久 (1952): 埋没文化財発掘報告, no.2, 23-40. 藤本幸雄 (2016): 秋田地学, 73, 1-16. 藤本幸雄 (2017): 秋田地学, 74, 1-14. 加納 博 (1985): 大湯環状列石周辺遺跡発掘報告書(1), 62-79. 加速器分析研究所 (2011): 史跡伊勢堂岱遺跡発掘調査報告書, 北秋田市教育委員会, 181-189.

Keywords: world heritage, jyomon stoncircle, stone survey, river gravel

[Invited]Green quartz collected from Zaimoku Site, Mogami Town, Yamagata Prefecture

*Hiroyuki MISAWA¹

1. Shumei University

はじめに

山形県最上町にある材木遺跡は、縄文時代晩期（約3,200年前～2,400年前）の遺跡である。1973年に最上町教育委員会が主体となり小規模な発掘調査が行われたが、正式な発掘調査報告書は作成されていない。

筆者は、高校時代から同遺跡を訪れて表面採集を行ってきたが、採集品の中に、未成品を含む緑色の石製品や、その素材となる石材がたくさんあり、その数は大小合わせて61点を数える。筆者は、これらを新潟県糸魚川産のヒスイであると思い長年保管してきた。

緑色の石材の分析結果とその特徴

2018年10月、東北大学東北アジア研究センターの辻森樹教授に材木遺跡の石材の薄片を提供して分析をしていただいたところ、クロム（Cr）入りの緑泥石を少量含んだ石英主体の岩石であることが判明した。その後、東北大学総合学術博物館の長瀬敏郎准教授にも別の資料を分析していただいたが、同じ結果であった。

お二人からは、この石材について、次のようなことをご教示いただいた。

- （1）緑色であるのは、石英の中にクロム入りの緑泥石が微量に含まれているためである。
- （2）クロム入りの緑泥石を含む石英主体の岩石は、これまで日本では確認されていない。
- （3）クロムを含む緑色の鉱物に含クロム白雲母があるが、材木遺跡の石材には雲母は含まれていない。
- （4）クロムが入っていることから推測すると、蛇紋岩が分布する地域で形成された可能性が高い。

また、この石材（以下、「緑色石英」とよぶ）を、縄文時代に利用された他の緑色系統の石材（ヒスイ、ネフライト、碧玉、緑色凝灰岩等）と比べると、次のような特徴をあげることができる。

- （1）全体的に明るい緑色を呈し、光の透過性が高い。
- （2）粗粒な石英の集合体からなる岩石であるため、研磨された面であっても、ヒスイやネフライト、碧玉などと比べると、滑らかさに欠ける。
- （3）比重は2.6前後であり、ヒスイ（3.3前後）やネフライト（3前後）よりも小さい。

緑色石英製の玉類の生産と流通

2019年2月から各地にある遺物の保管先を訪問し、緑色石英の有無を調査し、その結果を報告した（三澤2020）。2021年6月現在、材木遺跡以外に山形県及び宮城県、秋田県、岩手県の17の遺跡から計24点（玉類22点、礫1点、剥片1点）の緑色石英を確認することができた（図1）。これらのうち玉類については、22点中8点がヒスイと誤認されており、発掘調査報告書等に「ヒスイ製」あるいは「硬玉製」と記載されている。

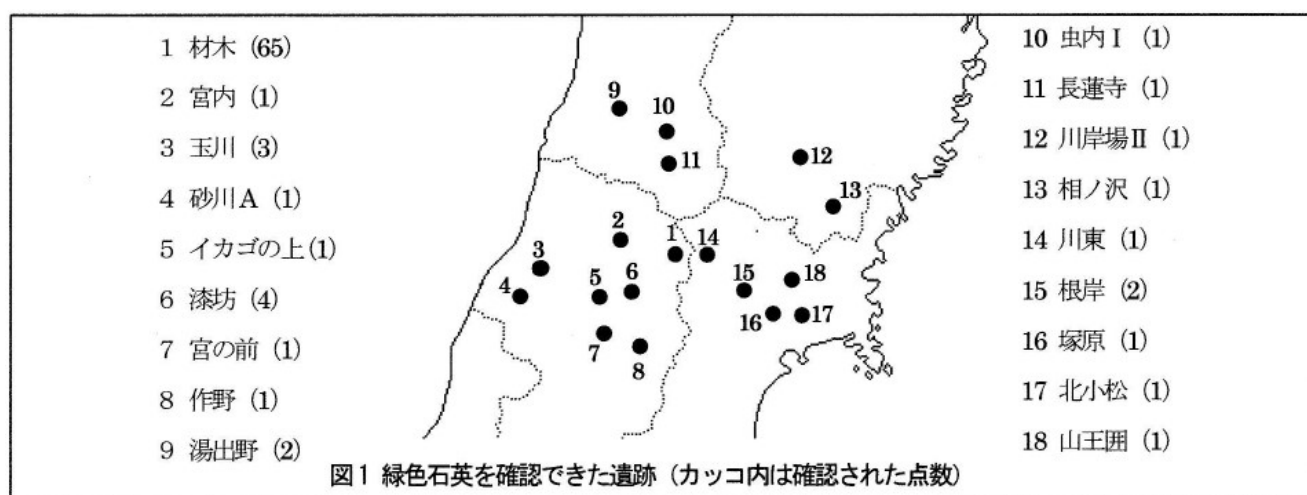
分布状況や確認できた遺跡の時期から、緑色石英は、勾玉や小玉などに加工され、縄文時代晩期に東北地方中南部地域を中心に流通していたことが明らかになってきた。出土数はヒスイと比べても少なく、緑色石英製の勾玉が墓坑から出土している例もあることから、緑色石英は当時、ヒスイと同じように価値の高い希少品として扱われていた可能性が高い。発掘品や地権者所有のものを含め、現在65点の緑色石英が確認されている材木遺跡は、緑色石英を用いた玉類の生産・流通の拠点集落であったと考えられる。

緑色石英の産地

緑色石英の産地についても、調査を進めているが、現在のところ特定できていない。岩石学・鉱物学の専門家は、着色元素であるクロムに着目し、蛇紋岩が分布する地域に産地があると推定している。山形県や秋田県では、蛇紋岩の分布は確認されていない。材木遺跡の近くでは、遺跡の東方約20kmにある宮城県の川渡で、小規模ながら蛇紋岩が産出することが知られている。考古学関係者からも情報を収集しているが、産地の特定に結びつくような手掛かりは得られていない。しかし、これまで確認できた分布状況を踏まえると、材木遺跡からそれほど離れていないところに産地があると推定される。

引用文献

三澤裕之（2020）山形考古、第49号、1-11.



Microscopic observation of green quartz collected from Zaimoku site at the Mogami Town

*Ohtomo Yukiko¹, Hiroyuki Misawa²

1. Yamagata University, 2. Shumei University

1. はじめに

三澤（2020）は、山形県最上町の縄文時代晩期の材木遺跡で表面採集された緑色の玉類やその石材が緑色の石英からなる岩石であることを報告し、緑色石英を手がかりにして、縄文時代終末期の東北地方中南部地域の物流について考察している。この緑色の岩石は、東北大学の辻森樹氏、長瀬敏郎氏、台湾中央研究院地球科学研究所の飯塚義之氏によって、ほぼ石英からなり、Crを含む微少な鉱物（緑泥石）が含まれる岩石であることが鑑定されている。また、三澤は、このような緑色の石英岩の産地を調べるために、何人もの地質、岩石、鉱物学の専門家（フォッサマグナミュージアム宮島宏氏、益富地学会館の石橋隆氏、秋田大学鉱業博物館の西川治氏、宮島氏を経由して国立科学博物館の松原聰氏等）に岩石を見てもらっているが、今のところ類似するものの情報は得られていない。今回は緑色石英の肉眼観察、岩石薄片の記載を行い、材木遺跡周辺の地質構成から産地の推定ができるかどうかを検討する。

2. 岩石薄片試料の肉眼観察

薄片作成のために切断された断面を観察すると、1mm前後の丸みをおびた粒子の集合であり、丸みを帯びた粒子が目立つが、入り組んだ境界をなすところも見られる。粒子は緑色を帯びたものも、白色のものもある。また所々に空隙がある。三澤（2020）によると、他の試料も含めて空隙には錐状の結晶（石英）が見られるものがある。

3. 偏光顕微鏡観察

大部分は径0.5-1mmの石英からなり、ごく微量の白雲母等を含む。石英は空隙部以外の大部分は他形で、モザイク組織を示す。粒界が入り組んだものもある。粒界を横切る微細な粒子の配列したヒールドマイクロクラックが卓越した1方向に発達している。空隙には、結晶面を持つ自形結晶（図2）がみられる。石英には波動消光をなすものが多く、また放射状の消光（ラメラ?）を持つ粒子（図1）も多い。放射状の消光の中心部にはダスト状の微粒子が集合しているのが見られる。白雲母は0.1mm以下で、石英の包有物としても少量見られるが、石英の粒界に沿って並ぶもの、粒界に放射状に集合したものがある。

4. 材木遺跡周辺の地質と石英岩について

材木遺跡は約80万年前の向町カルデラ内に位置する。カルデラ壁をなすのは先新第三紀の変成岩類（阿武隈変成岩）、白亜紀花崗岩、中新統の及位層、金山層であり、カルデラ内には一勿層が堆積している（山形応用地質研究会、2016）。周辺の河床礫を観察すると、石英脈は緑色変質した安山岩や凝灰岩中に見られるものがほとんどである。しかしこれらの石英脈は白色のもので筆者がこれまで見てきたものと同様のものであり、緑色のものは見つかっていない。一勿層（礫層）の礫も、周囲の基盤岩類や新第三系に由来するものからなる。依然として緑色石英の産地や地質体の候補が絞られてない状況である。

文献

三澤裕之（2020）最上町材木遺跡で採集した緑色の石英について—縄文時代終末期の東北地方中南部地域の物流に関する一考察—。山形考古、49、1-11。

山形応用地質研究会（2016）山形県地質図（10万分の1）説明書。山形大学出版会、61p

Keywords: green quartz, microscopic observation, Zaimoku site, Late Jomon period

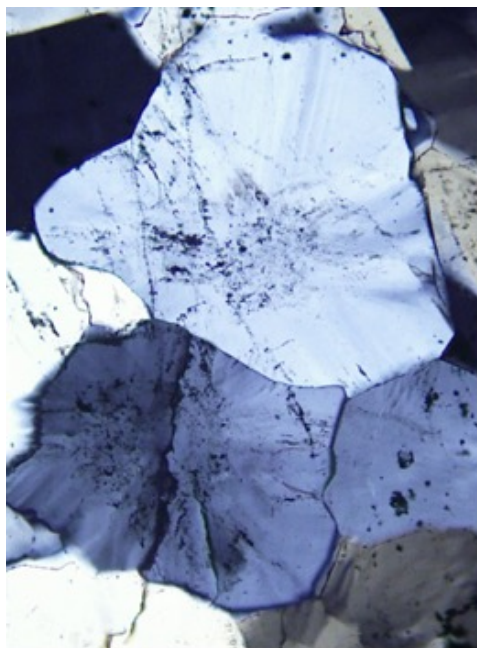


図1 放射状の波動消光(横幅0.9mm)

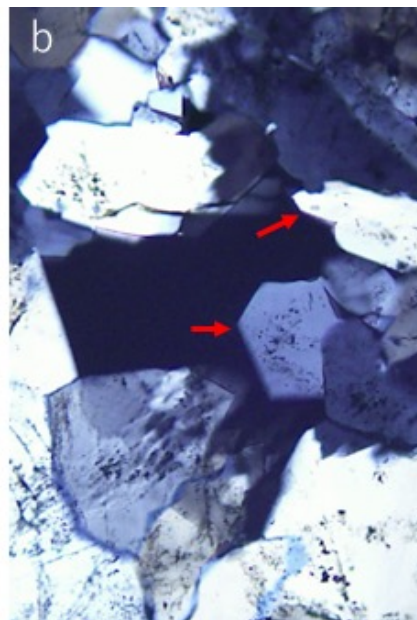


図2 空隙内に自形の石英が晶出している。a:オープンニコル, b:クロスニコル。(横幅0.3mm)

Possibility of correlation between Teshima-ishi and the stone lantern in Suga Shrine, Santo, Asago City, Hyogo Prefecture, Japan

*Norithito Kawamura¹

1. University of Hyogo

概要

兵庫県朝来市山東町柊木の寿賀神社には、但馬地方ではほかに見られない石材を用いた燈籠が1基ある。その特徴的な岩相と帯磁率の値から、この燈籠の石材は香川県小豆郡土庄町の豊島産の「豊島石」と対比可能である。風化が著しい様子から、燈籠は近世以前の製作と推察される。近世の「豊島石造物」は香川、岡山両県をはじめ、四国全域や中国地方・九州北部、京阪神には知られている（松田，2009）。本報告では、燈籠の「豊島石」との対比の根拠を示すとともに、但馬地方南部の朝来市の神社に設置された経緯について推測する。

調査方法

燈籠および豊島石丁場露頭で岩石の帯磁率の測定とその観察を行った。調査対象の丁場は、日本応用地質学会中国四国支部豊島石研究チーム（2009）、長谷川（2010）を参考に、豊島（香川県小豆郡土庄町豊島家浦，同唐櫃，同甲生（転石のみ）），小豆島（土庄町滝宮），男木島（高松市男木町），女木島（同女木町），屋島（同屋島西町）とした。

調査方法は川村・崎山（2021）と同様である。つまり、調査を非破壊で行うため、石材表面の色調，組織，構成鉱物を肉眼で観察した。また，野外調査と同じ機器を用いて帯磁率を測定した。

帯磁率は，露頭や転石では植物に覆われていない平坦面を選んで20点ずつ測定した。測定点の間隔は5 cm以上空けるが，全測定点が1 m四方の区画内に収まるようにした。測定機器には携帯型帯磁率計（Terraplus社製KT-10）を使用した。なお同機器の「コア直径」の設定はしていない。燈籠は，笠，火袋，中台，柱，台座などの部材から構成されるが，柱の部材を対象に帯磁率の測定を竿の側面で行った。

燈籠の岩相記載

件の燈籠はいずれも同様の岩相の石材から構成されている。竿の部材の岩相は，暗灰色の砂質ユニットと細礫サイズの淡褐灰色の軽石質ユニットの互層で構成されている。

燈籠の部材の帯磁率

竿の部材のうち，砂質ユニット 8.2×10^{-4} SI，軽石質ユニットの帯磁率は， 6.0×10^{-4} SI， 7.5×10^{-4} SIである。

燈籠の石材と類似した豊島石露頭の岩相と帯磁率

豊島石は，暗灰色の火山礫凝灰岩で，径数 cm以下の黒色を呈する玄武岩の岩片を多く含む（西山ほか，2014）。しばしば最大径数cmの軽石を含む層が挟在する。

豊島甲生の転石は $7.5 \sim 11 \times 10^{-4}$ SI，屋島の登山道わきにあるいわゆる「洞窟」の露頭では $8.8 \sim 13 \times 10^{-4}$ SIである。そのほかの豊島石の露頭で寿賀神社の燈籠の岩相と類似するものは，燈籠よりも帯磁率は比較的高い値（ 1×10^{-3} SI以上）を示す。

対比

寿賀神社の燈籠の柱は，帯磁率特性から豊島甲生の豊島石と対比可能である。

課題

なぜ，但馬の内陸部に豊島石造物が見られるのかについては，社殿建築にかかわった大工が淡路島からきていることが関係すると推察される。今後はこの点についての検証が必要である。

謝辞 本研究の費用の一部は、日本学術振興会科研費(基盤研究(B)課題番号 17 H02008, 研究代表者 鈴木寿志)によった。ここに記して感謝の意を表する。

文献

長谷川修一（2010）讃州豊島石の特性と豊島石石造物の時空分布に関する調査。財団法人福武学術文化振興財団平成 20 年度瀬戸内海文化・研究活動支援調査・研究助成報告書，142p.

川村教一・崎山正人（2021）兵庫県養父市関宮町及び大屋町とその周辺に分布する 近世・近代の蛇紋岩石造物の石材産地と用途の変遷。人と自然，**31**，41-54.

松田朝由（2009）豊島石石造物の研究 I. 財団法人福武学術文化振興財団 平成19 年度瀬戸内海文化・研究活動支援調査・研究助成報告書，157p.

日本応用地質学会中国四国支部豊島石研究チーム（2009）讃州豊島石の応用地質学的研究事始。日本応用地質学会中国四国支部平成 21 年度研究発表会発表論文集，59-64.

西山賢一・宮本和季・長谷川修一（2014）香川県に分布する豊島石製石造文化財の風化程度の評価。徳島大学総合科学部 自然科学研究，**28**，4，45-53.

Keywords: stone material, Modern age, Teshima-ishi, stone lantern, stone works

Brand stone carried by debris flow: Mikage-ishi (Rokko Granite)

*Tohru Sakiyama¹

1. Institute of Geo-history, Japan Geochronology Network

六甲山地に分布する花崗岩（六甲花崗岩）はかつて御影の浜（現兵庫県神戸市御影）から各地に積み出されたため、御影石と呼ばれるようになった。このことは江戸時代の名所図会に記述されている。そして現在は、花崗岩類石材全般を御影石と呼ぶようになっている。このことは六甲花崗岩が全国的に広く流通していたことを物語っている。六甲花崗岩は淡紅色のカリ長石を特徴的に含むことや瀬戸内海沿岸地域の他の花崗岩と比べて高い帯磁率を有することなどから、比較的容易に産地の同定が可能であり、中世（鎌倉～室町時代）から西日本を中心に広域的に流通していたことが知られている（市村，2013；先山，2013）。一方瀬戸内海沿岸地域には花崗岩が広く分布し、大坂城築城の際には多くので石材が供給された。それらの石材産地と比べた時、六甲山地は活断層が多く大きな石材が得られにくいこと、急峻な山地のため搬出が難しいことなど、良好な産地であるとは言いづらい。それにもかかわらず、六甲花崗岩のみが広域に流通したのはなぜだろうか。本発表では、その要因として六甲山麓で頻繁に発生した土石流の可能性を名所図会の記述と六甲山麓の地形・地質との関係から検討する。

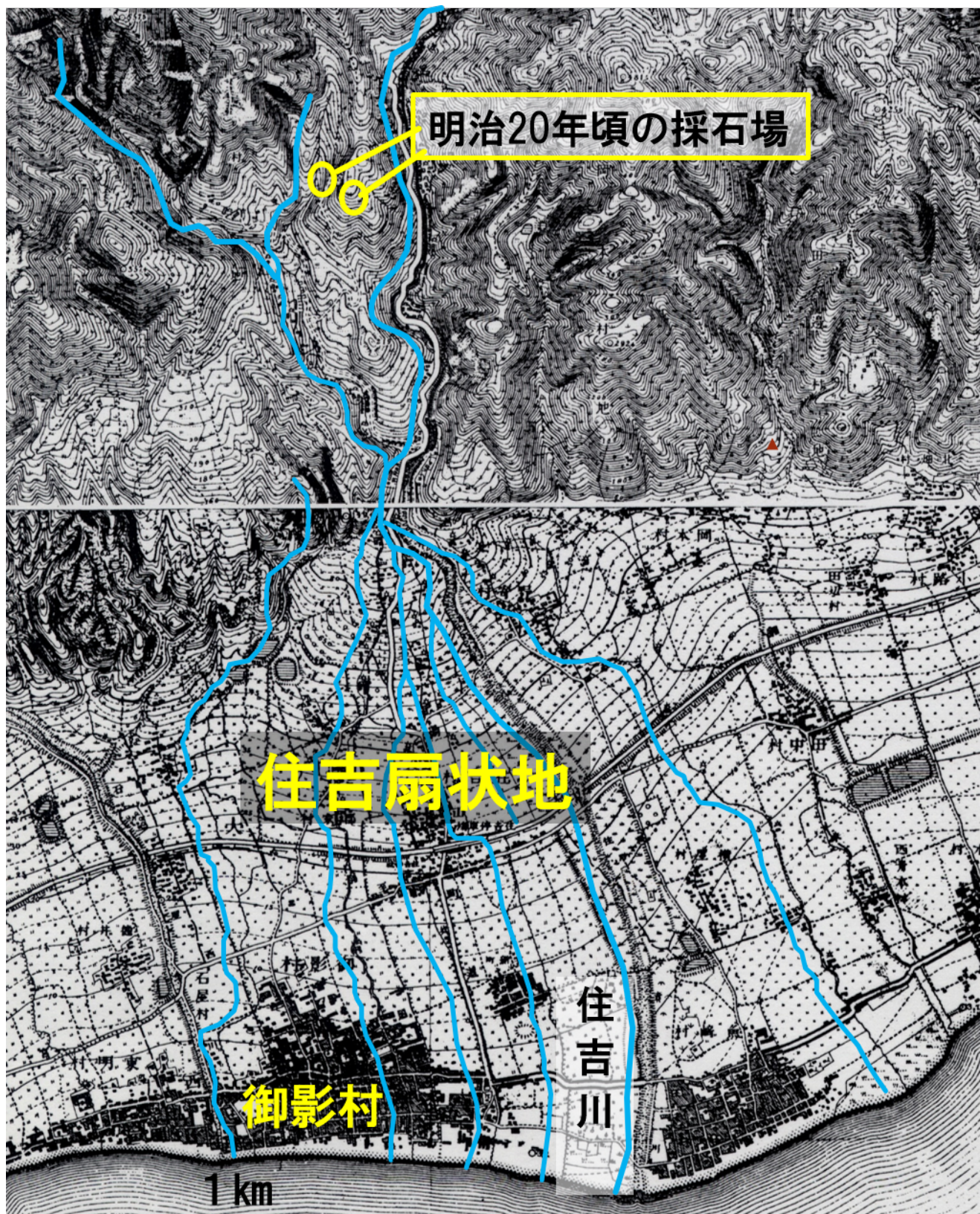
江戸時代の名所図会で御影石を記述したものとしては日本山海名産図会（1799年）と摂津名所図会（1796年）がある。日本山海名産図会の説明文では、（１）御影の浜から各地に搬出していたため御影石と呼ばれたが、（２）海岸線が海側に移動して遠くなり、（３）山地入り口付近のものは取りつくされてしまい、（４）現在は山地奥で採石して御影まで運んでいることが記されている。図会では山地の崖から石を切り出す様子が描かれているが、この記述によると以前は山麓の岩塊を採石していたことが想定される。現在、六甲花崗岩を採石している場所はなく、１カ所で住吉川河床の岩塊を採取しているのみである。下図に示した２万分の１仮製地形図神戸及び六甲山（兵庫県立人と自然の博物館所蔵）では、住吉川上流の山中の２ヶ所で採石場が記されているのみで、大量に出回っている六甲花崗岩全体から見ると少ない。六甲山地の花崗岩は徳川大坂城築城に際して大量の石材が供給されたとされ、その残石は大名の刻印を記された「刻印石」や石割の過程を示す「矢穴石」として現地に多く存在するが、その大半は東方の芦屋川流域から西宮に至る地域で、その多くは尾根部に存在する花崗岩のコアストーンや過去の土石流による岩塊である。

地形的に見ると御影地域を含めた住吉川流域は六甲山麓最大の扇状地であり（下図参照）、過去に頻繁な土石流に襲われていたことが知られている。この扇状地地形が海岸線まで達していることから推測すると、御影が村として栄える以前にはこのような土石流によって運ばれた堆積物は海岸線付近まで存在していたと考えられる。このような地形的背景と日本山海名産図会の記述に採石遺物の産出状況を考え合わせると、当初は山麓の扇状地上で、土石流によって運ばれた岩塊を採石していた可能性が高い。中世から六甲花崗岩が他地域の花崗岩類に先駆けて全国に出回り、「御影石」が花崗岩の代名詞となるまで普及した背景には、土石流による岩塊が海岸近くにあり、運搬が容易だったことがあると推測される。摂津名所図会には、御影石の項目に滋賀県の「木戸石」と京都「白川石」の２ヶ所の石材も示されている。「木戸石」は琵琶湖西岸の比良山地を構成する花崗岩で、山麓には扇状地や沖積錐が発達する。また白川石は京都盆地東部の比叡山周辺の花崗岩で、山地部と盆地境界には扇状地が発達し、山麓に土石流によって運ばれた花崗岩塊が残されている。これらも併せて考えると、江戸時代以前の採石や運搬技術が未発達な頃、石材確保の場は土石流の頻発地域であり、特に海岸近くまで岩塊が運ばれていた御影地域は、絶好の石材産地となったのであろう。

市村高男（2013）御影石と中世の流通―石材識別と石造物の形態・分布。高志書院，282p.

先山 徹（2013）花崗岩の識別と帯磁率による産地同定。御影石と中世の流通―石材識別と石造物の形態・分布―（市村高男編），高志書院，45-58.

Keywords: granite, stone material, debris flow, magnetic susceptibility, Rokko Mountains



明治20年頃の地形図

Location and geology of water-power plants in Kumano Acidic Rocks, Southwest Japan

*Seisuke Ushiro¹

1. Wakayama University

はじめに 紀伊半島南東部の熊野地域には、明治後期から昭和初期に運用開始された7つの水力発電所があった。いずれも地元資本により建設・経営が始まったもので、これら初期の水力発電所は、熊野酸性岩類分布域の辺縁部に位置する点で共通する。年降水量の多い気候条件のみならず、地形・地質を活かして効率的な発電となるよう企図したと考えられる。このため土砂災害の履歴も少なくない。

ここでは熊野酸性岩類分布域にある水力発電所の立地について報告し、初期の水力発電所の立地と地質の関連について考察する。

地形・地質の概要 中新統熊野層群に貫入した熊野酸性岩類の大規模岩体が分布する (Miura, 1999; 川上・星, 2007)。主岩体はラコリスを形成した流紋岩 (熊野花崗斑岩) で、柱状節理や方状節理が発達する硬岩である。先行して噴出した流紋岩質火砕岩が、火成岩体の辺縁部に分布することがあり、タフォニを形成しやすい軟岩である。また初期に噴出した流紋岩 (神ノ木流紋岩) があり、柱状節理が発達する硬岩である。熊野層群は前弧海盆堆積体の軟岩である。硬岩である岩体は高い山地を形成しており、岩体の内部と辺縁部に滝が発達し、地質を反映した地形になっている。

水力発電所の立地 1899(明治32)年に運用開始された鮎田発電所跡では、取水堰は硬岩である流紋岩の溪床に設置され、そこから尾根に設けられた上部水槽まで緩やかな傾斜で導水され、水圧鉄管により発電所へと送水された。発電所跡は、地形が緩傾斜に変わる火成岩体辺縁部に位置する。取水堰と発電所の間は銚子滝をはじめとする溪谷からなり、上部水槽と発電設備の有効落差を流紋岩体に形成された滝や溪谷を活かして得た立地となっている。

このような取水堰・上部水槽・発電所の位置関係は、これ以降の水力発電所 (大里発電所, 1903年開始; 那智発電所, 1913年開始; 平野発電所跡, 1919年開始; 高田発電所, 1919年開始; 滝本発電所, 1921年開始; 矢ノ川発電所跡, 1927年開始) に受け継がれた。

すなわち①取水堰は、硬岩である流紋岩の溪床に設置; ②上部水槽は、谷を避けて尾根に設置; ③有効落差を、滝や溪谷を活かして得る立地; ④発電所は、地形が緩傾斜に変わる火成岩体辺縁部に設置されている。流紋岩体に形成された滝や溪谷は、地域の名所となっている。

発電所の立地と土砂災害 初期の水力発電所は溪谷に立地するため、崩壊・土石流により取水堰や導水路がくり返し破壊されてきた。

矢ノ川発電所は、取水堰が大破し4年間で廃止された。鮎田発電所跡では、取水堰の上流に砂防堰堤跡が見出された。大里発電所は、1954(昭和29)年に存続の危機に陥った。那智発電所は、2011年に被災した第1導水路が未だ復旧されていない。

発電所の立地と地質 当該地域の明治後期から昭和初期に運用開始された水力発電所は、硬岩である流紋岩体に形成された滝や溪谷を活かして、発電のための有効落差を得た立地となっていた。これらの近代化遺産は更新され、現在4つの水力発電所が稼働している。土砂災害からの復旧コストなどの課題はあるが、存続が望まれる。

引用文献 Miura, D., 1999, *Jour. Volcanol. Getherm. Res.*, **92**, 271-294.

川上裕・星博幸, 2007, 地質雑, **113**, 296-309.

Keywords: Kumano Acidic Rocks, water-power plants, effective head, landslide disaster

Oral | R21 [Regular Session]Quaternary geology

[3ch407-09] R21 [Regular Session]Quaternary geology

Chair:Yoshihiro Takeshita

Mon. Sep 6, 2021 11:00 AM - 11:45 AM ch4 (ch4)

[R21-O-1] Geological outline on NB-1 drilling core at Sanjo-honmachi, Nara City by the survey on the Nara eastern margin fault zone of the Nara basin, central Japan

*Muneki Mitamura¹, Haruna Takahashi¹, Tomotaka Iwata² (1. Osaka City University, 2. Kyoto University)

11:00 AM - 11:15 AM

[R21-O-2] **Correlation of the volcanic glass rich tephra in Pleistocene Kamiizumi Formation and Ata-Th tephra, Chiba, central Japan**

*Takeshi Yoshida¹, Naoto Ito¹, Masao Ban², Osamu Kazaoka¹ (1. Chiba prefectural environmental research center, 2. Faculty of Science, Yamagata University)

11:15 AM - 11:30 AM

[R21-O-3] Frequency of small-scale eruptions at Adatara volcano during the past 13,000 years revealed by the event deposits in lacustrine sediments, Lake Inawashiro-ko, Fukushima Prefecture

*Yoshitaka Nagahashi¹, Kyoko S Kataoka² (1. Fukushima University, 2. Niigata University)

11:30 AM - 11:45 AM

Geological outline on NB-1 drilling core at Sanjo-honmachi, Nara City by the survey on the Nara eastern margin fault zone of the Nara basin, central Japan

*Muneki Mitamura¹, Haruna Takahashi¹, Tomotaka Iwata²

1. Osaka City University, 2. Kyoto University

奈良盆地東縁断層帯の調査のため、奈良市高畑町-宝来町において測線長約7kmの反射法地震探査が行われた(文部科学省・京都大学防災研究所, 2020)。さらに、この反射法地震探査と堆積層との関係を把握するために、掘進長303mのオールコアボーリング(孔番NB-1)が奈良市三条本町(北緯34度40分38.639秒, 東経135度49分2.741秒, 標高65.39m)で行われた。ここでは、採取されたボーリングコア(NB-1コア)の岩相と地層対比について、その概要を報告する。

NB-1コアは未固結-半固結の礫・砂・シルト・粘土からなり、少なくとも1層の海成粘土層と3層の火山灰層を挟む。NB-1コアの岩相は、下半部の深度303.3-129.6mは中粒-粗粒砂と砂質シルトの互層である。深度141.23mに厚さ0.5cmの白色中粒の火山灰層を挟む。この火山灰層は、多孔質型・中間型の火山ガラス(屈折率1.506-1.508)を多く含み、重鉱物は角閃石を主とし斜方輝石をともなう。上半部の深度129.6-11.3mは細礫-中礫を含む礫層と中粒-粗粒砂層を顕著に挟む礫・砂・シルト互層である。深度108.4-99.8mには暗青灰-青緑灰色を呈する比較的均質な海成粘土層が挟まれる。その上位の深度87.5-86.7mには淡桃白-白色を呈する中粒-粗粒のガラス質火山灰層を挟む。この火山灰層の火山ガラス(屈折率1.499-1.501)は扁平型・中間型で多孔質型を少量含む。重鉱物は角閃石が大半を占め、少量の斜方輝石を伴う。また、深度43.3-42.8mには淡桃灰~淡紫灰色のシルト混じりの中粒のガラス質火山灰層を挟む。含まれる火山ガラス(屈折率1.511-1.512)は扁平型・中間型で多孔質型を少量含み、最下部では中間型・多孔質型を多く含む。重鉱物は斜方輝石が大半を占め、単斜輝石と少量の角閃石を伴う。深度11.30m以浅は中礫-大礫を含む砂礫層を主とし、最上部は腐植質砂混じり粘土層である。

深度87.5-86.7mに挟まれる火山灰層は、岩相の特徴・岩石学的性質の類似性、厚い海成粘土層の上位約12mにあるという層位関係などからピンク火山灰層に対比され、深度108.4-99.8mの海成粘土層はMa1層に対比できる。さらに、深度43.3-42.8mの火山灰層は、岩相の特徴・岩石学的性質の類似性から、アズキ火山灰層に対比できる。これより上位の層準については、周辺に分布する段丘構成層などとの対比は現在のところ明らかではない。

下半部の深度303.3-129.6mは、Ma1層より下位の大坂層群相当層とみられる中粒-粗粒砂と砂質シルトの互層で、北方の奈良丘陵・京阪奈丘陵で認められるMa1層より下位の大坂層群は礫質の礫・砂・シルト互層であり(三田村, 1992; 河村, 1993)、岩相が異なっている。深度141.23mに挟まれる火山灰層についても、Ma1層下位でこれまで認められた火山灰層と類似するものは見いだせない。これらの対比については、今後さらなる検討を要する。

NB-1ボーリングは、反射法地震探査(奈良測線)の反射断面(文部科学省・京都大学防災研究所, 2020)のCMP520地点にあたり、この地点の標高-50m付近に認められる連続性の良い反射面はMa1層の下面に相当するとみられる。

引用文献

三田村宗樹, 京阪奈丘陵の大坂層群の層序と地質構造, 第四紀研究, 31, 159-177, 1992.

河村善也, 奈良丘陵の大坂層群, 地質学雑誌, 99, 503-523, 1993.

文部科学省・京都大学防災研究所, 奈良盆地東縁断層帯における重点的な調査観測, 令和元年度成果報告書, 198p, 2020.

Keywords: Quaternary, stratigraphy, Osaka Group, the Nara eastern margin fault zone of the Nara basin

Correlation of the volcanic glass rich tephra in Pleistocene Kamiizumi Formation and Ata-Th tephra, Chiba, central Japan

*Takeshi Yoshida¹, Naoto Ito¹, Masao Ban², Osamu Kazaoka¹

1. Chiba prefectural environmental research center, 2. Faculty of Science, Yamagata University

はじめに

本研究地域である千葉県北西部の台地は中期更新世～後期更新世の下総層群から成り、下位より地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、横田層、木下層の各累層から構成される。これらの累層は下部が主に泥層から、上部が主に厚い砂層から構成される。清川層以深の泥層及び砂層は側方によく連続している。そして、地下水利用などの水文地質学の分野において、泥層は難透水層、砂層は透水層として機能するため、これらの連続性の把握は重要であり、特に汚染の流動に影響を及ぼしている。

水理地質構造上重要な難透水層の一つに上泉層の下部を構成する泥層（層厚：1 - 5m）があり、本地域では北部の標高-27mから南部の標高-65mに傾斜して分布している。この泥層をYk-C2難透水層と呼称し（風岡ほか,2013；吉田ほか, 2017），これに挟まれる軽石質テフラ（Km2テフラ）によって本層の側方への連続性を確認している。

千葉県習志野市のボーリングコア（NrsC-Fコア:吉田ほか2017, 風岡ほか,2018）において、Km2テフラの上位2～3mに火山ガラスに富んだ火山灰（NrsC-F-85.87テフラと呼称：層厚：約4 cm）が挟在されており、この火山灰中の火山ガラスの屈折率及び主成分化学組成を行った。そして、Km2テフラとの降灰年代が近い阿多鳥浜テフラ（Ata-Th：Ui, 1971）との対比の検討を行った。

房総半島においてAta-Thテフラは、千葉県市原市東国吉(中里ほか, 2013)のみで確認されていたが、Ata-ThテフラとKm2テフラが同時に認められる地点はこれまでに報告はなかった。

研究方法

NrsC-F-85.87テフラについて火山ガラスの形状や重鉱物組成を記載し、（株）古澤地質製の温度変化型屈折率測定装置 MAIOTを使用し火山ガラスの屈折率を測定した。また、山形大学所有の日本電子製 EPMA(JXA-8900)を使用し、火山ガラス（n=25）の主成分化学組成を測定した。

テフラの分析

NrsC-Fコアの深度88.90m（標高T.P. -65.53m）にKm2テフラが挟在され、その上位（深度85.87m [標高T.P. -62.23m]）に、シルト～極細粒砂サイズの火山ガラスに富む火山灰（NrsC-F-85.87テフラ 層厚：4cm）が挟在される。町田・新井（2003）によると、Ata-Thテフラは、低屈折率($n = 1.498-1.500$)で高SiO₂の火山ガラスと石英を含有し、重鉱物組成では角閃石及びほぼ同量の直方輝石、また若干の黒雲母が含まれる。今回NrsC-F-85.87テフラは、火山ガラスの屈折率が $n = 1.497-1.499$ （1.498）、化学組成がSiO₂ = 78.05wt.%, K₂O = 3.27wt.% であり(Table), Ata-Thテフラとされる給源近傍堆積物中の軽石(町田・新井, 1992)・中里ほか（2013）のKm1?テフラと良く一致することから、NrsC-Fコアの深度85.87mの火山ガラスに富む火山灰はAta-Thテフラに対比される可能性が高いことがわかった。

文献

風岡 修ほか, 2013, 下総台地中央部の更新統の透水層構造と地下水質の概要一印西市～八千代市について一.第 23 回環境地質学シンポジウム論文集, 69-74.

風岡 修ほか, 2018, 第6章 応用地質及び環境地質. 都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」(説明書), 35-44.

町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕. 東京大学出版会, 276p.

町田 洋・新井房夫, 2003 火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕. 東京大学出版会, 336p.

中里裕臣ほか, 2013, 房総半島北部3次元地質モデルにおける下総層群の層序. 日本地質学会要旨

Ui, T. , 1971 Genesis of magma and structure of magma chamber of several pyroclastic flows in Japan. Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Ser II, 18, 53-127.

吉田 剛ほか, 2017, 千葉県北西部に広域に連続する難透水層(YK-C1,YK-C2)の分布.第 27 回環境地質学シンポジウム 論文集, 125-130.

Keywords: Yk-C2 aquitard, Kamiizumi Formation, Km2 tephra, Ata-Th tephra, NrsC-F-85.87 tephra

Table NrsC-F-85.87テフラに含まれる火山ガラスの屈折率と主成分化学組成

コア名	テフラ名	深度(m)	ガラス屈折率(n)	火山ガラス主成分元素(wt.%)_揮発性成分除去 (n=25)									
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
NrsC-F	NrsC-F-85.87	85.83 - 85.87	1.497-1.499 (1.498)	78.05	0.14	12.66	0.89	0.06	0.18	1.23	3.51	3.27	100
				0.6	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.2	s.d.

Frequency of small-scale eruptions at Adatara volcano during the past 13,000 years revealed by the event deposits in lacustrine sediments, Lake Inawashiro-ko, Fukushima Prefecture

*Yoshitaka Nagahashi¹, Kyoko S Kataoka²

1. Fukushima University, 2. Niigata University

福島県中央部に位置する猪苗代湖は、磐梯山における約5万年前の山体崩壊によって、当時の谷部が堰き止められたことにより形成された（長橋ほか，2016）。猪苗代湖の湖心部南の水深90m地点において掘削された湖底堆積物コア（INW2012コア）では、過去5万年間の粘土質シルト（コア深度0～24.61m）中に71層のイベント層が挟在する（Kataoka and Nagahashi, 2019）。そのうちの青灰色粘土（Gm）堆積物と下部に砂層を伴う青灰色粘土（Gs）堆積物は、安達太良山の小規模噴火によるラハールが猪苗代湖に流入し、密度流として湖底を流下・堆積したとされた（Kataoka and Nagahashi, 2019）。この発表では、2013年に採取した4地点のピストンコアの解析を加えて、猪苗代湖の湖底堆積物からみた過去1万3000年間の安達太良山の小規模噴火の頻度について報告する。

ピストンコアは、長瀬川河口沖のSt.1（水深44 m）とSt.2（水深68 m）、翁島港沖のSt.3（水深59 m）、舟津川河口沖のSt.4（水深68 m）において採取した。St.1は長瀬川デルタのデルタフロントに、St.2はプロデルタの緩斜面に位置する。St.1コアは採取長6.8 mで、基底部の年代は約0.6 kaである。Ev1-10の10層のイベント層が挟在し、5層のGm堆積物と2層のGs堆積物に加え、白色粘土（Wm）堆積物が3層認められる。イベント層の層厚は0.2 cm（Wm）～7.5 cm（Gm）であり、平均層厚は1.5 cmである。St.2コアは採取長7.6 mで、基底部の年代は約9 kaである。Ev1-38の38層のイベント層が挟在し、30層のGm堆積物、1層のGs堆積物、7層のWm堆積物が認められる。イベント層の層厚は0.1 cm（Gm）に満たないものから最大4.2 cm（Gs）であり、平均層厚は0.7 cmである。St.3はプロデルタの緩斜面に位置する。St.3コアは採取長8.4 mで、基底部の年代は約13 kaである。Ev1-33の33層のイベント層が挟在し、22層のGm堆積物、4層のGs堆積物、7層のWm堆積物が認められる。イベント層の層厚は0.1 cm（Gm）～6.8 cm（Gs）であり、平均層厚は0.7 cmである。St.4コアは採取長8.4 mで、基底部の年代は約18 kaである。St.4コアにはイベント層は認められない。

各コアの堆積年代をイベント層の総数で割ると、St.2コアが237年、St.3コアが394年となる。これは、INW2012コアのGm・Gs堆積物の過去5万年間の発生間隔である1670年の約4から7倍の頻度となる。また、St.2・3・4コアには、共通して4層のテフラ鍵層（上位より順に、Hr-FPテフラ、Hr-FAテフラ、Nm-NKテフラ、To-Cuテフラ）が挟まる（長橋ほか，2014）ため、このテフラ鍵層と放射性炭素年代からイベント層の時空間分布が把握できる。猪苗代湖南部で採取したSt.4コアにはイベント層が挟まれないこと、INW2012コアの過去1万3000年間のイベント層の層数（14層）よりもSt.2・3コアのイベント層の層数の方が多いことは、これらのイベント層の供給源が猪苗代湖の北方にあることを示している。また、St.3コアのNm-NKテフラ（5.4 ka）下位に挟まるEv20-22イベント層は、St.3コアの堆積速度から約7 kaの年代と推定できるが、St.2コアの同層準には認められない。一方、St.3コアのNm-NK上位のEv4-19イベント層は、St.2コアの同層準に認められる。しかし、2 kaより新しいイベント層は、St.2コアにおいてEv1-20の20層が認められるのに対して、St.3コアの同層準には認められない。このことは、少なくとも2 ka以降に長瀬川の河口が現在の位置から大きく変化していないことを示す。複数地点で採取した湖底堆積物コアに挟まるイベント層の時空間分布は、湖と接続する河川系の河口位置の変化や河川系を通じて流入するイベント層の発生頻度（安達太良山の小規模噴火の頻度）をより詳しく検討することができる。

〔文献〕 Kataoka K.S. and Nagahashi Y. (2019) *Sedimentology*, 66, 2784-2827. 長橋良隆・片岡香子・中澤なおみ（2016.3）塘 忠顕編著「裏磐梯・猪苗代地域の環境学」：17-31，福島民報社。長橋良隆・片岡香子・廣瀬孝太郎・神野成美・中澤なおみ（2014）共生のシステム，no.14，18-25。

Keywords: Lake Inawashiro-ko, lacustrine sediments, Adataara volcano, small-scale eruptions, Holocene

Oral | R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

[3ch410-13] R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

Chair:Yosuke Noumi

Mon. Sep 6, 2021 1:00 PM - 2:00 PM ch4 (ch4)

[R17-O-1] Super-Resolution of DEM based on Slope and Aspect using Deep Learning

*Shinji Masumoto¹, Keita Mizuochi¹, Susumu Nonogaki², Tatsuya Nemoto¹ (1. Osaka City University, 2. Geological Survey of Japan, AIST)

1:00 PM - 1:15 PM

[R17-O-2] Investigation on a machine learning approach for stratal correlation based on geotechnical features

*Susumu NONOGAKI¹, Shinji MASUMOTO², Tatsuya NEMOTO² (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Osaka City University)

1:15 PM - 1:30 PM

[R17-O-3] Prototype of simplified legend of Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) V2

*Makoto Saito¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)

1:30 PM - 1:45 PM

[R17-O-4] Development an AR application for Geological information "Geo View"

*Yoshinori MIYACHI¹, Susumu NONOGAKI¹, Osamu FUJIWARA¹, Mahito WATANABE¹ (1. Geological Survey of Japan)

1:45 PM - 2:00 PM

Super-Resolution of DEM based on Slope and Aspect using Deep Learning

*Shinji Masumoto¹, Keita Mizuochi¹, Susumu Nonogaki², Tatsuya Nemoto¹

1. Osaka City University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

1. はじめに

DEM (Digital Elevation Model: 数値標高モデル) は、地球科学分野の基本情報として広く利用されている。DEMは高分解能なもののほど、精度の高い表現や解析が可能である。近年、深層学習 (Deep learning) による超解像技術の応用として、DEMの高分解能化が試みられている (Chen *et al.*, 2016; 日高ほか, 2021など)。本研究では、SRCNN (Super-Resolution Convolutional Neural Network: Dong *et al.*, 2014) による超解像技術を用いたDEMの高分解能化手法の開発について述べる。

2. 原理と手法

SRCNNは特徴抽出、非線形マッピング、再構築の3層のCNNを用いて、低解像度の画像と高解像度の画像の関係性を学習し、低解像度の画像から高解像度の画像を得る手法である。本研究で開発した手法では、DEMから求めた傾斜方位と傾斜量を合成したイメージの高分解能化にSRCNNを用いた。データには、1 mメッシュの航空レーザ測量データから作成された「兵庫県_全域DEM (2010年度~2018年度)」を使用した。兵庫県中部の20×20 kmの範囲を200×200 mに分割した分解能1 mの高分解能DEM (200×200セル) と、それを分解能5 mに間引いた低分解能DEM (40×40セル) とのセットを10000セット作成し、学習・検証用に9000セット (学習: 検証=8: 2)、残りを評価用に用いた。

学習と高分解能化の流れをFigure 1(a)に示す。分解能5 mのDEMをBicubic法で1 mの分解能にリサイズ (アップサンプリング) し、傾斜方位と傾斜量を求める。傾斜方位をH (色相)、傾斜量をV (明度) に割当て、S (彩度) を固定してHSV色空間モデルを作成し、RGB (各0.0~1.0) の3chに変換する。実際には、情報の劣化を防ぐために画像化はしていない。高分解能DEMも同様に変換し、これらを用いてSRCNNで学習して、学習モデルを構築する。学習は損失関数 (平均二乗誤差) とPSNR (ピーク信号対雑音比) で最適化した。

構築した学習モデルを用いて、評価用の5 m分解能のDEMを同様に変換したものから、高分解能のHSVモデルを得る。このHSVモデルを各座標での傾斜方位と傾斜量に変換して200×200=40000点の地点データとする。また、5 m分解能のDEMの標高値を40×40=1600点の地点データとする。面推定プログラムBS-Horizon (野々垣ほか, 2008) のVisual Basic版であるTerramod-BS (坂本ほか, 2012) を用いて、これらの2種類の地点データから分解能1 mのDEMを推定する。

3. 結果

高分解能化の例として、Fig. 1(b)の分解能1 mのDEMを間引いて作成した(c)の分解能5 mのDEMを用いた結果を(d)と(e)に示す。Fig. 1(d)は補間 (Bilinear, Bicubic, BS-Horizon) による結果であり、(e)はSRCNNによりDEMの標高情報のみを高分解能化した結果、HSVモデルを高分解能化して得られた傾斜方位・傾斜量と分解能5 mのDEMの標高値から、直接計算した結果とTerramod-BSを用いて面推定した結果である。評価のための指針としてRMSE (Root Mean Square Error) とPSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) も示した。これらの中では、ここで開発した手法が精度が一番よく、崖などの地形的特徴も最も良く再現できていることがわかった。なお、高分解能化の比較では、地形の標高が滑らかに連続して変化することを前提とする補間と標高の急な変化等の特徴として表すことを前提とする超解像との根本的な違いが表れていると考える。

4. おわりに

開発した手法により地形の特徴を表した高分解能化が概ね実現できた。今後、超解像の他の多様な方法での検討も行っていきたい。

文献

Chen *et al.*, 2016, *ISPRS-Archives*, **XLI-B3**, 247-250.

Dong *et al.*, 2014, *Computer Vision –ECCV 2014*, 184-199.

兵庫県, 2020, 兵庫県_全域DEM (2010年度~2018年度) . G空間情報センター.

<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2010-2018-hyogo-geo-dem> (2021年6月25日)

日高弥子ほか, 2021, 情報地質, **32**, 3-13.

野々垣進ほか, 2008, 情報地質, **19**, 61-77.

坂本正徳ほか, 2012, 情報地質, **23**, 169-178.

Keywords: DEM, Super-resolution, Deep learning, Slope, Aspect

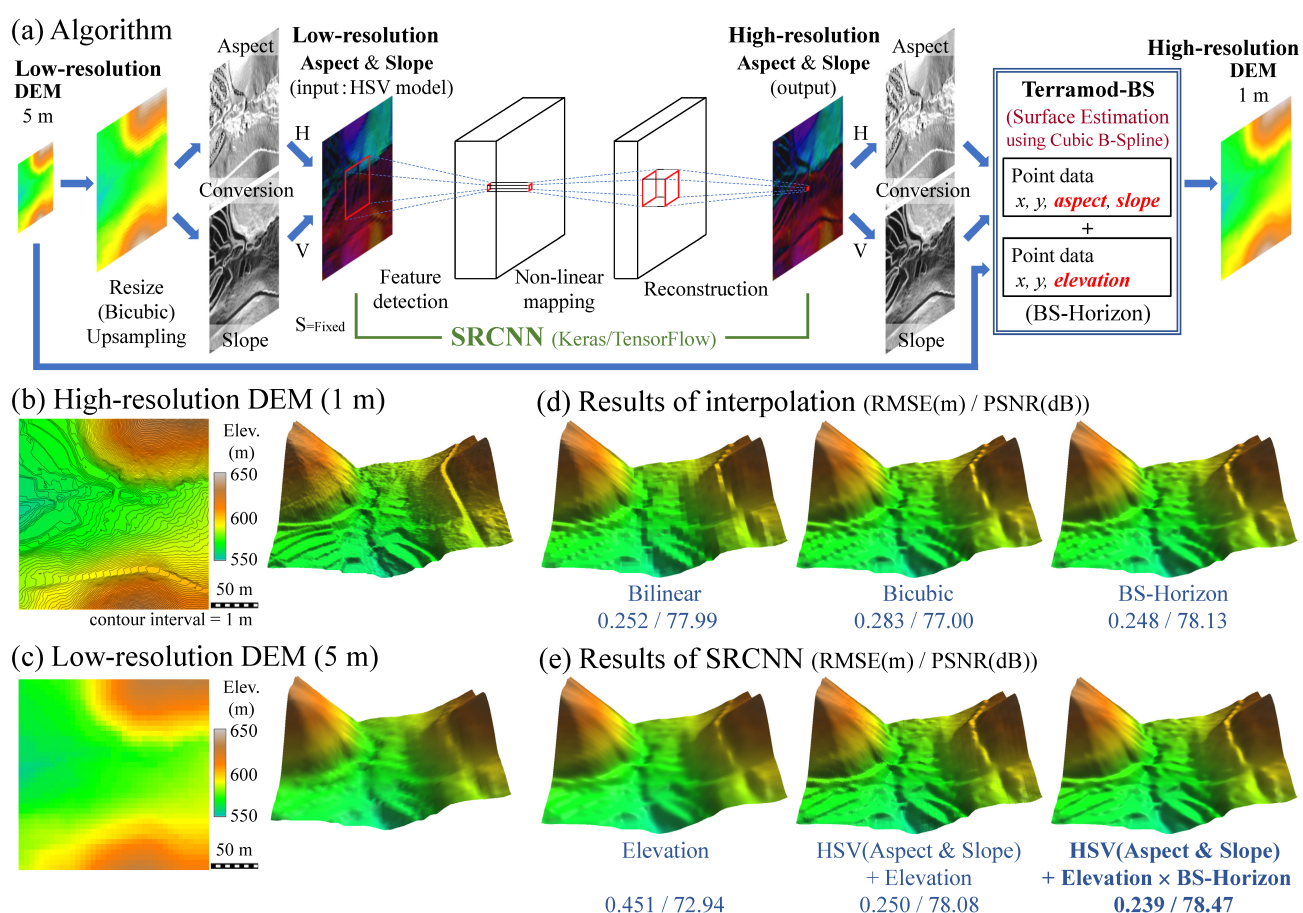


Figure 1. Algorithm and results. (a) Algorithm for spatial resolution improvement of DEM, (b) high-resolution DEM, (c) low-resolution DEM, (d) results of interpolation, (e) results of SRCNN.

Investigation on a machine learning approach for stratal correlation based on geotechnical features

*Susumu NONOGAKI¹, Shinji MASUMOTO², Tatsuya NEMOTO²

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Osaka City University

地下の地質構造を3次元で表すモデル（3次元地質モデル）は、インフラ整備やハザードマップ作成に必要な空間情報のひとつである。建築物や道路が地表のほとんどを覆う都市部では、地下数十メートルを対象とした3次元地質モデルを作成する場合、地下の状態を直接観察した結果であるボーリングデータについて地層の対比処理を行い、その結果を基に地質構造を推定することが多い（納谷ほか, 2018, 2021など）。しかし、地層の対比には堆積学や層序学等に関する高度な知識と技術が必要であり、その作業には膨大な時間がかかるのが一般的である。他方、近年、公共工事で得られた多数のボーリングデータが、国や自治体によって標準的なデータ形式（国土交通省, 2016）で収集・管理されるようになってきた。この動きは今後も継続すると考えられ、ボーリングデータにおける地層対比を迅速かつ正確に実施する技術を開発できれば、従来よりも詳細な3次元地質モデルの作成につながると期待できる。本研究では、この技術開発の第一段階として、機械学習を利用してボーリングデータに記載された情報から地層名を予測する方法について検討した。

ボーリングデータにおける地層の対比は、地盤の特徴を定量的に表した値（特徴量）を入力データ、地層名ラベルを出力データとする教師あり学習の分類問題と考えられる。ここでは、利用するボーリングデータは鉛直方向に掘削して得られたものという前提のもと、ボーリングデータから鉛直方向について等間隔に抽出した地盤の特徴量を機械学習に用いる。地盤の特徴量には、標高、主となる岩石・土質、混合物の種類とその割合、標準貫入試験結果（N値）を用いる。混合物の種類とその割合については、岩石・土質名に記載される頻度の高い、泥、シルト、砂、礫、有機質土、火山灰、貝殻を対象とし、岩石・土質名から導く。

上記の特徴量を利用した機械学習による地層対比の有効性を調べるために、代表的な教師あり分類アルゴリズムおよび5層から構成されるニューラルネットワークそれぞれを用いて、10種類の特徴量から4種類の地層名ラベルを予測するテスト計算を実施した。教師あり分類アルゴリズムには、サポートベクターマシン、決定木（ランダムフォレスト）、 k 近傍法を用いた。また、テスト計算用の特徴量および地層名ラベルのデータセット作成には、納谷ほか（2018）で利用された1,654本のボーリングデータおよびそれらに関する地層の対比データを用いた。テスト計算では、全ボーリングデータのうち1,300本のボーリングデータから抽出した特徴量を学習データ、残りの354本から抽出した特徴量を評価データとした。それぞれの機械学習から得られる地層対比モデルの評価には、交差検証とHold-out法を利用した。地層対比モデルの評価指標には、評価データに対する正解率とCohen（1960）によるkappa係数を利用した。交差検証では、学習データを東側に分布するものから順に5グループに等分し、4グループを訓練データ、1グループを検証データとする5分割交差検証を実施した。その結果、いずれの分類手法においても、評価データに対する正解率は85%以上、kappa係数は0.77以上を示した。Hold-out法では、学習データのうち70%を訓練データ、30%を検証データとして地層対比モデルを作成した。ただし、検証データはランダムに選択した。その結果、評価データに対する正解率およびkappa係数は、交差検証の結果と同様の値となった。

現時点では、機械学習に入力する地盤の特徴量はそれぞれ、ボーリングデータのある一点に焦点をあてたものとなっており、その周辺における特徴量についての情報を含まない。しかし、地層は広がりをもつものであるため、周辺の特徴量を効果的に含ませることができれば、地層対比の精度を向上できると考える。今後は、ボーリングデータから抽出する特徴量の種類について検討を進めるとともに、周辺の特徴量を活用する方法についても検討していく予定である。本研究はJSPS科研費JP19K04004の助成を受けたものである。

文献

Cohen, J., 1960, A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 37–46.

国土交通省, 2016, 地質・土質調査成果電子納品要領. 国土交通省, 50p.

納谷ほか，2018，都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」説明書．産総研地質調査総合センター，55p.
納谷ほか，2021，都市域の地質地盤図「東京都区部」説明書．産総研地質調査総合センター，82p.

Keywords: Machine learning, Borehole data, Stratal correlation, Three-dimensional geological model

Prototype of simplified legend of Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) V2

*Makoto Saito¹

1. Geological Survey of Japan, AIST

2017年に20万分の1日本シームレス地質図V2(=V2版)(*1)を公開した。凡例は地質図に示される情報量を支配し、その時の地質学的な進展状況を反映する。20万分の1日本シームレス地質図(=旧版)は1992年の100万分の1日本地質図第3版の凡例をもとに作られていたため、凡例数は基本版で約180、岩相区分を増やした詳細版では約380であった。V2版では、これ以降の25年の地質学的知見を加えた新たな凡例を作成して全面改定を行った。凡例はコード化され、火成岩、堆積岩、付加体、変成岩に区分され、それぞれ[形成年代]_[岩石種]_[変成分帯/付加年代]のコードで示されている。これにより計2400超の凡例となった(*2)。

この凡例ではコンピューターで扱うことを想定して、それぞれコードの一部削っていくことによって、より簡素化した凡例にできるよう構造化されている。しかし凡例構造を理解して簡略化し、必要な用途に使い分けするには地質学的知識が必要であり、簡略版の凡例を作って欲しいという意見があった。さらに、この地質図を防災用途として自治体で利用したり、これまで使われていない新しい分野で使ったりしてもらうためには、それら用途に応じたかなり簡略化した凡例が必要である。

このため、まずは旧版の凡例数に近い数の凡例数を持つ凡例に簡素化し、そこからさらに用途別に簡略化することを考え、簡略化の試案を作成した。

形成年代については白亜紀を2区分、ジュラ紀以前は紀で1区分ないし複数の紀で1区分とした。また、岩石種も大幅に簡略化し、堆積岩では非海成、汽水成、海成と石灰質、珪質ほかとし、火成岩も珪質、苦鉄質、超苦鉄質程度とした。また付加体もこの岩石種区分に従い、さらに変成岩も付加体の岩石種区分を援用して簡略化した。変成分帯についても高/低に2区分程度とした。

これにより旧版の基本版程度で、現実に存在する凡例の数として200程度、旧版の詳細版程度で500程度に縮小できた。今後これらの凡例を適用した地質図を作成し、V2版の活用先を増やしていく予定である。

*1 <https://gbank.gsj.jp/seamless/>

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

Keywords: seamless, geological map, simplification, legend

Development an AR application for Geological information "Geo View"

*Yoshinori MIYACHI¹, Susumu NONOGAKI¹, Osamu FUJIWARA¹, Mahito WATANABE¹

1. Geological Survey of Japan

地質情報は人々の生活と深く関係する時空間情報であり、効果的に利用できる環境を整えることにより、より豊かな社会の実現につながると期待できる。産総研地質調査総合センターでは、日本の地質研究の黎明期から140年にわたり多様な地質情報を整備し、5万分の1地質図幅や地質図Navi[URL1]をはじめとして、紙の印刷物やインターネットなどを通して積極的に地質情報を社会へ発信してきた。しかし、そのような地質情報の利用者のほとんどは、減災・防災や資源開発等に携わる研究者や技術者であり、一般の人々による地質情報の利活用、すなわち地質情報の社会実装は十分には進んでいないのが実状である。

地質学に関する専門的な知識や技術をもたない人でも地質情報を手軽に利用できるようにすることを目的に、ハード・ソフト両面での利用環境を検討した。ここではその一例として試みた、拡張現実（Augmented Reality: AR）技術を利用して、スマートフォンのカメラ越しに見える風景（以下、カメラ風景）に地質情報を付加して表示するアプリの開発について報告する。

本アプリの機能は、大きく次の3つにまとめられる。

1. 地質図オーバーレイ機能：カメラ風景に、あらかじめ登録した地質図画像を重ね合わせて表示する機能である。地質図画像の透過度を調節することで、地質と地形・植生などとの関係を一目で理解できるようになっている。

2. 鳥瞰機能：あらかじめ登録した地形情報を利用して、アプリの利用位置周辺の鳥瞰図を表示する機能である。地質図画像のオーバーレイもできるため、カメラ風景よりも広域的に地質図を閲覧したいときに有効である。

3. ジオサイト案内機能：カメラ風景や鳥瞰図に、あらかじめ登録したジオサイトをマーカー表示する機能である。ジオサイトのマーカーをタップすることにより、そのサイトの概要を画像付きで閲覧できる。また、スマートフォン搭載GPSから得た位置情報をGoogle Mapsと連携する機能を実装し、現在地からジオサイトまでの経路検索も可能となっている。

上記の機能は、地質図に馴染みのない人が日常生活の中で、専門家を伴わずに地質情報に触れ合うことを可能とする。また、これにより現在のような集団行動が制限される状況下においては、少人数での地質見学を開催するうえで有用なツールになると期待される。

本アプリは2020年に基本設計と茨城県南部の筑波山周辺をモデル地域とした地質情報のデータセットの搭載が行われた。2021年2月には、茨城県つくば市の支援事業を通して、一般の方を対象としたユーザビリティに関するモニター調査を行った[URL2]。その結果、インターフェイスやユーザーニーズに合わせたコンテンツの搭載などの課題はあるが、地質の理解を深めるうえのツールとして有効であることが分かった。今後改良を加え社会実装につなげたい。

[URL1] 産総研地質調査総合センター、地質図Navi, <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>.

[URL2] つくば市、令和2年度つくばSociety 5.0社会実装トライアル支援事業, <https://www.city.tsukuba.lg.jp/shisei/torikumi/kagaku/1005023/1012294.html>.

Keywords: Geo View, AR app, mobile phone, Visualization of geological information

Oral | T6. [Topic Session] Future of Academic collections in universities and Museums, Japan

[3ch414-18] T6. [Topic Session] Future of Academic collections in universities and Museums, Japan

Chair: Rie S. Hori, Tsuyoshi Komiya

Mon. Sep 6, 2021 2:15 PM - 3:45 PM ch4 (ch4)

[T6-O-1] [Invited] Three things I consider about natural history collections and natural history museums.

*Tatsuo Oji¹ (1. University Museum, Nagoya University)

2:15 PM - 2:45 PM

[T6-O-2] Curatorial methodologies for effective utilization of paleontological collections in scientific research

*Takenori Sasaki¹ (1. University Museum, University of Tokyo)

2:45 PM - 3:00 PM

[T6-O-3] Introduction of the Kagawa University Museum and the problems of university museum management

*Masaru TERABAYASHI¹ (1. The Kagawa University Museum)

3:00 PM - 3:15 PM

[T6-O-4] Sample deposits and sharing in Geoscience

*Rie S. Hori¹ (1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University)

3:15 PM - 3:30 PM

[T6-O-5] Our application entitled by “Building of archive and curating system for astrogeoscience materials” for Master Plan 2020 of Large Research Project, and future plans

*Tsuyoshi Komiya¹ (1. Komaba, The University of Tokyo)

3:30 PM - 3:45 PM

[Invited]Three things I consider about natural history collections and natural history museums.

*Tatsuo Oji¹

1. University Museum, Nagoya University

私は従来より自身の古生物学の研究のため、日本、海外の多数の博物館を訪れ、その標本を扱ってきた。また私は2010年に大学博物館に移って以来、化石標本の保管と登録にも従事してきた。このシンポジウムでは以下の3点に関し私が標本と博物館について考えるところを述べたいと思う。

1. 博物館の標本は使える状態になっているべきである。退職する教員の責任は大きい。

大学を退職する教員が自分の研究したサンプルを博物館に寄贈する、というケースが良くある。その際博物館は原則として、サンプルそれぞれにラベルが付いていて、産地やその化石や岩石の名称が分かることが受け入れの最低条件である。また一連のサンプルを保管するのであれば、リストも必要である。ラベルとリストが付いていない資料を博物館が引き受けてしまうと、その資料を使えるようにするために、とてつもない労力が必要になってしまうケースもある。従って、見た目ですぐにだけ大事なサンプルのように見えても、ラベルとリストのない資料は使うことが困難で博物館に引き取ってもらえない。また退職する教員は自分の標本を残したいと思うならば自身がラベルとリストを準備し、将来その標本が活かされるような対処をすべきである。

2. 「愛知県に自然史博物館を！協議会」

沖縄に国立自然史博物館を設立する運動が行われ、沖縄県も積極的にこの計画を支援しているが、私はこの5年ほど、愛知県で自然史博物館の設立を目指す活動を協力者とともにボランティア的に進めている。この協議会には愛知県の動植物学や鉱物学の研究者も参加されている。日本の都道府県中で県立博物館を持たないのは愛知県が唯一である。学術会議から以前「文化の核となる自然系博物館の確立を目指して」という提言が出されたが、愛知県に県立の自然史博物館を作ることによってこの地の研究活動を活発化させ、また次世代へ自然史科学の重要性を伝える拠点を置くことになる。我々はこの提言の大村知事への申し入れを行い、有力議員の協力等もあり、徐々にではあるが活動は前進している。その活動の紹介をしたい。

3. 自然史標本の意味

自然史標本は色々な意味を持っている。例えば過去のある地域の動植物群のコレクションと現在・未来の動植物群を比べて、その地域の動植物相の歴史的変遷を把握したり、多様性の変動、絶滅を議論できる。また動植物や化石では「模式標本」という学名を付けるもととなった標本を特に重要視し、博物館等の施設で保管し、研究者の希望があれば公開することが義務付けられている。このように自然史標本の保管が重要なことは言を俟たない。

しかしだからと言って、自然史標本を何が何でも保管すべきであるという立場に私は立たない。これらを使って今後何を研究できるのかを考えるべきである。図書館の図書のようにいずれかはそれが利用されるかもしれないので、全て取っておくべきであるとすれば、博物館の収蔵庫はすぐに満杯になってしまうだろう。過去に標本を用いた研究があったとする。それをもう一度検証して新たな考えを提唱する際に、その過去の標本に再度当たってもよいが、むしろ大事なことはその提唱された考えが果たして正しいのかどうかを検証することだろう。その際は新たに（別の種でもよい）標本を集め直し、その自分のデータに基づいて議論することも多い。必ずしも同じ標本（群）に基づいて議論する必要はないのである。サイエンスにおける標本の持つ意味とは、それ自体が重要というより、そこから得られる普遍的な価値、一般性をもつ結論が導き出されるかどうか重要である。すなわち過去に研究された資料標本は、その当時の結論を引き出すのに使われた重要な材料であるが、標本自体に意味があるのではなく、そこからどのような研究を行ってどのような一般性のある結論を導き出すのかによって意味が異ってくる。

Curatorial methodologies for effective utilization of paleontological collections in scientific research

*Takenori Sasaki¹

1. University Museum, University of Tokyo

学術標本の長期的な収蔵管理は古くからある問題であるが、最近特に重要性が増している。研究の進展とともに標本数は増加するが、収蔵施設や予算などの資源には限りがあり、状況は改善が求められている。我が国は既に人口減少時代に入し、将来は研究機関の統廃合が行われる可能性も考えられる。貴重な資料が廃棄されたり行方不明にならないよう、国全体で考える必要がある。

本発表では、個別の収蔵機関ではなく、日本全体で収蔵管理体制を議論することの重要性を強調したい。そのためには各地の収蔵機関が全国のコレクションの状況を容易に把握できるシステムが重要であると考えられる。そのような理想的な体制はまだできていないが、ひとつの出発点は「日本古生物標本横断データベース(jpaleoDB)」である。このデータベースは九州大学の伊藤泰弘博士と佐々木が議論して始めたもので、現時点で日本を代表する37機関に収蔵された383161標本のデータと、12873文献のデータを収録している。このデータベースに登録されているのは日本国内に存在する古生物標本の一部にすぎないが、国家レベルで重要と思われる古生物標本のデータの大半はここに含まれているはずである。

一方、個別の収蔵機関では、限られた予算と人材の制約の中でより効率的な運営を行うための工夫が求められている。状況は収蔵機関によって異なるが、博物館において日常的にコレクションの管理を経験してきた立場から、留意すべき点として以下の3点を強調したい。

(1) 優先順位：標本収蔵管理は優先順位を明確にするべきである。標本収蔵管理のための資源が有限である以上、膨大な数の資料を全て等しく管理するという幻想は持たない方がよい。東京大学総合研究博物館の古生物コレクションは、出版された証拠標本を最優先する形で長い間運用してきた。これには合理的な理由がある。研究者が博物館標本を調査研究する場合、既出版された論文等を手がかりに調べることが多く、現実に利用希望の大半は出版済標本である。従って、出版されていない標本は「2軍」扱いで、出版されることで「1軍」に昇格を果たすシステムを採用している。研究者にとって重要な標本とは、何らかの研究成果を発表したいというモチベーションを与えるような標本であり、そのような興感を与えない標本は未出版標本の中に残り続ける。

(2) 位置情報：データベースには標本の所在がすぐに特定できるようなデータを入力するべきである。電子化、データベース化が効率的な標本管理に必須であることは論を待たない。経験的に電子化されていない資料はほとんど利用実績がないことがないからものこのことは明白である。しかし、本当に重要なことはデータベースの検索結果から短時間で確実に実物の標本に到達できる収蔵システムを作ることである。これには正解はなく、先端的なテクノロジーを用いれば高度なシステムを構築可能であるが、コストとの兼ね合いが問題である。

(3) 画像作成：標本を電子化する場合必ず画像を作成するべきである。文字情報のみの標本データベースは、利用者にとって、利用しようとするモチベーションがあがらない。実際に自分自身の研究に活用できる状態かどうか判断できないからである。画像はプロの写真家が撮影したようなものを目指すとコストばかりかかり、実りが少ない。高級な画像を作成する必要はなく、標本の存在形態を確認できる程度の簡単な画像を大量生産する方がよい。一例として東京大学総合研究博物館の古生物部門では画像10万点計画を推進中である。

標本管理で最も難しい問題は場所の確保である。どの収蔵機関においても標本が増え続けているが、建物や土地は容易に増やせない。海外の大規模な博物館には郊外に大きな収蔵庫を構えているところがあるが、今後は日本でも同様の取り組みが参考になると予想される。効率だけを考えれば、国家レベルで一箇所に集中させ管理する方式もあり得る。しかし、災害の多い日本では、集中管理方式は一度に壊滅的な被害を受けるリスクがあるため、各地の機関に分散収蔵した方がよいと考えられる。

Keywords: university museum, paleontology, collection

Introduction of the Kagawa University Museum and the problems of university museum management

*Masaru TERABAYASHI¹

1. The Kagawa University Museum

香川大学博物館は、四国初の大学博物館として2007年4月に設置、2008年4月に開館した。香川大学と地域との連携を文化面から深めるため、以下の理念と目標を持つ。1. 香川大学の教育・研究において蓄積された数万点に及ぶ標本・資料・発明品などの知的財産の収集・保管・研究活動に重点を置く。2. 香川大学における教育・研究の成果を活かし、地域の自然や文化を研究する市民研究者や郷土史家、小中高の教員、学芸員、サイエンスボランティアなどの研修や交流の場としての「教育・研究型」博物館。3. 香川大学の教職員がその専門的な知識や経験を生かして、香川県全域に展開するさまざまな博物館・資料館、及び歴史、地理、生物、科学、地学などに関する研究団体などの研究活動を支援する「地域密着型」博物館。

活動として以下を掲げている。収集・保存：香川大学の全ての学部、各学科、各研究室などに所蔵されている標本・資料のリストを作成しホームページで公開する。大学の教育・研究活動によって増加する標本・資料を収集・保管する。さらに学外から寄贈・寄託される標本・資料を積極的に受託する。展示・交流：博物館の基本的性質を示す常設展のほかに、大学内の教育研究成果や、大学博物館と学外のさまざまな個人、団体との教育によって多様な企画展を開催する。教育・普及：「モノ」を通して、真理を学ぶ生涯学習の場を提供する。本学教職員や学外協力員をミュージアム・アドバイザーとして、学生や学外の個人、団体が共に研究し、学ぶ「協育」を基本とする。多彩なテーマのミュージアム・レクチャーを開講する。企画展のテーマに合わせた公開講座を香川大学生涯学習教育研究センターと協力して開講する。

理念と目標、そして活動目標は崇高であるが、実情は厳しいものがある。施設は、展示室・収蔵庫・実習スペースを合わせて、延床面積約250m²しかない。展示室は、教室ほどの面積しかなく、企画展・特別展の際は常設展示を撤収する必要があり、標本・資料等に少なからずダメージを与えることになる。収蔵庫は、学内外からの移管・寄贈標本でほぼ満杯で、実習スペースにも収蔵し、体験教室は学内の実験室等を活用している。専任教員は不在で、館長（兼任）と研究担当と資料担当の2名の副館長（いずれも兼任）、全学委員会である博物館会議委員と博物館の活動に協力的な教職員、そして学生らによって運営と活動がなっている。職員は、事務補佐員2名（再雇用職員と非常勤職員）で、1名は完全な事務職であるが、もう1名は民間の文学館における勤務経験があり学芸員的な業務に精通しているのが支えである。

開館から13年間（新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、2020年3月中旬から2021年2月初旬まで臨時休館）に、企画展を毎年2回、夏休みには自然系、秋には人文系を基本とし、計24回開催した。特別展は、開館前に開催した学外特別展2回を加えると計15回に上る。合計39回の企画展・特別展では、関連行事としてミュージアム・レクチャー、特別講演会、講演会、セミナー、トークイベント等を開催した。これらの活動は高く評価されており、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（理解増進部門）を平成25年度に「自然史系標本資料活用の拠点形成による科学への理解増進」で、平成31年度に「持続可能社会への地域の知恵に学ぶ水環境と減災の理解増進」で演者を含む関係教員が受賞している。さらに、令和2年度高松市文化奨励賞（顕彰部門）を演者が受賞している。

所蔵するコレクションの一つに、「岩崎コレクション」がある。オフィオライト研究者として著名な岩崎正夫氏（1922-2016）によって、世界各地で採集・収集された岩石鉱物標本である。寄贈申し込みが2011年12月にあり、2021年7月からリストとともに受け入れを開始した。2015年8月までに受け入れた標本は、もろぶた（木製の大型のもの）71箱、950個である。その後、もろぶた200箱以上、二千数百個の標本を受け入れたが、ラベルの記載からリストを作成し、撮影した写真とともにクラウド型データベースシステムに収蔵品の登録を順次行なっている。

2021年4月から、大学博物館等協議会の会長校を香川大学博物館が務めている。大学博物館等協議会は、会員相互の緊密な連絡と協力によって博物館活動の進展に寄与し、当面する問題の解決を図っていくために、大学附置の博物館や設置準備委員会、国立博物館等で創設された団体で、加盟館は現在41館である。年に一度介

し、大学博物館等が抱える課題と取り組みについて協議・検討し、同時に開催される博物科学会では、教育、情報、研究、地域との連携、展示、マネジメントに係る事例紹介や成果発表が行われ、活発な議論がなされている。大学博物館に共通した課題についても紹介する予定である。

Keywords: university museum, collection, cloud-based database system

Sample deposit and sharing in Geoscience

*Rie S. Hori¹

1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

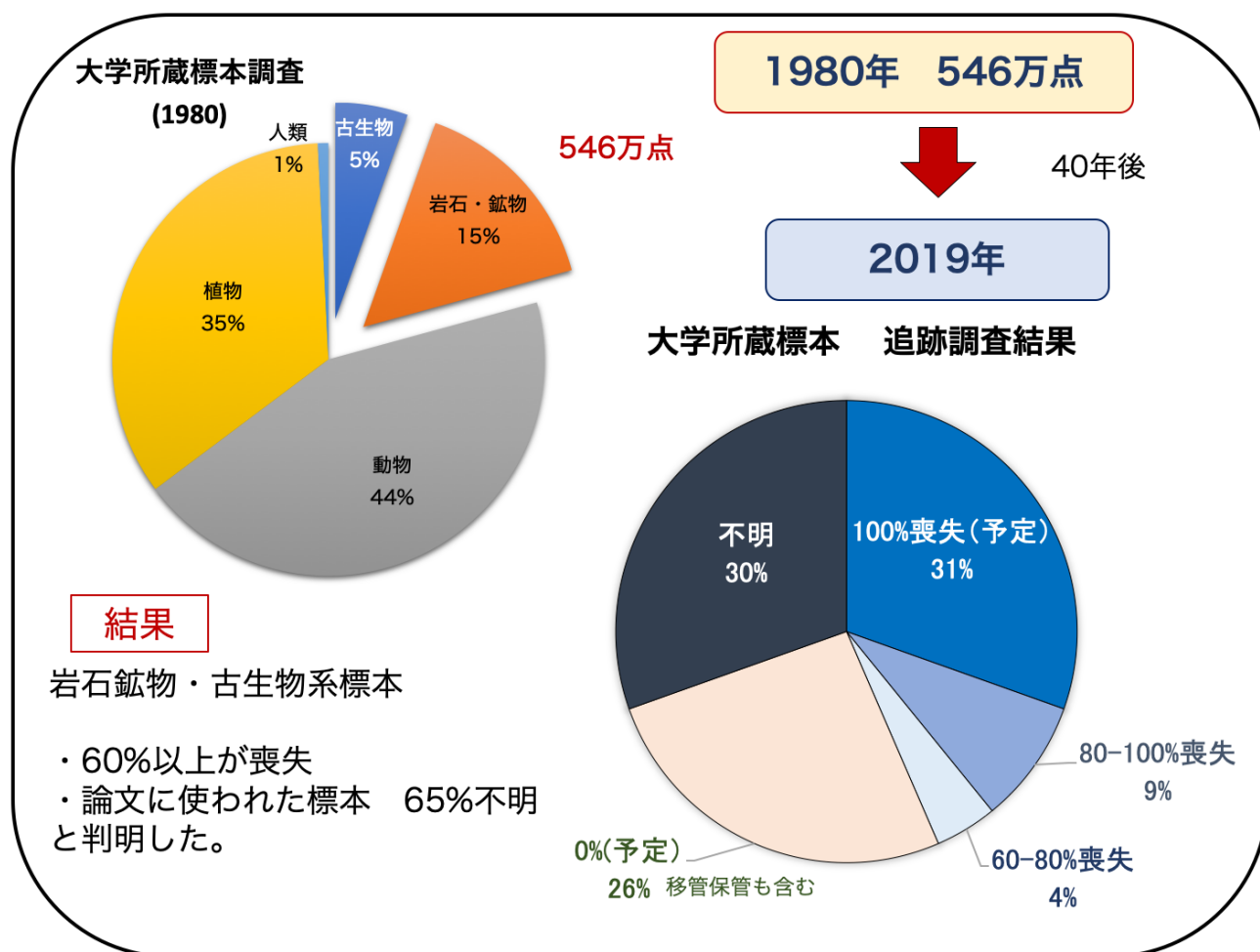
私の所属する愛媛大学の大学ミュージアムは、約10年前に設立され愛媛大学に所属する研究者の研究活動を紹介するポリシーのもと多様な展示を展開している。しかしながら、自然系や文化系標本・資料を保管するスペースが、昆虫標本以外はほとんど設けられていない。小松正幸元地質学会会長の貴重な北海道・飛騨外縁・イギリス等の岩石標本の多くが、退職後に大学に保管するスペースがなくご自宅に引き取られていった。記載鉱物学を専門とされていた皆川鉄雄元教授の標本は、見栄えする鉱物標本の一部は大学ミュージアムに展示されているが、ほとんどが大学理学部標本庫に、退職後整理されず残されている状態である。新たに赴任した助教が鋭意整理を試みているが、膨大な量と評価されない業務活動且つ、全く業務外のボランティアワークであって、なかなか進まない状況となっている。愛媛大学は、愛媛県内にある西予市ジオパークと連携協定を結び、博物館実習や学術研究活動など、様々な連携活動を行なっているが、最近学術標本保管において面白い事例があった。西予市ジオパーク三瓶町須崎海岸においては、黒瀬川構造帯に属する凝灰岩レキ層中に礫として産するハチノスサンゴや日石サンゴの報告があり、その標本は某大学に保管されていると「地質学雑誌」に明記されていた（槇坂・加藤, 1983）。しかしながら2021年6月に地元からの問い合わせがあり某大学に問い合わせた所、標本が行方不明（現在も鋭意探索していただいている）であることが判明した。関係教員の退職後、更にそれに関係する教員も退職した後においては、大学にデポジットされている学術標本の多くは追跡が困難な状況である。このように地方にある国立大学は、学術標本保管・共有について様々な問題を抱えており、地方のみならず学術標本を扱う多くの大学における共通の問題であると言える。地球惑星系教員の大量退職・災害多発時代を迎え、全国を網羅する標本保管・管理のためのネットワーク制度の設立が急務と言える。

日本学術会議では、60年ほどから自然系の学術標本問題に着目し自然史科学の振興と自然史系博物館の充実をはかる議論を重ねてきており、多数の関連の声明・提言・報告が出されている。最近では2016年に提言「国立自然史博物館設立の必要性」が出され、沖縄県における自然史博物館設立の検討の契機となっている。日本学術会議第24期(2017-2020)では、自然史・古生物学分科会にて学術標本散逸問題検討Working Groupを立ち上げ、全国の国立大学に協力頂き固体地球科学系の大学資料・標本の現状調査を行った。その結果、1980年に大学所属自然史関係標本調査会によって調査・報告された約540万点の国立大学・公立大学の学術標本のうち、2019年時点で岩石鉱物・古生物系標本の60%以上が喪失し、論文に使われた標本の約65%が所在不明と判明した。その詳細は、2019年日本地質学会学術大会における本問題の関連トピックセッションで報告された。1980年の調査とその報告書「自然史関係大学所蔵標本総覧」(日本学術振興会1981)は、後の大学博物館設立の機運ともなったが、「ユニバーサルミュージアム構想」は、大学改革や国立大学法人化に伴って、次第に下火となった。日本学術会議では、2020年5月28日に提言「オープンサイエンスの深化と推進に向けて」が出され、その中で研究データの共有促進と共有のためのプラットフォームの重要性が議論されている。それを受け第25期の2021年5月に地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会では、新たに学術試料共有小委員会および学術データ共有小委員会が組織され、関係各所の委員とともに学術データおよび試料の散逸・保存問題とともに共有化についての実装のための議論をはじめている。一方、日本学術会議の自然史・古生物学分科会では、自然史博物館自然史系標本を保存する方法としてのソフトを充実する対策として「自然史財法」等のための議論をはじめようとしているところである。

このように、大学・高等教育機関における学術標本散逸・共有問題は、古くて新しい問題である。コロナ禍によって加速されたインターネット社会の中で、どのように実物の学術資料・標本を扱い保管し、それに紐付けられたデータを共有していくか、喫緊の課題となっている。本問題を関係学界の皆さんと議論し、海外の取り組み例も参照しながら、次世代のための学術資産として残せるよう、より良い解決策を見いだしたい。

引用文献：横坂・加藤(1983)地学雑誌 V.89, n.12, 723-726.

Keywords: academic samples, sample sharing



Our application entitled by “Building of archive and curating system for astrogeoscience materials” for Master Plan 2020 of Large Research Project, and future plans

*Tsuyoshi Komiya¹

1. Komaba, The University of Tokyo

日本地質学会では、2019年に日本鉱物科学会と共同で、大型研究マスタープラン2020に『地球惑星研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築』というタイトルで、国内に地球惑星試料や資料を大規模かつ系統的に保管し、キュレーションをするシステムを構築することを申請しました。大型研究マスタープランとは、科学者コミュニティの代表としての日本学術会議が、各学術分野が必要とする学術的意義の高い大型研究計画を網羅・体系化することにより、学術の発展や学術の方向性に重要な役割を果たす我が国の大型研究計画のあり方について一定の指針を与えることを目的とするものです。これまで、3年毎に見直しされてきており、2023年に見直しされる可能性があるので、学会では現在次期マスタープランに向けて準備を進めています。

ところで、2020年に日本学術会議において「オープンサイエンスの深化と推進に向けて」と題した提言がされました。そこでは、「研究成果をもたらした第1次物質的試料の永久保存体制の構築やそれらの背景となった第0次試料の選択的保存について、基本方針を確立する必要性」が説かれております。このように、研究試料のアーカイブ化は今や早急にに取り組むべき課題となっています。そこで、25期においても、大型研究計画の施設整備に地球惑星研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムを早急に構築することを申請する予定です。本発表では大型研究マスタープラン2020で申請した内容を紹介するとともに、現在進行形ではありますが、次期申請に向けた準備状況を報告し、みなさんのご意見を伺いたいと考えております。大型研究マスタープラン2020で申請した『地球惑星研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築』の概要は以下の通りです。<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t286-1.html>でも見られますので、そちらもご確認ください。

『日本で近代科学が産声をあげて150年、日本の研究者は公的な研究費を用いて国内外から多くの岩石・化石試料や隕石、地質・地形情報等（以下、地球惑星研究資料または資料）を集めてきた。しかし、博物学が重要な位置付けを占める欧米と異なり、日本では研究資料のキュレーション施設の整備が大きく立ち遅れている。そのため、学術的価値の高い資料や科学的遺産にあたる資料でさえ維持するのが難しい。加えて各国の土地開発や紛争及び試料の採取・持出制限によって、新たな外国産資料の確保がますます困難になりつつある。そこでキュレーションがますます重要となる。既存資料の保管による科学的貢献の例として、近年のアポロ試料の再分析による月の水の存在の新証拠の発見やカンブリア爆発の概念を創出したバージェス頁岩の研究等がある。どちらも30年以上、公的機関に保管された試料の研究から始まった。さらに、近年の急速な研究技術の進歩を考えると、現在不可能とされる化石の超微量分析、古代ゲノム、地震時に形成された断層岩の超微小領域解析も将来可能となろう。本計画は、現在分散保管されている資料のデジタル・オープンアクセス化とアーカイブ化、それらを網羅する統合データベースの構築、そうしたデジタルデータと実試料の保管・提供を統括する『地球惑星研究資料アーカイブセンター』の新設を提案する。その体系を早急に構築することで、短期には現在日本の地球科学において国際競争力のある岩石・化石試料を基盤とした研究分野を支え、長期では未来の研究者との共同研究として研究技術が高度に発達した30~100年後を見据えた科学の発展に寄与する。また、古地形や地盤データのオープンアクセス化、資源試料の提供及び研究資料の博物館、初等教育機関及びマスメディアへの貸出の一括管理は日本の産業、国土開発、領土管理、生涯学習及び初等教育にも貢献することが期待される。』

今後進めていく項目として、（1）本申請内容がより広範な科学者コミュニティから支持される内容であり、かつ多くの科学者が切望しているものであることを示すために、他の学会からの賛同を得ることを進めています。6月の時点では、日本鉱物科学会、地球環境史学会、日本堆積学会、日本地球化学会などから共同提

案者や賛同者として、賛同を得ることができ、この取り組みは現在も続けられています。（２）地球惑星研究資料アーカイブセンター設立の準備委員会を立ち上げ、設立に向けた議論を関係する学会や機関の関係者と開始します。（３）日本学術会議地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会に学術資料共有化小委員会が設立されました。両委員会には共通の委員も多くいることから、それらの委員会を両輪として、本計画の準備を進めていきたいと考えています。

Keywords: Large Facility Large Scale Research Project, Master Plan, Science Council of Japan, Open access, Curating system

Poster | T5. [Topic Session] Culture geology

[3poster01-02] T5. [Topic Session] Culture geology

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[T5-P-1] Geology and water quality characteristics of Sake-prepared water

*Ken-ichiro Hisada¹, Shiho YABUSAKI², Yukihiro KARATA³ (1. Bunkyo Univ., 2. Research Institute for Humanity and Nature, 3. Dank Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[T5-P-2] Minakata Kumagusu's collection of mineral and fossil specimens

*Takashi Ishibashi¹, Tomoko Doe² (1. Masutomi Mus. Geosci. / Minakata K. Mus. / Osaka Univ. / Intl. Res. Ctr. for Japanese Studies, 2. Minakata Kumagusu Archives)

4:00 PM - 6:30 PM

Geology and water quality characteristics of Sake-prepared water

*Ken-ichiro Hisada¹, Shiho YABUSAKI², Yukihiko KARATA³

1. Bunkyo Univ., 2. Research Institute for Humanity and Nature, 3. Dank Co., Ltd.

日本酒は水、米、米麹から造られている。水は重要な原料のひとつであるが、同じ醸造酒でも仕込みに水を使わないワインとは対極の関係にある (Maltman, 2020)。ワイン醸造が盛んな国々では、テロワールの違いによってワインの美味しさを生み出すとされている。Wilson (1998) は隣同士のブドウ畑であってさえも、いろいろな要素 (水はけに大きく影響を与える地質や気候など) が組み合わさってワインの違いが生じるとした。一方、日本酒は酒米の栽培技術や発酵技術の改良とともに、豊富な湧き水や井戸水を原料として、その醸造業が発展してきた。湧き水や井戸水は水循環の一部を担うことから、地表付近の土壌や地質の影響を受けている。しかしながら、日本酒醸造と地質との関係に関する最近の研究は、舩山 (2016) があるのみで、酒蔵が位置する場所の地質とそこで使用する日本酒仕込み水の水質の関係については、不明な点が多い。そこで、国税庁「地質に対応した日本酒仕込み水の水質分析体系化によるテロワール・ブランディング」事業の一環として、日本酒仕込み水の水質と取水地の地質について調査検討を行った。

全国およそ1400ある酒蔵のうち、仕込み水として使用している水274点 (地下水200点、その他74点; ひとつの酒蔵から複数試料の場合あり; 各50 mL) を入手した。仕込み水以外の参考水試料 (9点) をあわせて分析総数は283点である。分析は総合地球環境学研究所にてまずEC (電気伝導率)、pHとORP (酸化還元電位) を計測した。主要溶存イオン濃度の測定はイオンクロマトグラフ (ICS-3000またはICS-6000) によりF⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺を測定した。HCO₃⁻はpH4.2アルカリ度滴定法により求めた。

全水試料について、基本的なイオン成分 (陰イオン: Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻の4成分 陽イオン: Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺, K⁺の4成分) の含有量を用いてグラフ化した (ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム)。ヘキサダイアグラムでは個々の水試料の水質特性を見ることができる。本研究ではクラスター分析 (上述の溶存イオン8成分の濃度を利用) を試み、9つのカテゴリーを見出した。またトリリニアダイアグラムでは、東北日本、西南日本内帯、外帯 (以降、内帯、外帯と称する) の分析試料数は、130, 147, 6であり、アルカリ土類炭酸塩型 (I型), アルカリ炭酸塩型 (II型), アルカリ土類非炭酸塩型 (III型), アルカリ非炭酸塩型 (IV型), 中間型 (V型) のすべての領域に分散している。とくに、東北日本ではI型が50%, V型が37%, 内帯ではI型が64%, V型が24%となっている。

金井他 (1998) は、地表付近の地質やより深部の地質と水質との関わりを明らかにし、とくにヘキサダイアグラム上の花崗岩類に関連すると考えられる水質において、CO₃-Ca・Mg型からアルカリ度とNa・Kが増加してゆく水質進化の過程を確認した。藪崎他 (2007) は深成岩でできた筑波山における水質分析がCa-HCO₃型であることを示している。本研究の水質分析結果から、花崗岩がより広く分布する内帯 (磯山他, 1984; 棚倉構造線と糸静線の間の西南日本内帯・外帯東部を東北日本とした) において、内帯の地域に位置する酒蔵の仕込み水は、Ca-HCO₃型がより卓越すると言えよう。一方、東北日本の水質ではより中間型の水が目立つ。これは磯山他 (1984) の岩種・時代別分布面積比の第四紀・新第三紀の卓越にも明瞭に表れているように、広く分布するこれらの地層中の地下水流動に起因するものと推定される。今後さらなる解析が必要であるが、本研究の第一次近似的まとめとして、仕込み水と地質 (特に花崗岩類) には関係があるといえる。

【引用文献】舩山 淳, 2016, 日本醸造協会誌, **111**, 801-807. 磯山 功他, 1984, 地質調査所月報, **35**, 25-47. 金井 豊他, 1998, 地質調査所月報, **49**, 425-438. Maltman, A., 2020, The Geology of Wine, Spirits and Beer. In Elias, S. and Alderton, D., eds., the Encyclopedia of Geology (2nd edition), Elsevier, 627-643. Wilson, J.E., 1998, TERROIR. University of California Press, London, 336p. 藪崎志穂他, 2007, 地下水学会誌, **49**, 153-168.

Keywords: Japanese sake, Sake-prepared water, water quality, geology, Terroir

Minakata Kumagusu's collection of mineral and fossil specimens

*Takashi Ishibashi¹, Tomoko Doe²

1. Masutomi Mus. Geosci. / Minakata K. Mus. / Osaka Univ. / Intl. Res. Ctr. for Japanese Studies, 2. Minakata Kumagusu Archives

【南方熊楠（みなかたくまぐす）】

日本の近代化黎明期に活躍し、世界的博物学者と称される。江戸時代末の1867年5月18日（慶応3年4月15日）に紀州に生まれる。旧制和歌山中学校、東京大学予備門を経て、19歳から14年間米国、英国などへ海外遊学する。10数ヶ国語を自由に使いこなして国内外に多くの論文を発表し、日本に「ミナカタ」ありと世界の学者を振り向かせ、自然科学、民族学などに多くの足跡を残す。生涯在野の学者に徹した熊楠の活動や研究範囲は非常に広範で、現在も全容が解明されるには至っていない。業績面では特に粘菌（変形菌）の分類学の基礎を固めた生物学者としてや、柳田国男らと日本における民俗学ソサエティの立ち上げを行ったことで知名度が高い。熊楠については彼自身の人物像についても多くの研究がなされている。

【熊楠の鉱物化石標本】

南方熊楠が、少年期から東京大学予備門生時代、渡米期などに鉱物や化石などの地質標本を蒐集していたことは殆ど知られていないが、標本約300点が現存し、南方熊楠記念館（和歌山県白浜町）に収蔵されている。この標本群は熊楠が終生所有していた遺品で、1996年に整理が行われた際に3日間にわたって調査され、再調査の要ありと判断されていたが、以後も詳細な調査は行われていなかった。2019年に標本図録（土永・石橋）が制作され、今回はさらに標本の同定および入手方法や時期についての精査が行われたために内容を報告する。

鉱物および化石標本は、熊楠が渡米前に地質標本蒐集用に製作した黒い筆筒（1886(明治19)年3月21日の日記に記録あり）に収められている。これらの標本の大半は、熊楠が上京した1885（明治18）年から渡米中の1889（明治22）年に収集されている。熊楠は幼少期から『和漢三才図会』『本草綱目』『雲根誌』などを抜書し「本草学」で知識を得た。標本は、江戸期の木村蒨霞堂による「貝石標本」のように、鉱物、化石、考古遺物および貝類を同じ標本箱に保管している。また、標本付属の紙片（ラベル）や日記に、「紫石英」「陽起石」「ツキノサガリ」など熊楠が幼少の頃から抜書をした「本草書」に採録されている、江戸期あるいは中国古来の石の名称が記されているものもみられる。熊楠の鉱物・化石コレクションには「本草学」（≡江戸時代の博物学）の影響が強くみられる。熊楠は、通称『熊楠日記』とよばれる懐中日記に日常を詳細に記録していたが、そこに入手や採集の記録がある標本が多数現存することも判明した。なかには論文にスケッチが掲載された標本の実物も確認された。『熊楠日記』はそれ自体が研究対象にされ、関連する報告書や書籍が多く出されているが、地質標本に関連する部分については一般的ではない名詞や用語が多く、地質学、鉱物学、古生物学などの専門知識に加えて、江戸期の本草学、蘭学、鉱業などの知識も併せ持って読み解かないと理解が容易ではなく、これまでにあまり注目されていなかった。熊楠については、前述の通り、生物学者（粘菌等）や民俗学者的側面の活動や業績が特に知られるが、今回行われた鉱物や化石などの地質標本の調査において、少年期の多感な時期から青年期にかけて、親友らと鉱物標本の蒐集や鉱物の洋書を翻訳するなど、地質学・鉱物学に強い興味を示し、標本の蒐集を通しての人付き合いが、彼の人格形成に大きく影響を与えた様子を読み取ることができる。

【引用文献】

土永・石橋(2019): 南方熊楠の鉱物・化石コレクション展2019. フィールドミュージアム番所山南方熊楠記念館特別展図録, 番所山を愛する会・公益財団法人南方熊楠記念館, 36総頁.

Keywords: Minakata Kumagusu, mineral, fossil



[3poster03-09] R1 [Regular Session]Plutonic rocks, volcanic rocks and magmatic processes

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R1-P-1] (entry) Contact metamorphic aureoles as a marker of plutons associated with major eruption histories

*Ken Yamaoka¹, Simon Richard Wallis¹, Akira Miyake², Catherine Annen³ (1. The University of Tokyo, 2. Aichi University of Education, 3. Czech Academy of Sciences)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-2] (entry) Intrusive relation of I type and II type Granite of East-South area of Okayama Prefecture

-Example of Hoden coast outcrop-

*Yuka Enomaru², Yousuke noumi¹, Yuta Tsuchiya¹ (1. Okayama University of Science, 2. Okayama University of Science Graduate School)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-3] Characteristics of granitoids from the Itoshima Peninsula, western part of Fukuoka Prefecture

*Yayoi MURAOKA¹ (1. AIST)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-4] Igneous activity of the Daito granodiorite in the Un-nan area, San' in zone, Southwest Japan

Masashi Noguchi¹, *Atsushi Kamei², Hiromi Suzuki³, Natsuko Kobayashi⁴ (1. Oriental Consultants Co., Ltd., 2. Shimane University, 3. Noguchi Ophthalmology/Internal Medicine/Cardiovascular Medicine, 4. OYO Corporation Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-5] Homogenization experiments on zircon melt inclusions in plutonic rocks

*Satoshi Saito¹, Yuka TANIWAKI², Kazuya SHIMOOKA¹ (1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ehime University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-6] Petrological characteristics of Pliocene to Pleistocene volcanic rocks in the Itoigawa area, eastern part of Niigata Prefecture, Japan

Takumi Takizawa², Naoki Takahashi¹, *Toshiro Takahashi¹ (1. Niigata Univ., 2. Ogata J.H.S.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R1-P-7] (entry) Petrography of High-magnesian andesite and Bronzite andesite in Choshi area, Japan

*Akitaka Shibano¹, Toshiro Takahashi¹, Jun'ichi Ohki², Naoya Iwamoto³ (1. Niigata University, 2. Natural History Museum and Institute, Chiba, 3. Choshi Geopark Promotion Council)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Contact metamorphic aureoles as a marker of plutons associated with major eruption histories

*Ken Yamaoka¹, Simon Richard Wallis¹, Akira Miyake², Catherine Annen³

1. The University of Tokyo, 2. Aichi University of Education, 3. Czech Academy of Sciences

プルトンは過去のマグマ溜まりの記録であり、火山下のマグマプロセスを解明する上で重要な情報源となる観察対象である。一方、プルトンの形成は噴火を必ずしも伴うものではないため、プルトンが噴火の履歴をもつかどうかを地質学的に識別することが火山活動とプルトン形成プロセスの関係性を議論することが重要である。しかし、プルトンの露出はより浅い地質構造の侵食による消失のプロセスを伴うために、残されたプルトンから噴火履歴の有無を評価できるケースは非常に限定的である。

本研究では、このような課題を解決するため、プルトンの周囲に形成される接触変成帯に着目する。接触変成帯の熱構造はプルトン領域への熱入力に関係し、接触変成帯を再構成するために必要な熱量と、プルトンの体積から推定される熱量の差が一旦マグマ溜まりに流入しその後流出したマグマの流出程度を表している可能性がある。このため、接触変成帯の詳細な解析によってプルトンの噴火履歴の有無を評価できると思われるが、これを検討した例は。文献に記載のある世界中の珪長質プルトンに伴う接触変成帯の幅や形成時の圧力条件についてコンパイルを行なうと、プルトンの形状や規模、貫入時のマグマ温度のバリエーションでは説明できない範囲で接触変成帯の幅にばらつきが見られることが明らかになった。これらのばらつきを説明可能な未決定パラメータとして、1)貫入時の周囲の地温勾配、2)時間あたりのマグマの供給体積、3)プルトン領域からのマグマ流出が考えられる。

これらの要素を定量的に扱うためには詳細な熱モデリングと接触変成帯の熱構造評価、およびプルトン体積の正確な見積もりが必要となる。本研究ではこれらを実行可能な地域として中部日本の本宮山地域に明瞭な接触変成帯を伴って分布する新城トータル岩に着目した。推定されている本岩体の定置深度は約9 kmである（遠藤・山崎, 2013）。本接触変成帯は著しい幅広さ(~2 km)をもち、高い貫入時の背景温度による説明がされてきた(Adachi & Wallis, 2008)。しかし、最近の年代学的研究によって、隣接する武節花崗岩もほとんど同時期に貫入したことが明らかとなり(Takatsuka et al., 2018)、この岩体は新城トータル岩とは対照的にごく狭い接触変成帯を有する(<200 m)ことから、高い背景温度のみではこれらの接触変成帯を説明することが難しく、マグマの流入・流出履歴の差異がより重要であることを示している。本研究では炭質物ラマン温度計やTi石英地質温度計を用いて新城トータル岩の接触変成帯の熱構造を制約した上で、新城トータル岩の三次元分布を考慮した貫入岩熱モデリングを実施し、計算結果と観測値を比較することでプルトン内部のマグマの流入・流出履歴の制約を試みた。

その結果、マグマ流出の無いモデルでは、野外で見られる接触変成帯を説明できるほどの温度上昇を達成できず、著しいマグマの流出の履歴があることが示唆された。そこでマグマを同時に流入・流出する熱モデルを構築し、観測される接触変成帯を再現するようなマグマの体積フラックスを求めたところ、 $1 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-4} \text{ km}^3 / \text{yr}$ のフラックスを100万年から数100万年の間継続する必要があることが明らかとなった。これは、新城トータル岩の体積(~100 km³)を大きく超える1000 km³オーダーのマグマ体積が貫入領域から流出したことを意味している。また、これらの観測値を説明可能な接触変成帯は、貫入直前の地温勾配が45–50°C/kmに達する成熟した地殻の熱状態でのみ達成された。

より浅部のカルデラ噴火を伴うマグマ溜まりからの噴出物体積は一般的にマグマ溜まりに対して10–50%程度以下と推定されており(Geshi et al., 2014)、本研究の結果と大きな差があるが、これはマグマ溜まりの冷却時間スケールを支配する主要因の一つである地殻の背景温度がプルトンと噴出物の最終的な配分を決定する上で重要であることを示唆している。

【References】 遠藤・山崎, 2013, doi:10.9795/bullgsj.64.59; Adachi & Wallis, 2008, doi:10.1111/j.1440-1738.2007.00603.x; Takatsuka et al., 2018, doi:10.1016/j.lithos.2018.03.018; Geshi et al., 2014, doi:10.1016/j.epsl.2014.03.059

Keywords: pluton formation, contact metamorphic aureole, Ryoke metamorphic belt, thermal modeling

(entry) Intrusive relation of I type and II type Granite of East-South area of Okayama Prefecture

-Example of Hoden coast outcrop-

*Yuka Enomaru², Yousuke noumi¹, Yuta Tsuchiya¹

1. Okayama University of Science, 2. Okayama University of Science Graduate School

岡山県中・南部には、山陽帯に属する中生代白亜紀後期の花崗岩類が広く分布している。これらは、濡木（1978）や濡木ほか（1979）によって、構成鉱物などからⅠ～Ⅳ型、および細粒花崗岩に分類されたが、それぞれの貫入関係や前後関係などはいまだ未解明である。山陽帯花崗岩はバソリスとして言及されることが多いが、岡山県中南部のようにいくつかに分けられた岩型が、マグマの違いを反映しているならば、それらの前後関係を定めることで、山陽帯バソリスの形成史、ひいては白亜紀後期の珪長質火成活動について重要な知見を与えられる。能美ほか（2013）では、岡山県東南部の瀬戸内市牛窓地域において、MMEを大量に含む花崗岩、花崗斑岩や細粒の珪長質岩からなる岩脈が多数みられるなど、この地域の花崗岩類の産状は非常に複雑な様子を呈していることが報告されている。このため、筆者らは比較的露頭条件が良い岡山県東南部の瀬戸内海沿岸部の岡山市東区正義～瀬戸内市牛窓地域において、花崗岩類の分布や記載の再検討を行っている。

本研究対象地域の花崗岩類は、濡木ほか（1979）では、すべてⅡ型とされている。Ⅱ型花崗岩は、有色鉱物として黒雲母と角閃石を含み、アルカリ長石が集斑状を示す。これらの岩相は、研究対象地域のほぼ中央の岡山市東区宝伝以東において確認された。一方、宝伝より西部の地域の花崗岩には、有色鉱物として角閃石を確認することができなかった。また、無色鉱物の、石英とアルカリ長石の比率が高く、これら西部岩体の岩相は濡木のⅠ型花崗岩の特徴を示している。研究対象地域の西に児島湾を隔てて児島半島があるが、児島半島の花崗岩類はⅠ型に区分されている。本研究対象地域の花崗岩類はⅠ型とⅡ型が分布し、宝伝付近にその境界があると考えられることから、宝伝海岸露頭の記載を中心に報告する。

宝伝海岸露頭の西部には、黒雲母花崗岩が分布し、そこから砂浜を経て細粒の花崗斑岩が出現する。ここから東部に向かうにつれ、花崗斑岩中に角閃石黒雲母花崗岩の捕獲が認められるが、これらの捕獲岩の形状は不定形であり、クリスタルマッシュな角閃石黒雲母花崗岩マグマを花崗斑岩が取り込んだ様子がうかがえる。そして、これらの捕獲岩の量は東部ほど多くなり、やがて細粒花崗岩の出現をみて、東部の宝伝海水浴場付近では、粗粒の角閃石黒雲母花崗岩の分布となる。筆者らは、花崗斑岩～角閃石黒雲母花崗岩に移化する宝伝海岸露頭をⅠ型花崗岩とⅡ型花崗岩の漸移帯と捉え、未固結な状態のⅡ型花崗岩にⅠ型花崗岩マグマが貫入した結果と考察した。

引用文献

濡木（1978）岡山県中南部に産する花崗岩類中のカリ長石の特徴,地質学雑誌,Vol.84.pp201-213
濡木輝一・浅見正雄・光野千春（1979）岡山県中・南部の花崗岩類,地質学論集,Vol.17.pp.35-46
能美洋介（2013）岡山理科大学『岡山学』研究会シリーズ岡山学11瀬戸内海を科学するPart1,pp24-46

Keywords: Hoden coast outcrop, Granite, Granite porphyry

Characteristics of granitoids from the Itoshima Peninsula, western part of Fukuoka Prefecture

*Yayoi MURAOKA¹

1. AIST

産業技術総合研究所地質調査総合センターでは、福岡県糸島半島と玄界島を区画に含む5万分の1地質図幅「前原及び玄界島」を調査・作成中である。「前原及び玄界島」地域には白亜紀花崗岩類が広く産し、糸島花崗閃緑岩、北崎トータル岩、志賀島花崗閃緑岩、深江花崗岩及び早良花崗岩の5岩体が分布する(久保ほか, 1993)。また、今回の調査で新たに立石山花崗岩(仮称)を区分した。図幅中の花崗岩類の分布域のほとんどは糸島花崗閃緑岩、北崎トータル岩、志賀島花崗閃緑岩の3岩体で占められているため、本発表では主にこの3岩体と立石山花崗岩(仮称)に注目する。

糸島花崗閃緑岩は図幅中に最も広く産する岩体である。その分布域は図幅範囲外にも広がり、北部九州白亜紀花崗岩類の中でも最大の面積を誇る。北崎トータル岩は糸島花崗閃緑岩の北側に、変成岩類を挟んで分布する。また、図幅範囲外の福岡県福津市周辺にも産する。志賀島花崗閃緑岩は糸島半島北端部と玄界島、図幅範囲外では志賀島などに産する。志賀島花崗閃緑岩は北崎トータル岩に貫入しており、累帯深成岩体を形成する(唐木田ほか, 1992)。立石山花崗岩(仮称)は糸島半島西端に位置する立石山周辺に産する。

糸島花崗閃緑岩、北崎トータル岩、志賀島花崗閃緑岩の岩石学的研究は唐木田(1985)や井沢ほか(1994)、矢田・大和田(2003)などで報告されている。また、各種年代データも河野・植田(1966)や唐木田ほか(1994)、Tiepolo et al.(2012)、Miyazaki et al.(2018)などで報告されている。しかしながら、図幅範囲外のサンプルを対象としたものやデータの精度が低いもの、北部九州に産する花崗岩類全体を対象としたデータ収集を目的としたものが多く、糸島半島を対象として詳細な分析・議論を行った報告は少ない。本発表では、糸島半島周辺に産する糸島花崗閃緑岩、北崎トータル岩、志賀島花崗閃緑岩、立石山花崗岩(仮称)についての記載岩石学的特徴、各種データを示す。

糸島花崗閃緑岩、北崎トータル岩、志賀島花崗閃緑岩は主に斜長石、石英、カリ長石、黒雲母、角閃石から構成される。糸島花崗閃緑岩と北崎トータル岩は肉眼では類似しているが、鏡下では糸島花崗閃緑岩の方がやや粗粒で、角閃石の自形性が比較的強い。志賀島花崗閃緑岩は前者2岩体と比較すると苦鉄質鉱物が細粒で、量も少ない。立石山花崗岩は4岩体中で最も優白質な岩相で、角閃石を含まない。SiO₂含有量は北崎トータル岩、糸島花崗閃緑岩、志賀島花崗閃緑岩、立石山花崗岩の順に増加する。特に主要元素において、4岩体はハーカー図で同一のトレンドを示す。

糸島花崗閃緑岩2試料、北崎トータル岩1試料についてはジルコンU-Pb・FT年代及び黒雲母K-Ar年代測定を行った。測定はそれぞれ京都フィッション・トラック及び蒜山地質年代学研究所に依頼した。測定の結果、糸島花崗閃緑岩からは106.1±0.9Ma, 105.0±1.4MaのジルコンU-Pb年代, 96.1±2.1Ma, 91.4±2.0Maの黒雲母K-Ar年代, 105.1±4.7Ma, 101.5±6.1MaのFT年代が得られ、北崎トータル岩からは111.5±1.3MaのジルコンU-Pb年代, 94.3±2.1Maの黒雲母K-Ar年代, 100.±6.0MaのFT年代が得られた。いずれのサンプルも黒雲母K-Ar年代が最も若い年代を示しており、各岩体の冷却史については今後慎重な考察が必要である。

【参考文献】

- ・久保ほか(1993) 20万分の1地質図幅「福岡」、地質調査所
- ・唐木田ほか(1992) 日本の地質9「九州地方」、共立出版 371p
- ・唐木田(1985) 日本応用地質学会支部会報, 6, 2-12
- ・井沢ほか(1994) 西南学院大学 児童教育論集, 20, 21-54
- ・矢田・大和田(2003) 地質学雑誌, 109, 9, 518-532
- ・河野・植田(1966) 岩石鉱物鉱床学会誌, 56, 191-211
- ・唐木田ほか(1994) 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 126p
- ・Tiepolo et al.(2012) Journal of petrology, 53, 6, 1255-1285
- ・Miyazaki et al.(2018) International geology review, 61, 649-674

Keywords: North Kyushu, Granitoids

Igneous activity of the Daito granodiorite in the Un-nan area, San' in zone, Southwest Japan

Masashi Noguchi¹, *Atsushi Kamei², Hiromi Suzuki³, Natsuko Kobayashi⁴

1. Oriental Consultants Co., Ltd., 2. Shimane University, 3. Noguchi Ophthalmology/Internal Medicine/Cardiovascular Medicine, 4. OYO Corporation Co., Ltd.

本研究では西南日本弧の山陰帯に産する大東花崗閃緑岩について、野外の産状、岩石記載、帯磁率測定、および全岩化学分析をもとにその火成活動を明らかにした。この岩体は、1) 苦鉄質包有岩を普遍的に含むこと、2) 自形性の強い普通角閃石もしくは黒雲母を含むこと、3) 磁鉄鉱が苦鉄質鉱物に多く伴われること、4) 高い帯磁率を有すること (5×10^{-3} SI単位以上) で特徴づけられる。岩相は中～粗粒普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩から中粒黒雲母花崗岩を示し、この変化は斜長石、普通角閃石、および黒雲母の分別結晶作用によって形成されている。本研究により大東花崗閃緑岩の地質図は大幅に改訂され、その結果として貫入時期は約57 Maと判明した。既存研究も含めて火成活動を考察すると、大東花崗閃緑岩は山陰バソリスの因美新期貫入岩類 (68～53 Ma) における暁新世の火成岩体に位置づけられる。

The Daito granodiorite is a large plutonic mass in the San'in Batholith, SW Japan. The aim of this study is to clarify the igneous activity on the basis of field and petrographical descriptions, magnetic susceptibility measurements, and whole-rocks chemical analysis. We confirmed that the granodiorite is characterized by 1) ubiquitous distribution of mafic magmatic enclaves, 2) euhedral hornblende and biotite crystals, 3) abundant magnetite associated with mafic minerals, and 4) high magnetic susceptibility (more than 5×10^{-3} SI unit). The lithology varies from medium to coarse-grained hornblende-biotite granodiorite to medium-grained biotite granite. These variations were formed mainly by the fractional crystallization of plagioclase, hornblende, and biotite. The geological map of the Daito granodiorite was significantly revised, and it drew out that the timing of the intrusion was about 57 Ma. Taking into account previous studies, the Daito granodiorite is an important representative of the Paleocene activity in the Younger Inbi intrusive group (68–53 Ma) of the San'in batholith.

Keywords: the Daito granodiorite, Paleocene, San' in zone, SW Japan

Homogenization experiments on zircon melt inclusions in plutonic rocks

*Satoshi Saito¹, Yuka TANIWAKI², Kazuya SHIMOOKA¹

1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ehime University

深成岩に含まれるジルコンメルト包有物の化学組成情報を得ることを目指した基礎研究として、ピストン-シリンダー型高温高压発生装置を用いたメルト包有物の均質化実験を行った。実験後の均質化したメルト包有物についてSEM-EDS分析を行い、得られた結果について検討した。

はじめに メルト包有物はマグマ溜まりで成長する鉱物中に周囲のメルトが取り込まれたものであり、メルトの化学組成や含水量といった情報を保持している。ジルコンに含まれるメルト包有物は、物理化学的に安定な鉱物であるジルコンがメルト包有物の変質を妨げるため、メルトの組成情報を復元するために適した研究対象である(Thomas et al., 2003 *Rev Mineral Geochem*)。一方で、深成岩中のメルト包有物はマグマ冷却過程での結晶化により不均質な多相包有物となっており、EPMAやICP-MSなどを用いた化学分析により直接メルト組成を得ることは困難である。そのため分析の前処理として、封圧下でのメルト包有物の均質化実験が有効である(Thomas et al., 2003 *Rev Mineral Geochem*)。そこで本研究では、深成岩中のジルコンメルト包有物の組成情報を得るための基礎研究として、その均質化実験を行った。

実験試料 本研究には、赤石山地北部に分布する中新世甲斐駒ヶ岳岩体から採取された花崗閃緑岩試料を使用した。この試料はSaito et al. (2012 *Contrib Mineral Petrol*)により報告された当岩体の試料のうち全岩SiO₂含有量の最も低いもの(SiO₂ = 67.9 wt%)であり、主成分鉱物として石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、普通角閃石を、副成分鉱物としてジルコン、燐灰石、磁鉄鉱、イルメナイト、褐簾石を含む。ジルコンは偏光顕微鏡観察から黒雲母に包有されるものや鉱物粒間に産するものが認められる。ジルコン内部には微細な燐灰石が含まれるほか、不定形の包有物が認められる。この不定形包有物は主として石英と長石類からなり(Fig. 1)、ジルコンの結晶成長中に取り込まれたメルトから結晶化したものと考えられる。なお、当岩体については、角閃石Al地質圧力計により2.4~2.2 kbarの固結圧力が見積もられている(Watanabe et al., 2020 *J Mineral Petrol Sci*)。

実験方法 分離・抽出したジルコン試料をNaClとともに白金カプセルに封入し、ピストン-シリンダー型高温高压発生装置を用いて0.3GPaで実験を行った。温度条件は全岩化学組成から求めたジルコン飽和温度(Watson and Harrison, 1983 *Earth Planet Sci Lett*)が776℃であることから、780℃を実験温度とした。ただし、実験はメルト包有物を十分に均質化させるために1000℃まで加熱して1時間保持し、その後780℃まで温度を下げ、24時間保持した。実験後に試料を急冷し、回収したジルコンを石英スタンダードとともにエポキシ樹脂でマウント後、鏡面研磨を行い、SEM-EDSで観察・分析を行った。

結果と考察 反射電子像観察および組成マップから、本実験によりジルコンメルト包有物が均質化したことが確認できる(Fig. 2)。EDS分析から、メルト包有物のSiO₂含有量は69~79 wt %の範囲を示し、SiO₂の増加に対して、Al₂O₃、CaO、Na₂O、K₂Oが減少する傾向が認められた。また、下司ほか(2017 火山)に従い、余剰酸素から含水量を推定したところ、およそ2~8 wt%程度の含水量が見積もられ、これらはSiO₂の増加に対して上昇する傾向が認められた。これらのことから、メルト包有物はマグマの固結過程で組成変化する粒間メルトが様々な段階でジルコンにより取り込まれたものと考えられる。さらに、メルト包有物のうち特に高いSiO₂含有量を持つものの組成を、圧力評価のためにノルムQ-Ab-Or図(Blundy and Cashman, 2001 *Contrib Mineral Petrol*)上に投影したところ、甲斐駒ヶ岳岩体の固結圧力として求められた2.2~2.4 kbarでの平衡圧力よりも有意にAb成分に乏しい領域にプロットされ、これらは0.5 kbar以下の平衡圧力を示す。一方で、余剰酸素から推定した含水量はおよそ6~8 wt%程度となり、この含水量は800℃の花崗岩質メルトの飽和圧力(Hortz et al.,

1995 *Am Mineral*)ではおよそ2.0～3.5 kbarに相当する。このような圧力評価の不一致については、微小領域の電子線照射によるNa損失(Fig. 2e)がメルト包有物のノルムAb成分の減少と余剰酸素の増加の要因となったことなどが考えられるが、これらの問題については今後の検討課題である。

Keywords: melt inclusion, zircon, plutonic rock

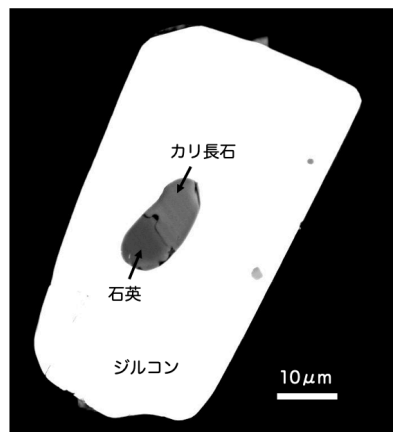


Fig. 1 実験前のジルコンの反射電子像。不定形の多相包有物（メルト包有物）が認められる。

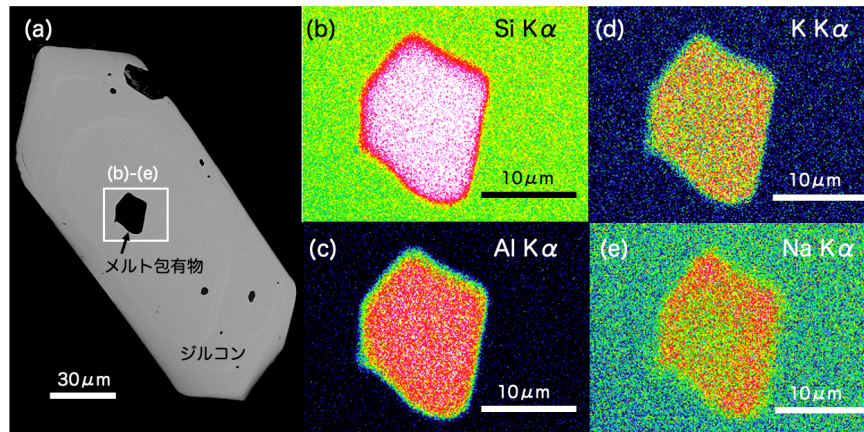


Fig. 2 実験後のジルコンの反射電子像(a)とメルト包有物の組成マップ(b, c, d, e)。均質なメルト包有物が認められる。定量分析後に作成したマップであり、分析領域のNa損失が認められる(e)。

Petrological characteristics of Pliocene to Pleistocene volcanic rocks in the Itoigawa area, eastern part of Niigata Prefecture, Japan

Takumi Takizawa², Naoki Takahashi¹, *Toshiro Takahashi¹

1. Niigata Univ., 2. Ogata J.H.S.

1. 研究背景

北部フォッサマグナ西縁にあたる新潟県糸魚川地域には、中新世以降に形成された堆積岩類および火山岩類から構成される地層が厚く累重している。特に糸魚川地域東部の早川流域から能生川流域には鮮新世以降に形成された地層が分布しているが、これまでこの地域の火山岩類の大部分は鮮新世のものと考えられてきた[1]。近年、層序の見直しと年代測定が行われ、火山岩類は鮮新世～更新世に形成されたことが明らかとなった[2, 3]。本研究では、これら火山岩類について地質調査を行い、岩石学的検討を行った。

2. 地質概説

本調査地域には下位より鮮新世の根知層、名立層、更新世の猿倉層、江星山層、梶屋敷層および高嶺層が累重する。根知層は主に塊状泥岩からなり、砂岩層や安山岩およびデイサイト質の火砕岩層を複数挟在する。また、根知層には複数の貫入岩がみられる。名立層は弱い層理がみられる泥岩からなる。猿倉層は玄武岩質安山岩～安山岩質の凝灰角礫岩からなり、下位層を不整合で覆う。江星山層はデイサイト質凝灰角礫岩からなる。梶屋敷層は円礫岩を主体とする鬼舞礫岩部層と安山岩質火砕岩からなる間脇火砕岩部層から構成される。高嶺層は安山岩質火山礫凝灰岩からなる。

3. 岩石記載

各層を構成する火山岩を斑晶鉱物組み合わせ等の記載岩石学的特徴から以下のように分類される。

根知層：両輝石安山岩、両輝石普通角閃石デイサイト

猿倉層：両輝石玄武岩質安山岩～安山岩

江星山層：石英含有両輝石普通角閃石デイサイト

梶屋敷層：石英含有両輝石普通角閃石安山岩

高嶺層：両輝石安山岩

貫入岩：カンラン石両輝石玄武岩、両輝石安山岩、石英含有普通角閃石デイサイト

各岩石には共通して斜長石斑晶がみられるが、特に江星山層と梶屋敷層および貫入岩の両輝石安山岩には顕著に汚濁帯が観察された。

4. 全岩化学組成

各層を構成する岩石は各酸化物変化図上で、やや散在するものの一つの一連の組成変化傾向を示す。SiO₂量は53.2–67.0wt.%の範囲で玄武岩質安山岩からデイサイトであり、SiO₂ vs K₂O図では全体として中間カリウム系列を示す（根知層と猿倉層の一部が高カリウム系列）。また、各層のK₂O量には若干の差があり、例えば根知層と梶屋敷層の安山岩は高カリウム系列寄りにプロットされるのに対して猿倉層の一部の安山岩と江星山層のデイサイトは低カリウム系列寄りにプロットされる。FeO*/MgO vs SiO₂図では全体としてカルクアルカリ系列の組成変化傾向を示す。各酸化物変化図で示される組成変化傾向の多くは斑晶鉱物（例えば輝石類や斜長石）の分別結晶作用で説明することが出来るが、例えば不適合元素であるNbはSiO₂の増加に対してほぼ一定であり明確な増加を示さない。

5. 考察とまとめ

全岩化学組成および記載岩石学的特徴から、本調査地域の火山岩類は玄武岩マグマからの分別結晶作用だけでなくマグマ混合を被ったマグマから形成された可能性が示唆される。

根知層にみられる貫入岩について、[3]では江星山層に対比しているが、それらの岩石学的特徴から江星山層だけではなく猿倉層に関連する貫入岩も存在することがわかった。

本調査地域南方に位置する第四紀妙高火山群[4]と全岩化学組成を比較すると、本調査地域の火山岩類全体の組成変化傾向はそれと類似した特徴を示し、微量元素組成のN-MORB規格化図ではそれぞれのパターンの特徴はよく一致している。以上のことから、本調査地域周辺では鮮新世以降に類似した火成活動が断続的に繰り返し

発生していたと考えられる。

引用文献

- [1] 藤本ほか（1951）地学，3，23-30.
- [2] 大場（2009）日本鉱物科学学会年会講演要旨集 75.
- [3] 古川・長森（2018）地質調査研究報告，96，115-124.
- [4] 早津（2009）妙高火山群-多世代火山のライフヒストリー，424p

Keywords: Volcanic rocks, Pliocene, Pleistocene, Petrology, Fossa magna

(entry) Petrography of High-magnesian andesite and Bronzite andesite in Choshi area, Japan

*Akitaka Shibano¹, Toshiro Takahashi¹, Jun'ichi Ohki², Naoya Iwamoto³

1. Niigata University, 2. Natural History Museum and Institute, Chiba, 3. Choshi Geopark Promotion Council

はじめに

千葉県銚子地域は、前期中新世に前弧域で噴出した高マグネシア安山岩（HMA）が分布する。銚子HMAの成因は、前期中新世の日本海拡大に先駆ける高温のアセノスフェリックマンツルの注入による沈み込むスラブの部分融解に関連すると考えられている[1]。しかし、鉱物化学組成を含めた詳細な岩石記載はなされておらず、マグマ組成進化過程は明らかになっていない。よって、本研究では銚子HMAのマグマ組成進化過程を明らかにすることを目的として、地質調査および記載岩石学的・岩石学的研究手法による調査を行った。本発表では、銚子HMAの記載岩石学的・岩石学的特徴を示し、3タイプに区分された銚子HMAの岩石学的な成因関係について考察を行う。

地質学的背景と産状

本地域はジュラ系愛宕山層群を基盤岩として、下位より白亜系銚子層群、中新統千人塚層、夫婦ヶ鼻層、さらに鮮新統以降が累重する[2]。本研究では千人塚層を構成する火山岩類を対象とした。千人塚層は岩礁として3ヶ所に限定的に露出し、黒生地域および長崎鼻地域には玄武岩質安山岩質溶岩、千人塚地域には安山岩質の溶岩および岩脈とデイサイト質の溶岩および火山角礫岩が分布する。

岩石記載・鉱物化学組成・全岩化学組成

千人塚層火山岩類は記載岩石学的特徴と全岩化学組成に基づき、以下の3タイプに区分される。

1. 単斜輝石カンラン石玄武岩質安山岩（HMA）

斑晶鉱物として、カンラン石（8-12vol%）、単斜輝石（<1vol%）、極稀に直方輝石が含まれ、クロムスピネルが微斑晶およびカンラン石包有物として見られる。また、主として石英からなる捕獲結晶が見られる。カンラン石斑晶のコアはFo%=84-88、リムはFo%=72-80を示す。単斜輝石斑晶のコアはMg#=81-85を示す。

本タイプはSiO₂=55.2-56.8wt%の玄武岩質安山岩質であり

Mg#=63-67, Cr=255-411ppm, Ni=161-294ppmを示し、HMAに分類される。Fe-Mg交換平衡[3]より、カンラン石はHMAのメルト（全岩化学組成を近似）と平衡関係にあると推定されるが、単斜輝石はメルトと非平衡だと推定され[4]、より遅期の晶出を示すと考えられる。

2. 直方輝石安山岩

斑晶鉱物として、直方輝石（7-8vol%）のみ含まれる。直方輝石斑晶のコアは古銅輝石の組成を示し、Mg#=82-88の組成範囲を示す。本タイプはSiO₂=60.3-61.7wt%を示し、1サンプルを除きMg#=60-61, Cr=140-161ppmを示し、直方輝石はメルトと平衡にあったと推定される[5]。

3. 直方輝石デイサイト

斑晶鉱物として、直方輝石（6-8vol%）と極稀に斜長石が含まれる。直方輝石斑晶は古銅輝石組成を示し、コアはMg#=84-89、リムはMg#=75-82を示す。斜長石斑晶はOscillatory状の正累帯構造を示し、コアはAn%=80-92を示す。

直方輝石デイサイトはSiO₂=65.3-67.8wt%を示し、Mg#=34-63, Cr=120-147を示す。これは直方輝石安山岩と同程度の含有量である。また、直方輝石はメルトと平衡にあったと推定される[5]。

マグマ組成進化過程

HMAと直方輝石デイサイトの全岩化学組成は、SiO₂量の増加に伴いMgO, Cr, Ni量が減少傾向を示す。また、斑晶鉱物の化学組成と記載岩石学的に非平衡な特徴が見られないことから、この組成変化は分別結晶作用の影響が示唆される。マスバランス計算とレイリー分別モデルを試行した結果、HMAの化学組成変化はカンラン石を分別することで説明できる。同様に、直方輝石デイサイトの化学組成変化は直方輝石を分別することで説明できる。

各タイプの岩石は高い全岩Mg#を示し、タイプ間における類縁関係が示唆される。しかし、HMAからカンラン

石や単斜輝石を分別しても、直方輝石安山岩を形成することはできない。また、直方輝石安山岩から直方輝石を分別したとしても、より高い全岩Mg#を持つ直方輝石デイサイトを形成することはできないだろう。以上のことから、各タイプ間には分別結晶作用による成因関係はないと考えられ、より詳細な岩石学的・地球化学的検討が必要である。

引用文献

- [1]Hanyu et al., 2006, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **7**, Q08002.
- [2]高橋ほか, 2003, 地雑, **109**, 6, 345-360.
- [3]Roeder and Emslie, 1970, *Contrib. Mineral. Petrol*, **29**, 275-289.
- [4]Topliss and Carroll, 1995, *J. Petrol.*, **36**, 1311-1326.
- [5]Rhodes et al., 1979, *Tectonophys*, **55**, 35-62.

Keywords: HMA, Bronzite dacite, Bronzite andesite, Primary andesite, Choshi

[3poster10-14] R2 [Regular Session] Petrology, mineralogy and economic geology

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

- [R2-P-7] Mode of occurrence and chemical compositions of end-member kosmochlor from the Yamanobo outcrop in the Renge belt, central Japan
 *Akira Takasu¹, Yasumitsu Suzuki², Yoshiya Ohki³, Takahiko Ogawara⁴, Shizue Seto (Sakamoto)
 (1. Shimane University, 2. Masutomi Museum of Geoscience, 3. Nippon Chigaku Kenkyu-kai, 4. Fossa Magna Museum)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R2-P-8] Petrology and intrusion age of alkali basalt dikes from the Toon City, Ehime Prefecture
 Rika Shimada¹, *Shunsuke Endo¹ (1. Shimane University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R2-P-9] Multiphase “former supercritical” fluid inclusion originated from the high-temperature pre-Sanbagawa metamorphism
 *Kenta Yoshida¹, Atsushi Okamoto², Yasuhiro Niwa³, Masao Kimura³, Ryosuke Oyanagi⁴, Hikaru Sawada¹, Sota Niki⁵, Kazuki Yoshida² (1. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology, 2. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 3. Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 4. Kokushikan University, 5. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R2-P-10] (entry) Protolith of metamorphosed mafic rocks in Kanzaki area, Saga prefecture, north Kyushu, Southwest Japan.
 *Yusaku Tanaka¹, Masaaki Owada¹ (1. Yamaguchi University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R2-P-11] Kinetics of net-transfer reactions involving solid solutions
 *Tatsu Kuwatani¹, Mitsuhiro Toriumi¹ (1. JAMSTEC)
 4:00 PM - 6:30 PM

Mode of occurrence and chemical compositions of end-member kosmochlor from the Yamanobo outcrop in the Renge belt, central Japan

*Akira Takasu¹, Yasumitsu Suzuki², Yoshiya Ohki³, Takahiko Ogawara⁴, Shizue Seto (Sakamoto)

1. Shimane University, 2. Masutomi Museum of Geoscience, 3. Nippon Chigaku Kenkyu-kai, 4. Fossa Magna Museum

コスモクロアは $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ の単斜輝石で、メキシコに落下したトルカ鉄隕石からはじめて記載された (Laspeyers, 1897). 地球上の岩石からのコスモクロアは、まず、ミャンマーのヒスイ産出地域より記載され (Harlow and Olds, 1983), さらにロシアのサヤン・オフィオライト (Dobretsov and Tatarinov, 1983), イタリア西アルプス (Harlow and Olds, 1987) から発見された. Sakamoto and Takasu (1996) は岡山県大佐山の蓮華帯超塩基性岩中のトレモラ閃石岩ブロックよりコスモクロアを記載した. これが日本で最初、世界では4番目のコスモクロアの発見となった. その後、蓮華帯 (飛騨外縁帯) の青海川及び姫川の河床礫よりコスモクロアが相次いで発見された (阪本・高須, 1997; Takasu and Sakamoto, 1998). 姫川流域の根知で廣川和雄氏により採取されたNa角閃石岩の河床礫は、その中に球顆状にコスモクロアの集合体が形成されている. 球顆の中心部においてコスモクロア成分が高い傾向が認められ、Koは最大96 mol%で、当時としては最も端成分に近い化学組成であった. 球顆の中心部にはクロム鉄鉱が存在することがあり、コスモクロアの形成に超塩基性岩 (蛇紋岩) の関与が考えられた.

鈴木・大木 (2019) は新潟県糸魚川市山之坊の飛騨外縁帯の蛇紋岩分布地域の露頭からコスモクロアを発見した. この露頭では、蛇紋岩中に径数10 mのNa角閃石岩が見られ、蛇紋岩と角閃石岩の境界には幅数mの曹長岩が存在する. Na角閃石岩を構成する角閃石は大部分はeckermanniteで、その他glaucophane, magnesio-arfvedsonite, richterite, magnesio-kataphoriteが認められる. 主にNa角閃石からなる細粒基質中にtremolite, actinolite, magnesio-hornblendeの比較的粗粒の角閃石結晶が存在する (鈴木・大木, 2019; 小河原・植田, 2020; 本研究). コスモクロアはNa角閃石岩中にレンズ状あるいはschlieren様に産する.

山之坊露頭のコスモクロアは、Takasu and Sakamoto (1998)によって記載された根知のコスモクロア同様、Na角閃石岩中に球顆状の集合体として産することが多い. 球顆の中心部にはクロム鉄鉱が認められる場合があり (小河原・植田, 2020), その中心部から外側に向かって柱状のコスモクロアが放射状に配列する. Koは球顆の中心部から縁に向かって減少する傾向が見られ、最大Koは98 mol%に達する. これは、これまで報告されたコスモクロアの中で最も端成分に近い組成をである (鈴木・大木, 2019; 小河原・植田, 2020; 本研究). 本講演要旨投稿時までの球顆を構成する単斜輝石の予察的な分析結果は、コスモクロア ($\text{Ko}_{98}\text{Jd}_0\text{Ae}_1\text{Q}_1$) からひすい輝石 ($\text{Ko}_{31}\text{Jd}_{60}\text{Ae}_1\text{Q}_8$) の広い組成範囲を示す. 球顆の単斜輝石の化学組成がKo-Jd間の固溶体関係を示すことは、根知のコスモクロアと同様の傾向である. コスモクロア球顆近傍の角閃石は淡緑色を呈し、最大12 wt%の Cr_2O_3 (O: 23, C:=1.34 apfu) を含有する.

山之坊露頭のコスモクロアの記載岩石学的産状と化学組成の特徴は、根知のNa角閃石岩中のコスモクロアとの著しい類似性を示す. 山之坊露頭は根知のコスモクロアを含むNa角閃石岩礫の原産地のひとつと考えられる. 山之坊及び根知のコスモクロアを伴うNa角閃石岩中の角閃石 (eckermannite, glaucophane, nyböite) の一部には相当量のCrが含まれており、新鉱物としての認定も考えられる. 端成分組成コスモクロアと合わせ、今後、鉱物学的、結晶学的研究の進展が期待される.

本講演で紹介する山之坊露頭は2020年に糸魚川市の天然記念物に指定され、監視カメラや柵が設置され保護保全がなされている.

文献

Dobretsov・Tatarinov (1983) Nauka Press, 122 pp.

Harlow・Olds (1983, 1987) EOS, 64: 353; Am Min, 72: 126-136.

Laspeyers (1897) Kristallograp Minneral, 27: 586-600.

小河原・植田（2020）鉱物科学会2020要旨.

Sakamoto・Takasu (1996) J Geol Soc. Jap, 102: 49-52.

阪本・高須（1997）地質学雑, 103: 1093-1096.

鈴木・大木（2019）地学研究, 65: 185-187.

Takasu・Sakamoto (1998) Earth Sci, 52: 341-344.

Keywords: jadeite, serpentinite, albitite, eckermannite, Hida Marginal Belt

Petrology and intrusion age of alkali basalt dikes from the Toon City, Ehime Prefecture

Rika Shimada¹, *Shunsuke Endo¹

1. Shimane University

はじめに 約18 Maの西南日本前弧のアルカリ玄武岩岩脈が愛媛県新宮（Uto et al. 1987）と種子島（小笠原 1997）に産し、新宮の単斜輝石捕獲結晶からはダイヤモンドが報告されている（Mizukami et al. 2008）。深部で発生するアルカリ玄武岩マグマが前弧地殻に貫入する状況は、日本海拡大期のテクトニクスを考える際に重要である。新宮の西方約60 km、愛媛県東温市のMTL桜樹屈曲部の三波川変成岩に、単斜輝石とかんらん石の大型斑晶に富むアンカラマイト様岩脈が貫入しており、この岩脈の記載岩石学的特徴と年代を報告する。

岩脈の産状 東温市落出に東西走向・高角傾斜、幅1 m以下の岩脈を3地点で確認した。これらの岩脈に記載岩石学上の差異はない。岩脈は細粒周縁相をもち、中央部は、単斜輝石（緑色、褐色）、かんらん石、石英の大型斑晶（1.5 cm以下）を多量に含む。篩状組織をもつ斜長石斑晶も少量含まれる。また捕獲岩として斑れい岩やホルンフェルス化した珪質岩がみられるが、新宮の岩脈と異なり、かんらん岩は確認していない。

岩石記載 石基は完晶質で、長石、単斜輝石、黒雲母、シリカ鉱物、チタン磁鉄鉱、炭酸塩からなる。長石は長さ1 mm以下の短冊形で顕著な累帯を示し、コアは斜長石（ $An_{76}Ab_{23}Or_1 \sim An_{44}Ab_{49}Or_7$ ）、マントルはアノーソクレス（ $Ab_{67-70}Or_{15-19}An_{13-15}$ ）、リムはサニディン（ $Or_{51-62}Ab_{35-44}An_{3-5}$ ）である。シリカ鉱物は充填状に存在する。石基全体の化学組成は、粗面玄武岩～玄武岩質粗面安山岩に相当する。大型斑晶に関して、単斜輝石やかんらん石は結晶ごとに異なる化学組成や累帯構造をもち、一部結晶化したメルト包有物（角閃石、黒雲母、炭酸塩、ガラスなどからなる）を含む。緑色単斜輝石は高Mg#でCrに富む（Mg# 0.88-0.90, $Cr_2O_3 < 1.6$ wt%）。褐色単斜輝石は低Mg#でTiに富む。すべての単斜輝石大型斑晶は、石基の単斜輝石と同様な組成の薄いリムをもつ。Mgに富むかんらん石は大型自形で、クロムスピネル（Cr# = 0.65-0.72）を包有し、コア（Mg# 0.89, NiO = 0.26 wt%）からリムに向かってMg#とNiOが減少する。一方、褐色単斜輝石と複合結晶をなすかんらん石は比較的Feに富み（コアはMg# 0.80, NiO = 0.07 wt%）、逆累帯を示す。両タイプのかんらん石はリム組成が一致する。石英斑晶は高温型石英の形態を示し、炭酸塩の反応縁をもつ。捕獲岩としてみられる斑れい岩はTiに富む褐色単斜輝石、斜長石（ An_{87} ）、かんらん石仮像からなる。斑れい岩の鉱物化学組成は大型斑晶として見られる褐色単斜輝石・篩状斜長石と同様である。

年代 石基の長石のK-Ar年代として 15.70 ± 0.45 Maが得られた（蒜山地質年代学研究所に依頼）。年代測定には、ある程度均質な化学組成の長石粒子を集めるため、重液により比重2.60-2.64未満の長石粒子を除去している。

議論 大型斑晶の、結晶ごとの化学組成のばらつきとリムでの収束は、これらが捕獲結晶であることを意味する。一方、石基の化学組成や炭酸塩の存在から、ホストマグマはアルカリ岩質で CO_2 に富んでいたと考えられる。その活動年代は 15.70 ± 0.45 Maで新宮の岩脈より若く、フィリピン海プレートの沈み込みに関係する瀬戸内火山活動の直前である。四国海盆のスラブウィンドウが上昇経路となった可能性が考えられる。

捕獲結晶のうち、大量に存在する緑色単斜輝石、Mgに富む大型かんらん石、高Cr#のスピネルは、地殻マントル遷移帯の非アルカリ玄武岩マグマからの集積岩に由来すると考えられる。一方、褐色単斜輝石、篩状斜長石、Feに富むかんらん石の斑晶の少なくとも一部は斑れい岩捕獲岩と同源の捕獲結晶とみなせる。斑れい岩や褐色単斜輝石などの捕獲結晶は先行するアルカリ玄武岩マグマから結晶化したと考えられ、新宮と同時期のマグマ活動かもしれない。四国山地の三波川変成岩および四万十付加体の下に斑れい岩下部地殻やかんらん石単斜輝石集積岩層が存在することは地震波探査から示唆されていることと整合的である。

引用文献 Mizukami et al. (2008) *Geology*, 36, 219-222. 小笠原 (1997) *岩鉱*, 92, 454-464. Uto et al. (1987) *Geochemical Journal*, 21, 283-290.

Keywords: Miocene, Alkali basalt, Shikoku

Multiphase “former supercritical” fluid inclusion originated from the high-temperature pre-Sanbagawa metamorphism

*Kenta Yoshida¹, Atsushi Okamoto², Yasuhiro Niwa³, Masao Kimura³, Ryosuke Oyanagi⁴, Hikaru Sawada¹, Sota Niki⁵, Kazuki Yoshida²

1. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology, 2. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 3. Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 4. Kokushikan University, 5. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo

含水ケイ酸塩メルト (hydrous silicate melt) と水流体 (aqueous fluid) の不混和領域が消失する第二臨界終端点 (SCEP) よりも高温高压で存在する、いわゆる超臨界流体は、高い元素運搬能力を持っていることから沈み込み帯での物質移送媒体として注目されている[1]。SCEPはケイ酸塩メルトの組成、すなわち共存する岩石の組成によって温度圧力が変わり、高マグネシウム安山岩や堆積岩と水流体の共存下では700-800°C、2.5-3GPaの温度圧力条件が実験的に見積もられている[2]。天然試料からの超臨界流体の記載は、超高压変成岩中に見られる多相固体包有物研究があり[3]、ケイ酸塩成分に富む超臨界流体が減圧減温の過程で含水鉱物を含む固相の組み合わせに変化している。

本研究では、四国中央部の三波川変成帯エクロジイト岩体から見出された先三波川変成作用の高温場 (>1000°C) の情報[4]を記録するチタン石中に、石英と共に包有される流体包有物を見出した。この流体包有物は、5μm程度の大きさで、チタン石中に石英の単相包有物と共に胚胎されており、石英単相包有物 (Q型) と石英-流体包有物 (QA型) は組織的に捕獲時期を区別することは出来ない。

QA型包有物に含まれる流体はラマン分光により比較的塩濃度の高い (10mass%NaCl換算程度) 水流体である事がわかったが、マイクロサーモメトリーによる成分・濃度決定はその小ささ故に出来なかった。また、ラマン分光では水以外の流体成分は検出されなかった。流体包有物の詳細な形態記載には、包有物を周囲の母相鉱物ごと集束イオンビーム (FIB) で切り出し、X線CTによる三次元観察を行うことが有効である[5]。本研究ではJAMSTEC横須賀本部設置のFIBでQA型包有物を円柱状に切り出し、高エネルギー加速器研究機構のビームラインAR-NW2Aを用いてX線CT撮影[6,7]を行った。

包有物のCT観察の結果、QA型包有物中の石英は、土台となる石英部分の上に新たに成長してファセットを呈しているように見える突起部を2箇所有することがわかった。

この突起部に関して、CT観察を行った試料を再度FIBで加工し、突起部を含む断面を露出させてカソードルミネッセンス (CL) 観察を行った。結果、石英の土台部は明るく、突起部は相対的に暗いCL発光を呈することが分かった。またCLスペクトル観察では、土台部・突起部共に650nm近傍のピークが卓越するものの、突起部では490nm近傍の小さなピークが見られる事が分かった。これらCL発光の違いは、土台部と突起部が異なる条件下で晶出したことを強く示す。

以上の観察からQ型包有物とQA型包有物がチタン石中に共存する産状は以下の形成過程で説明出来る。共存する石英と流体がチタン石の成長に伴い、あるものは石英のみの形 (Q) で、あるものは石英と流体と一緒に (QA) 捕獲される。その後、QA包有物中では流体中に溶けていたSiO₂成分が晶出し、共存していた石英の上に成長して新たな結晶を作った。QA型包有物中の石英突起部と流体部の体積比をCT像から読み取り、水流体の密度を適当に仮定して流体の元の組成を推定すると重量比でSiO₂を35~45%程度含む水流体となった。本研究で用いたチタン石が>1000°C、約2.5GPaで形成されている[4]ことを踏まえると、水流体中に約40%のSiO₂が含まれることは実験や熱力学的に予想されるSiO₂-H₂O系の臨界終端点[8]とも整合的である。

本研究はKEK課題番号2019G569の成果を一部用いている。

[1] Ni, H. et al. (2017) Earth-Science Review, 167, 62-71. [2] Kawamoto, T. et al. (2012) PNAS, 109, 18695-18700. [3] Ferrando, S. Chem.Geol., 223, 68-81. [4] Yoshida, K. et al. (2021) JpGU2021, SMP25-P17. [5] Yoshida, K. et al. (2016) Eur.J.Min. 25, 245-256. [6] Kimura, M. et al. (2019) Sci.Rep. 9, 19300. [7] Niwa, Y. et al. (2019) AIP Conf. Proc. 2054, 050003. [8] Hunt & Manning (2012) GCA, 86,

196-213.

Keywords: pre-Sanbagawa metamorphism, micro X-ray CT, focused ion beam, fluid inclusion, supercritical fluid

(entry) Protolith of metamorphosed mafic rocks in Kanzaki area, Saga prefecture, north Kyushu, Southwest Japan.

*Yusaku Tanaka¹, Masaaki Owada¹

1. Yamaguchi University

北部九州には白亜紀に活動した花崗岩類の分布域に変成岩類が点在している。これら変成岩類について、唐木田(1969)は高压低温型変成作用を受けた後、白亜紀花崗岩類による接触変成作用を受けた複変成岩であるとした。一方、小山内ほか(1997)は、雷山地域の変成岩類が変成組織と鉱物組み合わせから接触変成作用を受ける前に低压高温型の広域変成作用を被ったとした。その後、低压高温型変成作用を受けた変成岩類が北部九州から多数報告されてきた。また、Adachi et al. (2012) は浮嶽地域に分布する泥質グラニュライトから120-100Maのモナズ石Th-U-Pb化学年代と105±2MaのLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代を報告した。天山地域の東方延長に位置する神埼地域にも変成岩類が分布する。

このように北部九州に点在する変成岩類については、変成作用の特徴や変成年代についてのデータは増えつつあるが、原岩の化学的特徴やそれに基づいた形成場については未解決な問題である。こうした課題を解決することで、東アジア東縁における白亜紀以前のテクトニックセッティングはより明確なことが期待される。そこで本発表では神埼地域に分布する角閃岩類を対象に野外での産状、鏡下観察の結果、および全岩化学組成のデータをもとに原岩について議論する。

神埼地域に産する角閃岩類は、一般に東西系の走向で、南北に50～80度傾斜している。変成岩類は主に角閃岩で岩相の違いから角閃岩IとIIに区分される。角閃岩Iは細粒な鉱物の定向配列が顕著で、石灰珪質岩の薄層を伴う。一方、角閃岩IIは角閃岩Iに比べて粗粒で、石灰珪質岩をほとんど伴わない。また、角閃岩Iはしばしば珪質片岩を伴い、角閃岩IIは集積岩起源の蛇紋岩を伴う。角閃岩Iは顕著なネマトプラスティック組織を示し、主にホルンブレンドと斜長石から構成され、少量の石英を含む。ホルンブレンドは顕著な累帯構造を示し、コアで淡緑色、マントルで緑褐色、そしてリムでまた淡緑色へと変化する。石灰珪質部には、それらの鉱物に加えて単斜輝石や緑簾石、そしてカルサイトが共存する。副成分鉱物としてイルメナイトとチタン石そしてアパタイトを含む。角閃岩IIは角閃岩Iに比べて粗粒で、鉱物の配列が弱い。主にホルンブレンドと斜長石から構成され、少量の黒雲母とカリ長石そして石英を含む。ホルンブレンドの累帯構造はほとんど認められない。カリ長石はアンチパーサイト状に産する。ホルンブレンドは、しばしば斜長石や石英をポイキリティックに包有する。副成分鉱物としてイルメナイトとチタン石、そしてアパタイトを含む。角閃岩IとIIの関係は不明だが、細粒で石灰珪質岩の薄層を伴う角閃岩Iは表層岩で、粗粒でしばしばポイキリティック組織を示す角閃岩IIは貫入岩起源と考えられる。

角閃岩I 15試料と角閃岩II 15試料を蛍光X線分析装置で全岩化学組成を分析した。角閃岩Iはソレライト質玄武岩、角閃岩IIはソレライト質玄武岩～玄武岩質安山岩の組成を示す。測定した試料から集積作用の効果を除き比較的未分化な組成を選定し、HFS元素による各種地球化学的判別図を使って原岩の化学的特徴を検討した。その結果、角閃岩I、IIは主に中央海嶺玄武岩(MORB)組成で、一部火山弧玄武岩組成に類似した特徴を示す。

以上の組成的特徴や構成岩石を考慮すると、角閃岩I、IIはMORBを形成する環境で形成された玄武岩質マグマに由来し、白亜紀以前のオフィオライトを構成していた可能性が高い。

【引用文献】

Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N., and Owada, M. (2012) LA-ICP-MS U-Pb zircon and FE-EPMA U-Th-Pb monazite dating of pelitic granulites from the Mt. Ukidake area, Sefuri Mountains, northern Kyusyu.

Journal of the Geological Society of Japan, **118**, 39-52.

唐木田芳文・山本博達・宮地貞憲・大島恒彦・井上保(1969)九州の点在変成岩類の特徴と構造地質学的位置。地質学論集, **4**, 3-21.

小山内康人・濱本拓志・大和田正明・亀井淳志・加々美寛雄・吉原靖(1997)肥後変成帯の帰属はなにか?—東アジアの広域変成岩との関連性について—。九州テクトニクスワーキンググループ研究連絡誌, **11**, 11-18.

Keywords: Kanzaki area, metamorphosed mafic rocks, MORB, Ophiolite

Kinetics of net-transfer reactions involving solid solutions

*Tatsu Kuwatani¹, Mitsuhiro Toriumi¹

1. JAMSTEC

反応速度論は、多様な岩石組織の形成を考えるうえで重要である。本研究では、粒間流体を介在した鉱物の溶解析出反応に関する単純な速度論モデルを構築することで、反応メカニズムや反応組織を支配する物理化学的パラメータを理解することを目的とする。具体的には、化学的不均質としての組織形成を生み出す鉱物溶解析出反応の本質を考える最低限の要素として、2種の化学成分の粒間流体中の拡散、および、固溶体を生成する表面反応をモデル化することにより、システムを支配する無次元パラメータを導出し、無次元パラメータの変化に伴うシステムの挙動を明らかにした(Kuwatani and Toriumi, 2020 Earth, Planets and Space)。本講演では、構築した反応速度論モデルの概略を説明し、地殻流体の存在が反応に与える影響を議論するとともに、さらなる拡張モデルによって、コロナや反応帯などの多様な反応組織の形成メカニズムが可能であることを示す予定である。

Keywords: Kinetics, Rock texture, Fluid-rock interaction

[3poster15-23] R4 [Regular Session] Metamorphic rocks and tectonics

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R4-P-10] (entry) Petrogenesis of lawsonite-bearing calcsilicate schist from the Sanbagawa belt in the Namekawa area, Ehime Prefecture, Japan*Nachi Kurihara¹, Shunsuke Endo¹ (1. Shimane University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-11] (entry) Geological structure of the Sanbagawa metamorphic rocks in the Sakuragi bend of the Median Tectonic Line*Umito Saki¹, Shunsuke Endo¹ (1. Shimane University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-12] Zircon U– Pb ages of pelitic gneiss and granite from a small outcrop in Kashinomure area in the north of Aso caldera, central Kyushu*Ippei Kitano^{1,2}, Yasuhito Osanai², Keigo Kitamura², Nobuhiko Nakano² (1. Tochigi Prefectural Museum, 2. Kyushu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-13] U-Pb zircon age of Grt-Bt gneiss in Akebono Rock, Prince Olav Coast, East Antarctica*Sotaro Baba¹, Kenji Horie², Tomokazu Hokada², Mami Takehara², Atsushi Kamei³, Ippei Kitano⁴, Yoichi Motoyoshi² (1. University of the Ryukyus, 2. National Institute of Polar Research, 3. Shimane University, 4. Tochigi Prefectural Museum)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-14] Decompressional texture in pelitic metamorphic rock from Tenmondai Rock, Lü tzow– Holm Complex, East Antarctica*Toshiaki Shimura¹, Yuki Harada^{1,2}, Geoffrey Fraser³, Noriyoshi Tsuchiya⁴ (1. Yamaguchi University, 2. i-SHOT Inc., 3. Geoscience Australia, 4. Tohoku University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-15] An attempt to estimate pressure-temperature of Akarui Point, Lü tzow– Holm Complex, East Antarctica*Takeshi Ikeda¹, Hayato Yodoya^{1,2} (1. Kyushu University, 2. Nittetsu Mining Co., Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-16] Two-stage fluid infiltration during retrograde metamorphism: an example from Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica*Fumiko Higashino¹, Tetsuo Kawakami¹, Tatsuro Adachi², Masaoki Uno³ (1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-17] Gap of the metamorphic condition recognized at Menipa area, Sør Rondane Mountains, East Antarctica.*Tatsuro ADACHI¹, Tetsuo KAWAKAMI², Fumiko HIGASHINO², Masaoki UNO³ (1. Kyushu University, 2. Kyoto University, 3. Tohoku University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R4-P-18] The thermal structure and brittle-ductile transition depth in the Japanese islands*Masahiro Ishikawa¹ (1. Yokohama National University)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Petrogenesis of lawsonite-bearing calcsilicate schist from the Sanbagawa belt in the Namekawa area, Ehime Prefecture, Japan

*Nachi Kurihara¹, Shunsuke Endo¹

1. Shimane University

はじめに 沈み込み帯の水循環において、堆積物・変質玄武岩質海洋地殻・マントル物質の主要岩石組成のほかに、沈み込み境界での交代作用の役割が重要視されている。例えば、沈み込み帯浅部での玄武岩の濁沸石交代作用 (Endo and Wallis, 2017) や、沈み込み帯深部の泥質片岩のローソン石交代作用 (Vitale Brovarone and Beyssac, 2014) により形成されるCASH系の高含水量交代岩とその脱水分解は、沈み込み境界の吸水・脱水挙動を大きく変化させうる。今回、愛媛県滑川地域の三波川変成岩の地質調査により岩相層序・地質構造・変成分帯を明らかにした。その過程で、見出した新しいタイプの交代岩である石灰珪質片岩について詳しく報告する。

地質背景 愛媛県滑川地域は、MTL桜樹屈曲部の三波川変成岩の分布域である。滑川左岸の標高702 mの山頂周囲2 km四方のマッピングを行った。岩相境界はほぼ水平、片理は低角で地質構造は東西軸のゆるいシンフォームが存在する。標高差350 mの岩相層序は構造的低位から泥質片岩層（無点紋）、苦鉄質片岩卓越層（無点紋）、珪質・苦鉄質・泥質片岩層（点紋あり）に区分される。泥質片岩の鉱物組合せから、低位の無点紋帯は緑泥石帯、上位の点紋帯はざくろ石帯に相当する。緑泥石帯とざくろ石帯の境界がアイソグラッドであるか構造境界であるかは現時点で判断できない。ざくろ石帯には、蛇紋岩ブロックが含まれる。蛇紋岩はクロムスピネル ($Cr\# = 0.61-0.92$) を含み、変成鉱物組合せは、アンチゴライト+ブルーサイトで、かんらん石を含まない。

石灰珪質片岩の記載 石灰珪質片岩は、緑泥石帯の厚い苦鉄質片岩層に挟まれて産する（タイプ1）。また、この苦鉄質片岩層と泥質片岩の岩相境界においても形成されている（タイプ2）。タイプ1は方解石に富む一方で、タイプ2は方解石に乏しく炭質物を含む。両タイプの石灰珪質片岩は、残留鉱物として褐色のクロムスピネル ($Cr\# = 0.36-0.43$) を含み、その周囲にCrに富む緑色のフェンジャイトやパンペリー石 (Cr_2O_3 は最高15.5 wt%) が形成されている。タイプ1は、端成分に近いゾイサイト、緑れん石、方解石、石英を主要構成鉱物とし、少量のフェンジャイト、カリ長石、緑泥石を含む。方解石やゾイサイト斑状変晶中に、初期ステージの鉱物としてローソン石やAlに富むパンペリー石が包有される。

考察 滑川地域は四国中央部の汗見川・白髪山地域と同様に、スラブと前弧地殻-マントル境界の三重会合点付近がよく保存された地域といえる。蛇紋岩は四国中央部のように変成かんらん石がみられないことから、前弧マントル先端部が保存されていると考えられる。このような形成場は、滑川地域が現世の西南日本の深部スロー地震発生域の地質学的描像を考察するうえで重要なフィールドであることを意味する。西南日本の深部低周波微動発生域においてローソン石の脱水分解を重要視する考えがある (Fagereng and Diener, 2011)。しかし三波川帯の緑泥石帯では、一般に苦鉄質片岩にはローソン石はみられず、泥質片岩ではローソン石は微量であるため、基本的な堆積物・変質玄武岩質海洋地殻の岩石組成を考える限り、ローソン石の脱水分解は重要でない。一方、今回発見した石灰珪質片岩は、珪酸塩ではゾイサイトと緑れん石が主要構成鉱物であるが、ローソン石のレリックが見いだされたことからプログレード初期にはローソン石が主体であったことを示す。また石灰珪質片岩は、苦鉄質片岩に伴われることと、低Cr#のクロムスピネルを含むことから、苦鉄質片岩 (MORB起源) を原岩とする交代岩である。タイプ2の産状と炭質物を含むことから、泥質片岩側からC-H-O流体の流入に伴い、苦鉄質片岩の炭酸塩岩化およびローソン石交代作用がプログレード初期に起こった可能性が高い。ローソン石交代作用は保水機構として効率的であり、それが普遍的に起きているのであれば、交代岩の沈み込みに伴う脱水分解 (反応は $3Lws + Cc = 2Zo + CO_2 + 5H_2O$) は深部スロー地震発生域の流体発生メカニズムのひとつとして重要である。

引用文献 Vitale Brovarone and Beyssac (2014) EPSL, 393, 275-284. Fagereng and Diener (2011) GRL, 38, L15302. Endo and Wallis (2017) JMG, 35, 695-716.

Keywords: metasomatism, sanbagawa belt, lawsonite

(entry) Geological structure of the Sanbagawa metamorphic rocks in the Sakuragi bend of the Median Tectonic Line

*Umito Saki¹, Shunsuke Endo¹

1. Shimane University

はじめに

四国の中央構造線（MTL）は、西条市丹原町から東温市滑川にかけて南北走向・西傾斜を示し、桜樹屈曲と呼ばれている。桜樹屈曲を境にして、四国西部と四国中央部の三波川変成岩の構成要素には違いがみられる。すなわち、四国西部では構造的最上位に唐崎マイロナイト、四国中央部ではエクログャイト相変成岩がみられる。桜樹屈曲の成因は明らかではないが、桜樹屈曲部の三波川変成岩の地質構造とは表裏一体の問題と考えられる。同地域の詳しい地質図は、Hara et al. (1992)により公表され、横臥褶曲を含む複雑な地質構造が提案されている。著者らは、MTLの活動に関係する脆性変形の観察を含め、桜樹屈曲部の地質構造を再検討する目的でマッピングを開始しており、予察的結果を報告する。

岩相層序と地質構造

構造は基本的には低角であり、構造的な下位から泥質片岩層（無点紋）、苦鉄質片岩卓越層（無点紋）、珪質・苦鉄質・泥質片岩層（点紋あり）と累重し、またMTL沿いには上述の苦鉄質片岩卓越層（無点紋）の構造的な上位に泥質片岩層が分布する。古典的層序区分でいえば、大部分は四国中央部の三縄層、MTL沿いの泥質片岩は大生院層に対比される。三縄層相当部の伸長線構造は桜樹屈曲部でも東西で、上盤西ずれの剪断センスを示す。また、石鎚層群の流紋岩と火山角礫岩（碎屑岩脈を含む）が三波川変成岩（大生院層）と和泉層群にまたがって分布し、これらは北落ち正断層に切られている。

変成作用

三縄層相当部はアルバイト斑状変晶（点紋）の出現から構造的な上位に向かって変成度が上昇することが野外で認識できる。泥質片岩・苦鉄質片岩の鉱物組合せ・鉱物化学組成の観点からも、四国中央部の緑泥石帯とざくろ石帯の変成作用とは違いがみられない。ざくろ石帯は面木山山頂付近と、滑川左岸の山頂付近に分布する。一方、四国中央部の大生院層がざくろ石帯以上の高変成度を示すこととは異なり、桜樹屈曲部のMTL沿いの泥質片岩には、ざくろ石や点紋は見られず、変成度は緑泥石帯に相当する可能性が高い。

考察

桜樹屈曲部のMTL付近に見られる正断層は、石鎚層群の流紋岩を切っていることから、MTL活動ステージの石鎚時階の正断層運動と考えられる。四国中央部と四国西部での石鎚時階の正断層運動の変位量の差、すなわち三波川変成岩の上昇量の差が桜樹屈曲の形成に関与している可能性があり、さらなる検討が必要である。

引用文献

Hara et al. (1992) Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. C, vol. 9, p. 495-595.

Keywords: Sambagawa metamorphic rocks, Sakuragi bend

Zircon U–Pb ages of pelitic gneiss and granite from a small outcrop in Kashinomure area in the north of Aso caldera, central Kyushu

*Ippei Kitano^{1,2}, Yasuhito Osanai², Keigo Kitamura², Nobuhiko Nakano²

1. Tochigi Prefectural Museum, 2. Kyushu University

中部九州には、阿蘇カルデラの形成に伴う大規模噴火活動により広範囲にわたって新生代火山堆積物類が分布しており、西南日本の基盤をなす中生代～古生代変成岩類・花崗岩類の分布連続性を不明瞭にしている。しかしながら、広域地質調査およびボーリング調査により、高温低圧型変成岩類および花崗岩類が地下に分布し、一部地表に露出していることが明らかになった（例えば笹田，1987；三好ほか，2011）。これらの基盤岩類は112–78 Maの白亜紀の黒雲母（一部，白雲母またはホルンブレンド）K–Ar年代をしめすことから、領家帯の延長である可能性が指摘されている（笹田，1987）。そこで、本研究は合戦群（かしのむれ）地域（現，阿蘇市一の宮町）に小規模に露出している変成岩類および花崗岩類から、岩石記載およびジルコンU–Pb年代測定を行い、それらの特徴から帰属を検討した。

阿蘇カルデラ北部に位置する合戦群地域には、東西約600 m，南北約300 mの範囲で変成岩類，花崗岩類および少量の超苦鉄質岩類が地表に露出している（笹田，1987）。笹田（1987）によれば，変成岩類は主に雲母片岩で，一部角閃石片岩が産する。雲母片岩および角閃石片岩の鉱物組合せはそれぞれ黒雲母＋白雲母±堇青石（ピナイト化）＋斜長石＋石英および単斜輝石＋ホルンブレンド＋黒雲母＋斜長石＋石英である。これらの変成岩類は，白雲母含有黒雲母花崗岩，白雲母黒雲母花崗閃緑岩，ペグマタイト，アプライトからなる花崗岩類に貫入されている。超苦鉄質岩は転石としてのみ確認され，主に放射状のトレモラ閃石からなり少量の滑石および不透明鉱物を含む。そのほかに，160 mのボーリングコアから，カリ長石や珪線石（フィブロライト）を含む雲母片岩や片状花崗岩，塊状～片状トータル岩，片状閃緑岩も認められている。この地域の雲母片岩，弱片状花崗岩は，それぞれ約83 Ma，81 Maの黒雲母K–Ar年代をしめす（笹田，1987）。

合戦群地域から採取した変成岩類は，雲母質層と石英長石質層からなる片麻状構造を有するため，本研究では片麻岩とみなした。片麻岩は，白雲母および黒雲母によるデカッセイト組織で特徴づけられ，多くの場合，堇青石，紅柱石または白雲母の斑状変晶を含む。ただし，堇青石はピナイト化しており，稀に一部残存している。花崗岩類は等粒状組織をしめすが，著しく風化しており大部分が真砂化している。本研究では，堇青石（ピナイト化）含有紅柱石－黒雲母－白雲母片麻岩（53104A）および貫入している黒雲母－白雲母花崗岩（53104B）からジルコンを分離し年代測定した。両岩相のジルコンの多くは自形で，明瞭～弱い波動累帯構造またはセクター構造を有し，高いTh/U比（> 0.2）をしめした。泥質片麻岩（53104A）のジルコンは1480, 1170, 980–840, 650–220 Maの年代と280–260 Maの年代ピークをしめした。一方，花崗岩（53104B）は集中した年代をしめし，102.5 ± 2.4 Maの加重平均年代が計算された。

合戦群地域の泥質片麻岩は，花崗岩に貫入され，デカッセイト組織の白雲母や黒雲母，斑状変晶の紅柱石，堇青石を含むことから，花崗岩の貫入による高温低圧型の接触変成作用を受けた可能性が強く示唆された。また，1480–220 Maの碎屑性ジルコン年代が得られ，その年代分布は，領家帯の原岩であるジュラ紀付加体よりも近隣の三郡一周防帯の結晶片岩の碎屑性ジルコン年代に類似する（Tsutsumi, 2003；Miyazaki et al., 2017）。分析した両雲母花崗岩は102.5 ± 2.4 Maの火成活動年代をしめし，106.0 ± 1.0 MaのジルコンU–Pb年代をしめす両雲母花崗岩で特徴づけられる筒ヶ岳花崗岩に対比され得る（唐木田，1992；島田ほか，1999；堤，2019）。筒ヶ岳花崗岩は合戦群地域西方に分布し，三郡一周防帯の結晶片岩類に貫入している（唐木田，1992；島田ほか，1999）。以上の結果から，合戦群地域に産する泥質片麻岩は，大牟田地域と同様に周防帯の変成岩類が白亜紀花崗岩類の貫入により接触変成作用を受けた可能性が指摘できるが，西南日本の地質学的帯状配列を考慮すると，従来からの領家帯の西方延長についても岩石学的解析を含め慎重に再検討する必要がある。

引用文献

唐木田(1992)中部九州「九州地方」共立出版，Miyazaki et al. (2017) Island Arc，三好ほか(2011)地質学雑誌

誌, 笹田(1987)地質調査所月報, 島田ほか(1999)熊本地学会誌, Tsutsumi et al. (2003) Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 堤(2019)2019年鉱物科学会年会講演要旨

Keywords: pelitic gneiss, granite, zircon U-Pb age, Kashinomure area, central Kyushu

U-Pb zircon age of Grt-Bt gneiss in Akebono Rock, Prince Olav Coast, East Antarctica

*Sotaro Baba¹, Kenji Horie², Tomokazu Hokada², Mami Takehara², Atsushi Kamei³, Ippei Kitano⁴, Yoichi Motoyoshi²

1. University of the Ryukyus, 2. National Institute of Polar Research, 3. Shimane University, 4. Tochigi Prefectural Museum

リュツォ・ホルム岩体は東南極プリンス・オラフ海岸からリュツォ・ホルム湾に分布し、角閃岩相からグラニュライト相の高度変成岩類から構成される (Motoyoshi et al., 1989; Hiroi et al., 1991). リュツォ・ホルム岩体の変成度は、東端の新南岩から南西に向かって累進的に上昇すると考えられ、角閃岩相帯、遷移帯、グラニュライト帯に区分されている (Hiroi et al., 1991). 主要な変成年代は600-520 Maとされるが (Dunkley et al., 2020), プリンス・オラフ海岸の日の出岬からは600-520 Maの年代は得られず、1073 Maの原岩年代と970Maの変成年代が得られている (Shiraishi et al., 1994; Dunkley et al., 2020). また、日の出岬は角閃岩相帯に位置するものの、変トータル岩中の塩基性～中性片麻岩ブロックはグラニュライト相条件を示すことが報告されている (Hiroi et al., 2008). 我々は日の出岬の周辺露岩を含めて、変成変形作用の再検討を進めている。

あけぼの岩はプリンス・オラフ海岸の中央部、日の出岬の北東約12 km、角閃岩相帯に属する露岩である。あけぼの岩の西部地域に認められる剪断帯にはマイロナイト及びL-Sテクトナイトが産し、それらから推定された温度圧力条件は650–750°C, 4–6 kbarであることが報告されている (Baba et al., 2021), また、これらの周囲に産するザクロ石角閃岩は650–700°C, 8 ± 0.5 kbarの温度圧力条件を示す。あけぼの岩において Al_2SiO_5 鉱物を含む泥質片麻岩の産出は少なく、藍晶石を含むザクロ石-黒雲母片麻岩が1試料のみ採取された。泥質片麻岩は主にザクロ石、黒雲母、石英、斜長石から構成され、カリ長石、藍晶石、グラファイト、イルメナイト、ルチル、ジルコンを伴う。ザクロ石は斑状変晶 (~0.8mm)として産し、顕著な組成累帯構造 (正累帯構造)を示す。藍晶石は柱状結晶 (~0.2mm)として産し、石英や斜長石と接する。ザクロ石、黒雲母、斜長石の組成から求めた温度圧力条件は650–700°C, 8 ± 1 kbarを示し、シュードセクションモデルから見積もられた条件も概ね一致する。

このザクロ石-黒雲母片麻岩について、SHRIMP-IIを用いてU-Pb ジルコン年代測定を実施した。1121~1014 Maおよび972~904 Ma ($n = 65$) の2つ年代クラスターが特定され、後者の加重平均年代は 937 ± 6 Maであった。この年代はジルコンのリムから得られた年代に一致し、Th/U は著しく低い値 (< 0.08)を示すことから変成作用の年代であると解釈される。今回得られた年代は、あけぼの岩の角閃岩相変成作用が、リュツォ・ホルム岩体で広く受け入れられている新原生代後期からカンブリア紀の変成作用よりもかなり早い時期に起こったことを示している。この結果はプリンスオラフ海岸地域におけるリュツォ・ホルム岩体の変成イベントについて根本的な見直しが必要であることを示している。

引用文献 Baba et al., 2021, *Antarctic Sci.* 33, 52–72. Dunkley et al., 2020, *Polar Sci.* 26, 100606. Hiroi et al., 1991, *Geological Evolution of Antarctica*, 83–87. Hiroi et al., 2008, *Geol. Soc. Sp. Publ.*, 43, 339–350. Motoyoshi et al., 1989, *Geol. Soc. Sp. Pub.*, 43, 325–330. Shiraishi et al., 1994, *J. Geology* 102, 47–65.

Keywords: Lützow Holm Complex, East Antarctica

Decompressional texture in pelitic metamorphic rock from Tenmondai Rock, Lützow–Holm Complex, East Antarctica

*Toshiaki Shimura¹, Yuki Harada^{1,2}, Geoffrey Fraser³, Noriyoshi Tsuchiya⁴

1. Yamaguchi University, 2. i-SHOT Inc., 3. Geoscience Australia, 4. Tohoku University

リュッツォホルム岩体は、中 dP/dT 変成コンプレックスで、東側から西側へ、角閃岩相～超高温変成岩へ変成度が高くなる累進変成地域である（Hiroi et al., 1991など）。その変成ピーク時期はジルコンU-Pb年代から600～500 Ma頃とされている（Dunkley et al., 2020）。天文台岩はプリンスオラフ海岸の1 km × 3 km程度の露岩で、角閃岩相と、角閃岩相・グラニュライト相漸移部のちょうど境界部にあたる（Shiraishi et al. 1984）。

本研究は、第35次南極地域観測隊の調査において、天文台岩で採取した1個の岩石サンプル（TMD40）の解析結果である。TMD40は肉眼的には均質な岩石で、弱い片麻状構造をもつ。主としてザクロ石、スピネル（ヘルシナイト）、黒雲母、珪線石、斜長石、カリ長石、石英、イルメナイト、ルチルで構成され、少量の白雲母、アパタイト、ジルコンを含む。スピネルは石英と接することはなく、斜長石とシンプレクタイトをなして産する。

鏡下の組織と鉱物化学組成などから、TMD40の変成ステージは、Stage-I（昇温期）、Stage-II（温度ピーク）、Stage-III（後退期）に分けることができる。これをさらに細分し、温度ピーク以降の変成ステージは以下のように区別することができる。

Stage-II: ザクロ石斑状変晶のマントルの高 X_{Mg} 部と、Grt + Sil + Kfsの共生時期。

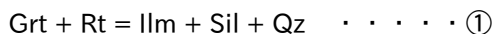
Stage-IIIa: Grt + Kfs + H₂O = Bt + Sil、およびGrt + Rt = Ilm + Sil + Qzの反応により、ザクロ石斑状変晶が分解され始める時期。

Stage-IIIb: スピネルの出現で定義され、Grt + Sil + Spl + Plの4相が共存する時期。

Stage-IIIc: ザクロ石の消滅で定義され、ザクロ石に隣接するpressure shadowにBt + Msが形成される時期。

Stage-IIの温度圧力条件は、ザクロ石斑状変晶とその包有物などとの共生関係に基づき、GASP圧力計やGRIPS圧力計などから得られ、800～840 °Cで800 MPa程度の圧力である。Stage-IIIaの圧力は、ザクロ石斑状変晶にIlm + Sil + Qzのドメインが湾入して形成されている組織に基づいて得られ、GRAIL圧力計により求めることができる。800 °Cで650 MPa程度である。Stage-IIIbの圧力は、Spl + Plシンプレクタイトの形成時期として、Grt-Sil-Spl-Pl圧力計（Shimura et al., 2016; 志村ほか, 2021）から求めることができる。750 °Cで450 MPa程度である。

Stage-IIIaの減圧組織は、もともとザクロ石とルチルが接していた場所に、



の反応が起きて形成されたことが読み取れる。一方、Stage-IIIbの減圧組織は、もともとザクロ石と珪線石が接していた場所に、



の反応が起きて形成されたことが読み取れる。①の反応が起きたドメインでは、ザクロ石斑状変晶は“薄膜状の石英”に囲まれ、ザクロ石と珪線石は直接には接しなくなり、基質から隔離されている。これにより、後の②の反応は起きていない。一方、②の反応が起きたドメインでは、ザクロ石やスピネルは斜長石に完全に囲まれ、基質から隔離されている。このためより後にザクロ石に接して白雲母や黒雲母が形成されていることはない。

天文台岩の変成履歴は、Takamura et al. (2020)が苦鉄質変成岩で解析したように、時計回りの変成 P - T - t 経路であることが、泥質変成岩からも支持される。サンプルTMD40は、肉眼的にはほぼ均質な岩石に見えるが、ごく狭いドメイン内の反応前の組織や化学組成の違いにより、事後に形成される減圧組織が異なっている。この試料には、様々な段階の減圧プロセスが記録されている。

文献

- Dunkley, D. J. et al. (2020) *Polar Science*, 26, 100606.
- Hiroi, Y. et al. (1991) *In: Geological evolution of Antarctica*. Cambridge Univ. Press, 83–87.
- Shimura, T. et al. (2016) *Goldschmidt Conference 2016*, abstract 2833.
- 志村俊昭 ほか (2021) 日本地球惑星科学連合2021年大会, SMP25-11.
- Shiraishi, K. et al. (1984) *Memoirs of NIPR Spec. Iss.*, 33, 126–144.
- Takamura, Y. et al. (2020) *Precambrian Research*, 348, 105850.

Keywords: East Antarctica, Lützow–Holm Complex, Tenmondai Rock, metamorphic P-T-t path, spinel

An attempt to estimate pressure-temperature of Akarui Point, Lützow-Holm Complex, East Antarctica

*Takeshi Ikeda¹, Hayato Yodoya^{1,2}

1. Kyushu University, 2. Nittetsu Mining Co., Ltd.

ザクロ石、黒雲母、斜長石、石英(±珪線石)の鉱物組合わせは、角閃岩相高温部の泥質片麻岩に広く見られる。この組合せの安定な温度圧力領域が広いことは、変成分帯を困難にし、共生関係から温度圧力を限定することを妨げる。一方で、同一の地質温度圧力計を適用することで、相対誤差の少ない温度圧力構造を検知できる可能性がある。しかし、これらの鉱物が共存していた時の化学組成が、高温の最高変成条件を含む温度圧力経路を経験したのちの現在の鉱物中に保存されているか、という根本的な問題は残されたままである。

本研究では問題解決の糸口を探るため、手法ごとに様々な温度圧力条件が見積もられている東南極リュツォ・ホルム岩体の明るい岬という狭い露岩地域(約2 km×2 km)を対象とした。上記の鉱物組合わせをもつ泥質片麻岩に限定し、7試料に同一の地質温度圧力計を適用した。通常の基準、即ち、ザクロ石の均質な内部、ザクロ石から離れた黒雲母、Caに富む斜長石を用いると、760 °C、7.0 kbarから1000°C、10.5 kbarの広い範囲の"値"を得た。問題は、この"値"が温度、圧力かどうかである。

微細構造をみると、ザクロ石の形態は細粒包有物を伴う半自形と、粗粒包有物を伴う不定形に大別される。前者にはP(リン)の累帯構造がみられルチルが包有されるのに対し、後者にはそれらはみられない。マトリクスにはルチルがなく、構成鉱物も粗粒であることから、ザクロ石の核形成時期および周囲を包有しながら成長する時期が異なっていることが推測される。ところが、この違いは上記の"値"の変動と相関を持たない。

ザクロ石の近隣かどうかを問わず、1枚の薄片から万遍なく選んだ100点以上の黒雲母の分析値が示す組成幅を考慮しても"値"の幅は説明できない。

以上の情報から、現段階では以下の2つの可能性が考えられる。1) 構成鉱物中には共存時の化学組成が保存されていない(ので地質温度圧力計は適用できない)。2) 明るい岬の温度圧力の不均一性をあらわしている。後者の場合、採集地点間の距離をそのまま深さの差に換算した静岩圧の差は、推定圧力の差よりも小さい。温度圧力を凍結した時刻が等しいと仮定すると、凍結後に両者の距離が短縮するような変形があったことを意味する。

Keywords: geothermobarometry, Lützow-Holm Complex

Two-stage fluid infiltration during retrograde metamorphism: an example from Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Fumiko Higashino¹, Tetsuo Kawakami¹, Tatsuro Adachi², Masaaki Uno³

1. Kyoto University, 2. Kyushu University, 3. Tohoku University

CO₂や塩素を含むH₂Oアクティビティ($a_{\text{H}_2\text{O}}$)の低い流体の存在は、中部～下部地殻からたびたび報告されてきた(例えば Newton et al., 1998 *Precam. Res.*; Touret & Huizenga, 2011 *GSA Memoir*)。H₂O-CO₂-NaCl(KCl, CaCl₂)系において、CO₂に富む流体と塩素に富む流体は、高温下でも不混和領域が大きく、二相共存可能である(Shmulovich & Graham, 2004 *CMP*)。そのため、天然試料から一方の流体組成が認識できた場合でも、両者が共存していた可能性を考慮する必要がある。

東南極セール・ロンダーネ山地では、原生代後期からカンブリア紀の中部～下部地殻に相当する高温変成岩類が広く露出する(例えば Shiraishi et al., 2008 *GSL Sp. Pub.*; Osanai et al., 2013 *Precam. Res.*)。同山地では、塩素に富む黒雲母および角閃石が東西 200 km に渡って産することが報告され、大規模な塩水活動が示唆されている(Higashino et al., 2013 *Precam. Res.*; 2019 *J. Pet.*)。しかし、塩素に富む流体とCO₂を含む流体の共存関係はこれまで議論されてこなかった。パーレバンデは、同山地最西部に位置する、約10km規模のヌナタクである。北部のザクロ石-珪線石-黒雲母片麻岩からは反時計回りの温度圧力履歴が報告され、昇温期に塩素に富む流体流入が起きたと報告されている(Kawakami et al., 2017 *Lithos*)。本研究では、パーレバンデ南部に産するザクロ石-珪線石-黒雲母片麻岩を用いて、流体活動を読み解き、CO₂と塩素に富む流体の共存関係の制約を試みた。

本研究試料の主要構成鉱物は、ザクロ石+珪線石+黒雲母+斜長石+カリ長石+石英であり、片麻状構造を切る幅<1mmの黒いクラックが存在する。クラックは塩素に富む黒雲母(~0.7 wt% Cl)から成り、後退変成期に塩素を含む流体が局所的に流入することで形成されたと考えられる。また、母岩のザクロ石のリムには堇青石と黒雲母(0.2-0.3 wt% Cl)のインターグロウスが観察され、以下の反応が起きたと考えられる。

ザクロ石+カリ長石+H₂O→堇青石+黒雲母 (1)

反応(1)の温度圧力条件は、ザクロ石が $X_{\text{Fe}} = \sim 0.8$ の組成を持つことから、NaKFMASH系で~750 °C、~0.3 GPaと見積もられた(Spear et al., 1999 *CMP*)。インターグロウス中の堇青石には、ラマン分光分析でH₂OとCO₂のピークが見られ、H₂O-CO₂流体共存下で堇青石が形成したことを示唆する。また、同組織内の黒雲母に塩素が含まれることから、反応(1)は、H₂O-CO₂-Cl流体の流入で起きたと考えられる。Kaindl et al. (2006 *EJM*)の手法を用いると、堇青石に含まれるCO₂濃度はラマン分光分析により1.3-1.7 wt%と見積もられた。これは、Harley et al. (2002 *JMG*)で報告された流体中の a_{CO_2} が1の場合に堇青石に入り得るCO₂濃度よりも高く、より精査する必要はあるものの、堇青石が a_{CO_2} の高い流体と共存したことを示す。さらに、インターグロウス中に産する黒雲母と共存する流体組成は、メルト不在下で $X_{\text{NaCl}} = \sim 0.06$ と見積もられた(750 °C、0.5 GPa; Aranovich, 2017 *Petrology*)。個々に見積もったCO₂および塩素を含む流体組成をH₂O-CO₂-NaCl系の相図(Shmulovich & Graham, 2004 *CMP*)と比較すると、~750 °C、~0.3 GPaの条件下では、両者は一相で存在していた可能性がある。

また、片麻状構造を切る黒いクラックの一部には、黒雲母+カリ長石+紅柱石から成るインターグロウス組織が見られる。これは、反応(1)で形成した黒雲母よりも低温で、反応(1)よりも塩素濃度の高い黒雲母が形成したことを示す。メルト不在下における流体-黒雲母間の塩素の分配係数の温度依存性は不明であるが、おそらく高 a_{Cl} の流体共存下で形成したのであろう。以上より、本試料では後退変成期にH₂O-CO₂-Cl流体の流入によってザクロ石の分解反応が起きた後、より低温で塩素を含む流体が流入するという、複数段階の流体活動が記録されていると分かった。

Keywords: metamorphic fluid, high-temperature metamorphic rock, CO₂- and Cl-bearing fluid

Gap of the metamorphic condition recognized at Menipa area, Sør Rondane Mountains, East Antarctica.

*Tatsuro ADACHI¹, Tetsuo KAWAKAMI², Fumiko HIGASHINO², Masaoki UNO³

1. Kyushu University, 2. Kyoto University, 3. Tohoku University

東南極セール・ロンダーネ山地は、ゴンドワナ超大陸形成に伴う造山活動によって形成された高度変成岩類や貫入岩から構成される（Shiraishi, 1997 Antarctic Geol. Map Ser.）。当山地を構成する変成岩類は、変成履歴および碎屑性ジルコンの年代分布によって北東テレーンと南西テレーンに区分されており、両テレーンはMain Tectonic Boundaryを境界として接していると考えられている（Osanai et al., 2013 Precambrian Res.）。北東テレーンは時計回りの、南西テレーンは反時計回りの*P-T*パスでそれぞれ特徴づけられ、650-600Maに北東テレーンが南西テレーンに衝上することで形成されたと考えられている（Osanai et al., 2013 同上）。両テレーンには、グラニュライト相に達する変成条件の痕跡を残す岩石と、角閃岩相以下のピーク変成条件を示す岩石が分布している。これまで後者は前述の衝上運動時に地殻浅部にあったためにグラニュライト相変成作用を免れたと考えられてきたが、最近前者が後者の構造的上位に分布し、さらに両者の*P-T*パスと変成年代が異なる例がブラットニーパネ地域で見いだされた（Adachi et al., 2020 NIPR symposium, 2021 JpGU）。本研究では、ブラットニーパネ地域の東方に位置するメニパ地域において、同様の関係性が認められるかを検証した。

メニパ地域は山地中央部に位置する露岩域であり、珧長質変成岩や泥質変成岩が分布し、全体として東西方向の走向と低角の傾斜を示す。本発表では、メニパ地域において構造的上位に位置する泥質片麻岩2試料（ザクロ石－黒雲母－珧線石片麻岩（試料番号1302B）およびザクロ石－黒雲母片麻岩（1301B））と、構造的な下位に分布するザクロ石－黒雲母片麻岩（1901A-1）の解析結果を示す。

構造的上位に分布する1302Bはザクロ石、黒雲母、珧線石、斜長石、石英からなり、少量のルチル、燐灰石、ジルコン、モナズ石を含む。石英は離溶起源と考えられる多量の針状ルチルを含む。ザクロ石は核部から縁辺部にかけてMnが減少しMgが増加する明瞭な組成累帯構造を示す。さらにこの組成変化に伴って、包有物の鉱物組み合わせや鉱物組成が変化する。Mgが低い核部にはチタン鉄鉱、ルチル、斜長石（An=55-65）が含まれるが、Mgが高い縁辺部ではチタン鉄鉱が消失し、ルチルと斜長石（An=35-60）のみとなる。これらの変化は、

チタン鉄鉱＋灰長石＋石英⇒鉄ばんザクロ石＋灰ばんザクロ石＋ルチル （1）

の反応でザクロ石の縁辺部が形成されたことを示唆する。この反応は dP/dT が小さく、左辺側の鉱物組み合わせが低圧側に位置する反応である（Ghent & Stout, 1984）ため、この岩石が圧力上昇を経てピーク変成条件に達したことを示唆する。

1301Bはザクロ石、黒雲母、斜長石、石英からなり、少量のチタン鉄鉱、燐灰石、ジルコン、モナズ石を含む。この試料でも石英は多量の針状ルチルを含む。ザクロ石は縁辺部やクラックに沿って細粒の斜長石や黒雲母に置換されることがある。またザクロ石はほぼ均質な組成を示すが、縁辺部でわずかにCaが増加する。

構造的な下位に分布する1901A-1は、ザクロ石、黒雲母、斜長石、微斜長石、石英からなり、少量のチタン鉄鉱、燐灰石、ジルコン、褐帘石を含む。この試料の石英は包有物を含まない。ザクロ石は縁辺部やクラックに沿って黒雲母に置換されることがあるが、全体的に後退変成作用の影響は軽微である。ザクロ石はほぼ均質な組成を示すが、縁辺部でCaが増加する。

これらの岩石に、ザクロ石の縁辺部、マトリックスの黒雲母および斜長石の核部の化学組成を用いてザクロ石－黒雲母地質温度計（Holdaway, 2000 Am. Mineral.）およびザクロ石－黒雲母－斜長石－石英地質圧力計（Wu et al., 2004 J. Petrol.）を適用したところ、1302Bは730-790°C、8.1-9.9kbar、1301Bは800-840°C、10.3-11.3kbarを示すのに対し、1901A-1は720°C、8.0kbar程度を示す。

見積もられた結果はピーク変成作用付近の条件であると考えられ、構造的上位に分布する岩石が下位の岩石より相対的に高い変成温度条件を示すように見える。また構造的な下位の岩石は微斜長石を含み、石英中の離溶ルチルが認められないなど、構造的な上位の岩石とは変成条件が異なることが記載岩石学的にも示唆される。こ

これらのことは、ブラットニーパネ地域で認められたものと同様の地質学的関係がメーニパ地域にも分布する可能性を示唆する。

Keywords: Metamorphism, Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

The thermal structure and brittle-ductile transition depth in the Japanese islands

*Masahiro Ishikawa¹

1. Yokohama National University

地殻内部は深くなるにつれて温度が上昇し、ある深さを超えると固体のまま流動する。この深さより浅い部分は岩石の脆性破壊領域であり、断層運動によって地震が発生する。脆性塑性境界は高地温勾配の地域では相対的に浅くなり、低地温勾配の地域では深くなると期待される。また、脆性塑性境界の深さは構成岩石によっても影響を受けるであろう。脆性塑性境界の深さを推定するためには地殻内部の温度分布と構成岩石の分布を解明する必要がある。本研究では日本列島の地殻深部の温度を地震波速度から見積もり、脆性塑性境界の深さ分布を推定した。

地殻深部相当の温度圧力条を高温高压発生装置で再現して岩石や鉱物の弾性波速度を測定すると、P波速度 (V_p) やS波速度 (V_s) は岩石種と温度に大きく依存すること、一方、 V_p/V_s 比は温度依存性が極めて小さく、岩石種に大きく依存することがわかります。これらの特徴から二つのことが言える。まず、 V_p/V_s 構造から地殻を構成する岩石の分布を読み取れるということである。次に、 V_p/V_s 構造から同一岩石種が分布する領域の速度データを抽出することで、P波速度構造またはS波速度構造から温度成分を抽出することが可能である。本研究では、防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造の地震波速度データから一定の V_p/V_s 比の領域の速度データを用いることで、地震波速度データから温度成分を抽出し、地下の温度分布、地温勾配、300℃の深度、脆性塑性境界深度を推定した。さらに、ここで推定した温度構造や脆性塑性境界深度と地震発生層下限を比較した。例えば、脊梁周辺や朝日山地周辺で脆性塑性境界の深さが浅く、日本海沿岸では深い傾向が読み取れ、大局的には地震発生層下限と類似した傾向を示した。日本海東縁の中新世リフト活動部位では地震発生層下限が深くなる傾向があるが、その理由は、地下の温度が低いことに加えて、上部地殻・下部地殻とも苦鉄質岩で構成されていることによると結論される。四国・中国・近畿地域については、深度15kmの地震波速度データを使用して、温度構造と脆性塑性境界分布を求めた。その結果、300℃深度は中央構造線付近に沿って浅く、その北側と南側は300℃深度が深くなる特徴が読み取れた。脆性塑性境界深度の傾向は地震発生層下限分布と類似している。九州地域については深度15kmのデータを使用して、温度構造と脆性塑性境界分布を求めた。鹿児島周辺や大分周辺では300℃深度や脆性塑性境界が浅く、地震発生層下限分布と傾向が類似している。

地殻内部の温度構造は、マントルからの熱伝導と地殻内部の熱伝導と熱生成によって規制されているであろう。本発表では北海道南西部から九州にいたる日本列島の地殻内部の温度構造を推定し、マントルからの熱伝導、地殻内部の熱拡散、メルト・流体による熱移流、放射壊変熱が各地域でどのように温度構造に影響を及ぼしているのかについて議論を行う。

Keywords: thermal structure, brittle-ductile transition, Japanese Islands, crust

[3poster24-33] R5 [Regular Session]Regional geology and stratigraphy, chronostratigraphy

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

- [R5-P-9] Correlation between tuffaceous sandstones of the Morozaki Group and pumiceous lapilli tuff of the Mizunami Group
 *Kuniyuki Furukawa¹, Kenichiro Tani², Tatsuo Kanamaru³, Hiroyuki Hoshi⁴ (1. Aichi University, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Nihon University, 4. Aichi University of Education)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-10] Provenance of the Plio-Pleistocene Nakatsu Group in the central part of Kanagawa Prefecture, central Japan
 *Kiyokazu Kawajiri¹, Kenji Kashiwagi² (1. Sagami-hara City Museum, 2. Faculty of Science, University of Toyama)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-11] Correlation of Miocene igneous rocks in the Kii Peninsula, Japan
 *Takaharu Sato¹ (1. Osaka Museum of Natural History)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-12] (entry) Geology along the Hirayama Fault in Yagurasawa area, Minamiashigara City, Kanagawa Prefecture
 *Shin'ichiro Narazaki¹, Hiroki Hayashi¹, Kei Odawara² (1. Shimane Univ., 2. HSRI, Kanagawa Pref.)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-13] (entry) Relationship between two different source delta systems and glacio eustatic changes in the Pleistocene Uonuma Group, Niigata sedimentary basin, Central Japan
 *Natsumi KASAI¹, Koichi HOYANAGI¹ (1. Shinshu Univ.)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-14] (entry) A stress transition in the forearc basin accompanying the change in the subduction direction: example of the upper Miocene to lower Pliocene Sagara Group, central Japan
 *Noriaki Abe¹, Katsushi Sato¹ (1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-15] (entry) Stratigraphy and depositional systems of the Neogene strata on the western limb of Takafu Syncline, in the Northern Fossa Magna region: Reconsideration of the stratigraphic relationship between the Ogawa and Shigarami Formations.
 *Kodai Kondo¹, Koichi Hoyanagi¹ (1. Shinshu University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R5-P-16] Lower Pleistocene age model and calcareous nannofossil biohorizons for the Northwestern Pacific region based on detailed chronostratigraphic analysis in the Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan
 *Koji Kameo¹, Daisuke Kuwano², Soki Hirota², Shota Sugizaki³, Kanako Mantoku⁴, Yoshimi

Kubota⁵ (1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 3. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., 4. National Institute of Environmental Studies, 5. National Museum of Nature and Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-17] Stratigraphy and age of Goto Islands, Nagasaki Prefecture

*Yuta Ikebata¹, Shoichi Kiyokawa², Yukiyasu Tsutsumi³, Kenji Horie⁴, Mami Takehara⁴ (1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of sciences, Kyushu University, 3. National Museum of Nature and science, 4. National Institute of Polar Research)

4:00 PM - 6:30 PM

[R5-P-18] (entry) Chemical weathering and source evolution of Lake Suwa sediments since the last glacial period, based on the chemical composition of the sediments.

*Ritsuho Kawano¹, Nozomi Hatano², Kohki Yoshida¹ (1. Shinshu University Graduate School of Science and technology, 2. Nagano Environmental Conservation Research Institute)

4:00 PM - 6:30 PM

Correlation between tuffaceous sandstones of the Morozaki Group and pumiceous lapilli tuff of the Mizunami Group

*Kuniyuki Furukawa¹, Kenichiro Tani², Tatsuo Kanamaru³, Hiroyuki Hoshi⁴

1. Aichi University, 2. National Museum of Nature and Science, 3. Nihon University, 4. Aichi University of Education

はじめに

本州における中期中新世の地層は、背弧海盆の拡大テクトニクスを明らかにする上で重要な鍵を握っている。そのため、それらの詳細な年代や堆積環境、地層の対比関係を明確にすることが求められる。中部地方には、中新統が広く分布しており、これまで多くの研究が行われてきた。しかし、地層間の対比についての検討は進んでいない。そこで本研究では、中新統、師崎層群の軽石を多く含む凝灰質砂岩と、年代的に近い瑞浪層群狭間層に分布する軽石火山礫凝灰岩の対比を火山ガラス組成、斜長石組成、U-Pb年代、古地磁気極性から試みた。

地質概略

愛知県、知多半島に分布する中新統の海成層である師崎層群は、下部より、日間賀層、豊浜層、山海層、内海層に分けられる(近藤・木村, 1987)。師崎層群はこれまで、凝灰岩中のジルコンのFT(土井, 1983)や珪藻化石(伊藤ほか, 1999)により概ね16-18 Maの年代が得られている。本研究では、日間賀層と山海層下部から確認された軽石を多く含む凝灰質砂岩を対象とした。瑞浪層群狭間層は層厚10m以上の軽石火山礫凝灰岩で構成されており、 17.8 ± 0.4 MaのジルコンU-Pb年代が得られている(笹尾ほか, 2018)。これら3試料の斑晶は主に斜長石、石英、わずかに直方輝石、普通角閃石、黒雲母、Fe-Ti酸化鉱物、ジルコンから構成され、山海層下部ではガーネットも含まれる。またこれら3試料には炭化木が含まれる。

火山ガラスおよび斜長石の組成分析結果

EPMA分析には日本大学文理学部付設のEPMA(JXA-8800)を用いた。日間賀層の火山ガラスは変質により分析することができなかった。山海層下部と狭間層については、 SiO_2 量は72-78 wt.% (分析値100wt.%換算)の範囲を示し、各主要元素のハーカー図では両層準は概ね単一の組成変化トレンドを形成する。斜長石斑晶組成については、日間賀層、山海層下部、狭間層の全てにおいてAn値が概ね25-65の間で変化する。またAn-FeO^{*}図とAn-MgO図において、これら3試料は同じ組成範囲に含まれる。

ジルコンのU-Pb年代

ジルコンのU-Pb年代の分析には国立科学博物館付設のICPMS (Agilent 7700x)を用いた。日間賀層では4粒、山海層下部では7粒のジルコン粒子から17-18 Maの中期中新世の年代値が得られた。また後期白亜紀を示す年代が日間賀層では29粒、山海層下部では43粒のジルコン粒子から得られた。

古地磁気極性

狭間層および山海層下部については、古地磁気分析により逆帯磁を示すことが報告されている(Hayashida, 1986; Hiroki and Matsumoto, 1999)。本研究では、古地磁気極性が明らかでない日間賀層の古地磁気分析を高知コアセンターの超伝導磁力計により行った。その結果、日間賀島内の3サイトで逆帯磁を示すことが明らかとなった。

議論

以上の結果および先行研究から、これら3つの層準は全て古地磁気層序のC5Dr (18.007–17.533 Ma; Ogg, 2020)に対比されると考えられる。また3層準の火山ガラスおよび斜長石の組成範囲や鉱物組合せの類似から、瑞浪層群狭間層が師崎層群の後背地であったと考えられる。山海層のガーネットは、後期白亜紀の領家深成岩類から取り込まれたと解釈される。

引用文献

土井(1983) 大阪微化石研究会誌, **10**, 14-21. Hayashida (1986) Jour. Geomag. Geoelectr., **38**, 295-310. Hiroki and Matsumoto (1999) Jour. Geol. Soc. Japan, **105**, 87-107. 伊藤ほか(1999) 地質学雑誌, **105**, 152-155. 近藤・木村(1987) 師崎地域の地質. Ogg (2020) Geologic Time Scale, Elsevier. 笹尾ほか(2018) 地質学雑誌, **124**, 141-150

Keywords: Morozaki Group, Mizunami Group, Miocene

Provenance of the Plio-Pleistocene Nakatsu Group in the central part of Kanagawa Prefecture, central Japan

*Kiyokazu Kawajiri¹, Kenji Kashiwagi²

1. Sagami-hara City Museum, 2. Faculty of Science, University of Toyama

はじめに

関東平野西縁部には上部鮮新～下部更新統の海成～河成層が分布し、鮮新世以降の関東平野西部の地形発達史を考察する上で重要な鍵を握る。これらの地層のうち、中津層群は最も南に分布する海成層であり、伊豆-小笠原弧と本州弧の会合部の近くに位置するため、伊豆-小笠原弧北端部の衝突・付加過程の解明にも重要な役割を果たすと考えられる。演者らは中津層群の礫岩の後背地解析を進めてきたが（例えば、河尻・柏木, 2012; 河尻, 2014）、本発表ではこれまで得られたデータを再検討し、中津層群の後背地について考察する。

地質概説

中津層群は神奈川県中央部、相模川および中津川沿いにみられ、古第三紀の四万十累帯相模湖層群を不整合で覆い、後期更新世の段丘堆積物に不整合に覆われる。下位より、小沢層、神沢層、清水層、大塚層、塩田層に区分される（Ito, 1985）。下部は礫岩を挟在する砂岩を主体とし、上位に向かって細粒となり、上部はパミスやスコリア質のテフラ層を頻繁に挟在する泥岩を主体とする。堆積年代は、石灰質ナノ化石などにより後期鮮新世（岡田, 1987; 斉藤, 1988）、古地磁気層序より3.4～1.8 Maとされている（植木, 2007）。

礫種組成と主な礫の特徴

本研究では小沢層と神沢層の礫岩について検討した。小沢層の礫種組成は砂岩（約62%）、チャート（約25%）、珪長質凝灰岩類（約9%）で、礫岩、砂岩頁岩細互層、花崗斑岩、花崗岩質岩、石英脈岩、千枚岩、ホルンフェルスがごく少数認められる（河尻, 2016）。一方で、神沢層の礫種組成は砂岩（約65%）、粘板岩（約19%）、チャート（約9%）で、礫岩、凝灰岩、流紋岩、珪岩が少数含まれる（長谷川ほか, 1991）。

小沢層の砂岩礫は主に石英、斜長石、カリ長石、珪長質火山岩片により構成される。石英に富むグループと岩片に富むグループに分けられる（河尻, 2014）。小沢層のチャート礫からは、三疊紀中世Ladinian最前期、ジュラ紀中世Bajocian～Bathonian、および、ジュラ紀中世Callovia末～新世Oxfordianを示す放散虫化石が、神沢層の泥質チャート礫からは、ジュラ紀中世Callovia末～新世Oxfordianを示す放散虫化石が得られている（河尻・柏木, 2012）。珪長質凝灰岩には、二次鉱物としてセラドン石を含むものが認められ、また、火山ガラスは完全に石英化していないものが多い（河尻, 2016）。

礫の後背地

中津層群小沢層のチャート礫および神沢層の泥質チャート礫の供給源は、放散虫化石年代より秩父南帯斗賀野ユニットまたは三宝山ユニットと考えられる（河尻・柏木, 2012）。小沢層の砂岩礫のうち、石英に富むグループは秩父南帯もしくは四万十累帯相模湖層群から、岩片に富むグループは四万十累帯小河内層群または小仏層群より供給された可能性が高い（河尻, 2014）。一方で、中津層群に含まれる珪長質凝灰岩礫は完全に石英化していない火山ガラスやセラドン石を含む。このような珪長質凝灰岩は、伊豆-小笠原弧北端部の新第三系に認められる。また、ホルンフェルス礫と花崗岩質岩礫が少量含まれる。甲府盆地西方の甲斐駒ヶ岳岩体は3.3 Ma以降に急上昇したとされている（Watanabe et al., 2020）。また、富士川流域の後期中新世の身延層には、砂岩礫、頁岩礫、花崗岩質岩礫が含まれ、関東山地から供給されたとされている（尾崎, 2018）。したがって、中津層群堆積時に甲府盆地周辺の花崗岩質岩体は露出していた可能性が高い。以上のことから、中津層群の後背地は四万十累帯と秩父南帯を主体とし、これらに貫入した深成岩および伊豆-小笠原弧北端部を一部に含んでいたと推定される。

引用文献

長谷川ほか, 1991, 神奈川県博調査研報（自然科学）, No.6, 1-98. Ito, 1985, Jour. Geol. Soc. Japan, 91, 213-232.

河尻, 2014, 相模原市博研報, No.22, 109-115.

河尻, 2016, 相模原市博研報, No.24, 16-23.

河尻・柏木, 2012, 相模原市博研報, no. 20, 65-74.

岡田, 1987, 化石, 43, 5-8.

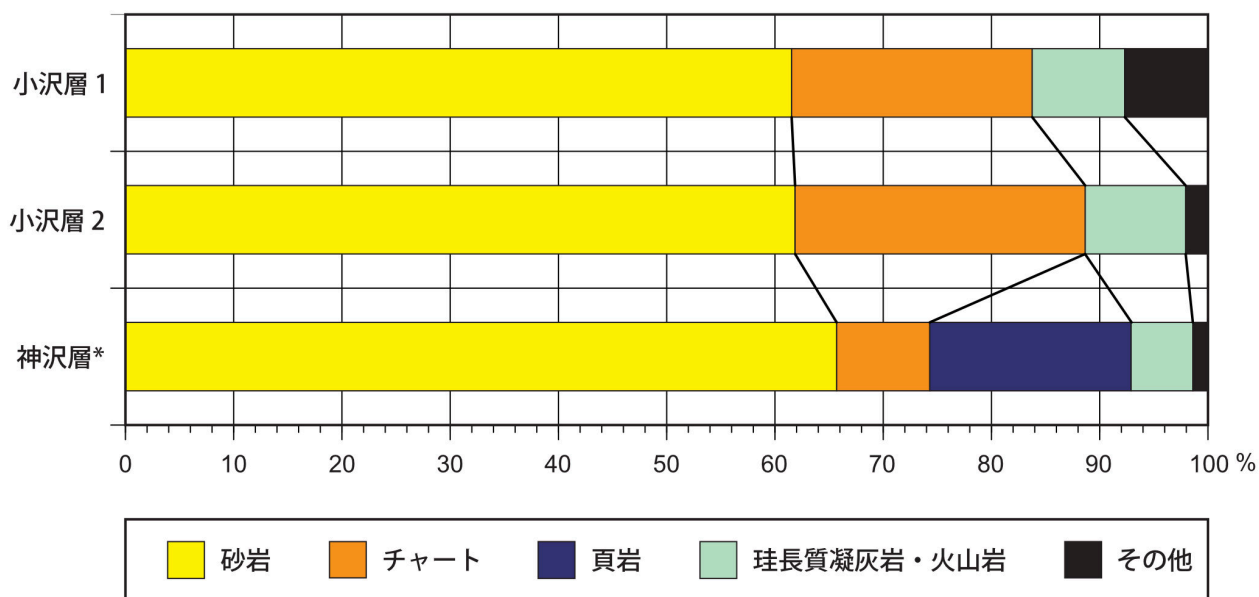
尾崎, 2018, 身延地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 78-109.

齊藤, 1988, 昭和62年度文部省科学研究報告書, 日本産海生哺乳類化石の研究, 140-148.

植木, 2007, 日本第四紀学会演旨, 37, 66-67.

Watanabe et al., 2020, Jour. Mineral. Petrol. Sci., 115, 276-285.

Keywords: provenance, conglomerate, clast composition, Nakatsu Group, Kanagawa Prefecture



*長谷川ほか (1991) のデータを基に作成

Correlation of Miocene igneous rocks in the Kii Peninsula, Japan

*Takaharu Sato¹

1. Osaka Museum of Natural History

紀伊半島の中新世火成岩類は半島南端の潮岬火成複合岩類[1]から北に、熊野酸性岩類[2]、大峯花崗岩質岩[3]、室生火砕流堆積物[4]、二上層群[5, 6]、および、奈良市春日山の地獄谷・春日山累層[7]など、各地に点在する[8, 9]。これらの数値年代は15~13 Maの短期間に集中している[10など]。また、層序、貫入関係および、岩石学的な特徴をもとに対比が進められてきた（Figure）。ここでは層序対比を進めるうえで、広域テフラとして室生火砕流堆積物が位置づけられることと、火山岩に中奥火砕岩岩脈[11]との前後関係が明らかになったものがあることを述べる。

室生火砕流堆積物は、基底部に含まれる異質岩片からジュラ紀付加体分布域に火道を形成した、大台カルデラ[12]が供給源の一つとして推定されている[13]。中奥火砕岩岩脈は大台カルデラの噴出火道と位置づけられており[11]、火砕岩岩脈と室生火砕流堆積物の基底部に含まれるアパタイトの微量元素の特徴が共通する[14]ことでも両者の対比は支持される。また、室生火砕流堆積物は玉手山凝灰岩、石仏凝灰岩に対比されている[15; 16など]。

中奥火砕岩岩脈は玄武岩-流紋岩複合岩脈と玄武岩質単純岩脈（武木弧状岩脈群[12]）に貫入される[17]。一方、中奥火砕岩岩脈は壁岩を構成する砕屑岩の岩片ほかに、安山岩、玄武岩などの本質岩片が含まれる[18]。また、火砕岩岩脈が珪長質岩脈に貫入する地点も認められる。さらに、大峯カルデラの南方では花崗岩岩体に火砕岩岩脈が貫入する[19]。

このように、**玄武岩・安山岩質の火山活動**は室生火砕流堆積物に対比されるテフラ（大台-室生テフラ：Od-Mrと仮称）を挟んで、前後の2層準で認められる。

引用文献：[1]三宅，1981，地質雑，87，383；[2]Miura, D., JVGR, 92, 300；[3]村田，1982，岩鉱，77，267；[4]西岡ほか，1998，地調図幅；[5]森本ほか，1953，地球科学，11，1；[6]二上山地学研究会，1986，地球科学，40，89；[7]佐藤ほか，2013，大阪自然史博，67，27；[8]佐藤，1985，地団研専報，29，143；[9]和田・荒木，1997，奈良教大，46，1；[10]星ほか，2003，地質雑，109，139；[11]和田・岩野，2001，火山，46，107；[12]佐藤・大和大峯研究G，2006，地球科学，60，403；[13]室生団研・八尾（2008）地球科学，62，97；[14]高嶋ほか，2016，地質学会123大会要旨；[15]横田ほか，地球科学，32，133；[16]新正ほか，2010，地質雑，116，447；[17]佐藤，2013，火山学会講演要旨，83；[18]和田ほか，2004，奈良教大自然環境，6，7；[19]和田・長澤，2008，月刊地球号外，60，91。

Keywords: kii Peninsula, Miocene, Igneous rocks, correlation

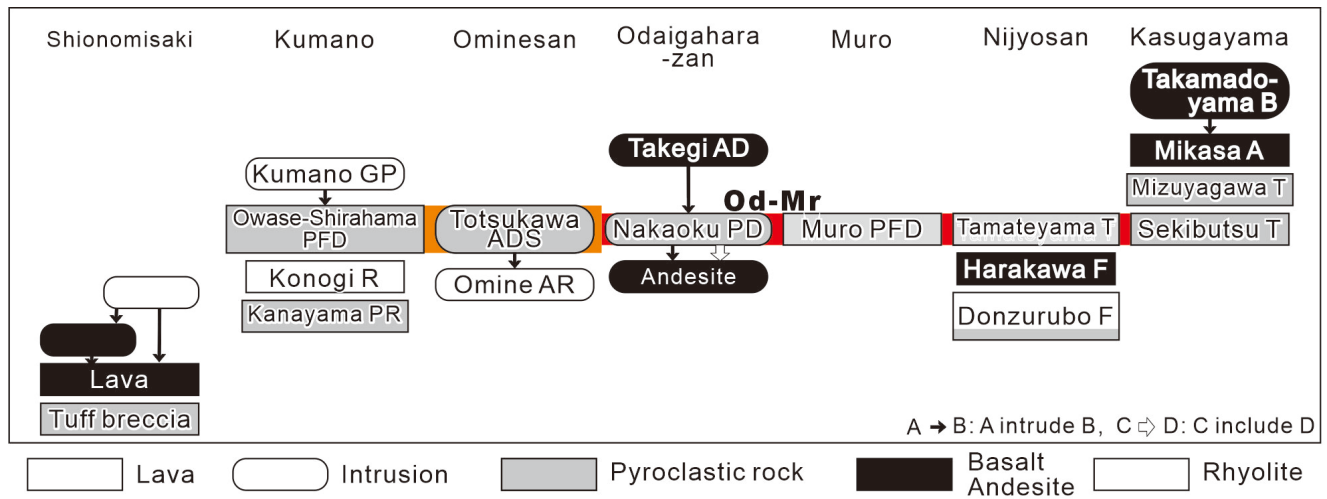


Figure: Correlation of representative igneous rock body and volcanoclastic beds.

A: Andesite, ADS: Arcuate dike swarm, AR: Acidic rocks, B: Basalt, F: Formation, GP: Granite-porphyry, PD: Pyroclastic dike, PFD: Pyroclastic flow deposit, PR: Pyroclastic rock, T: Tuff bed, R: Rhyolite

(entry) Geology along the Hirayama Fault in Yagurasawa area, Minamiashigara City, Kanagawa Prefecture

*Shin'ichiro Narazaki¹, Hiroki Hayashi¹, Kei Odawara²

1. Shimane Univ., 2. HSRI, Kanagawa Pref.

日本中央部の神奈川県西部から静岡県東部にかけての地域には、本州弧と伊豆一小笠原弧の衝突帯が位置しており、多くの活断層が分布する。このうち、平山-松田北断層帯は、神奈川県南足柄市から足柄上郡山北町、開成町、松田町、大井町にかけて分布する断層帯である。本断層帯が一つの区間として活動する場合、M6.8程度の地震が発生する可能性があると考えられる。また、今後30年の間に地震が発生する確率が、日本の主な活断層の中ではやや高いグループに属する（地震調査委員会、2015）。

平山断層は、平山-松田北断層帯を構成する断層の一つであり、山崎（1971）により、神奈川県山北町平山の酒匂川右岸の露頭において最初に報告された。その後、Ito et al. (1987)は、平均垂直変位速度が約1 m/ky.であること、5回のイベントの年代と変位量を明らかにした。しかし、この平山の露頭以外では、運動像に制約を与えるようなデータが得られていない。一方で、天野ほか(1984)や今永(1987)は、平山断層南部の方がより変位量が大きいと推察しており、その詳細な実態について課題が残されている。

本研究では、平山断層の南部が分布する南足柄市矢倉沢周辺地域にて地質調査を行い、その層序や地質構造及び平山断層南部の運動像を明らかにすることを目的とした。地質調査と試料分析より以下の結果を得た。1)南足柄市矢倉沢周辺における平山断層、定山断層、内川断層の位置を厳しく制約した。内川断層のすぐ北側には内川断層と調和的な軸面を有する背斜を認め、内川断層の活動に伴う断層関連褶曲と推定した。2)定山断層以南、狩川支沢に分布する足柄層群畑層における石灰質ナノ化石分析より、CN13b帯 (1.73~1.04 Ma)の年代が得られた。この結果は先行研究と比較すると、Imanaga (1999)の結果とは概ね調和的であるが、Huchon and Kitazato (1984)の結果 (CN14a帯) よりやや古い。これは調査対象としたルートが異なることによる可能性がある。3)畑層上部で*Nonionellina labradorica*が卓越する上部漸深海帯の底生有孔虫群集を認めた。上位の塩沢層では、内側陸棚～潮間帯を指標する貝化石 (松島, 1982のLoc.7 ; Imanaga, 1999のLoc.I)および生痕化石が産出するため、層厚との比較から、この地域では畑層から塩沢層にかけて堆積基盤が隆起に転じていたことが示唆された。

謝辞：本研究は令和元年度箱根ジオパーク学術研究助成により実施された。島根大学 向吉秀樹博士には断層岩試料の処理及び観察方法をご教授いただいた。以上の関係する方々に御礼申し上げます。

引用文献：天野ほか(1984), 箱根古期外輪山を切る平山断層. 地質雑, 90, 849-852; Huchon and Kitazato (1984), Collision of the Izu block with central Japan during the Quaternary and geological evolution of the Ashigara area. Tectonophysics, 110, 201-210; 今永(1987), 山北町日向付近の地質と地質構造. 神奈川自然誌資料, 8, 23-26; Imanaga (1999), Stratigraphy and Tectonics of the Ashigara Group in the Izu Collision Zone, Central Japan. 神奈川県博研報 (自然科学) 28, 73-106; Ito et al. (1987), Analytical method for evaluating superficial fault displacements in volcanic air fall deposits: case of the Hirayama Fault, south of Tanzawa Mountains, central Japan, since 21,500 years B.P. Jour. Geophys. Res., 92, 10683-10695; 地震調査委員会 (2015), 塩沢断層帯・平山-松田北断層帯・国府津-松田断層帯 (神縄・国府津-松田断層帯) の長期評価 (第二版); 松島義章(1982), 足柄層群中部・上部層の貝化石群集について. 国立科学博専報, no15, 53-63; 山崎 (1971), 山北から洒水の滝へ. 神奈川県地学のガイド, コロナ社, 67-72.

Keywords: Ashigara Group, Hirayama Fault, Kanagawa Prefecture, Minamiashigara City, Hakone Geopark

(entry) Relationship between two deferent source delta systems and glacio eustatic changes in the Pleistocene Uonuma Group, Niigata sedimentary basin, Central Japan

*Natsumi KASAI¹, Koichi HOYANAGI¹

1. Shinshu Univ.

研究地域は新潟県長岡市南部の渋海川西岸に位置し、厚い第三系-第四系が分布する。この地域周辺には鮮新世から続く構造運動によって褶曲構造が形成されている。研究対象としたのは更新統の魚沼層群で、非海成層と海成層の繰り返しで形成され、シーケンス層序学を用いた考察に適している。本研究では魚沼層群における堆積システムの考察を行い、堆積シーケンスの設定とその広域対比から、堆積システムの変遷と海水準変動との関連を明らかにすることを目的とした。

野外調査によって岩相を21に区分し、11の堆積相を設定して堆積システムと堆積シーケンスを考察した。その結果、研究地域北部・中部・南部ではシステムの累重が異なり、北部では下位からデルタシステム、海岸平野システム、内湾環境・デルタシステムが累重し、中部では下位から海岸平野システム、内湾環境・デルタシステムが累重し、南部では下位に一部海岸平野システムが存在するが、主に内湾・河川システムが繰り返し累重することが示された。

堆積システムの変遷と礫種・古流向に周辺地域の既存研究を参考にして古地理の復元を行った。これにより研究地域には2つの異なる給源をもつ河川が影響しており、北部では東から西へ前進するデルタシステムが、南部では南から北へ前進するデルタシステムがそれぞれ発達していることが示された。約1.7 Maにおいて、調査地域北部では西進するデルタによる埋積が行われ、中部は陸棚環境が優先的であり、南部には北進するデルタが活動していた。その後約1.3 Maから調査地域中部・北部が内湾化し、北部の西進するデルタと南部の北進するデルタの2つが同時に前進した。約1.1 Maからは、北進するデルタの影響が支配的となり、調査地域全域で河川システムが卓越して堆積盆の埋積が進んだ。

研究地域において広範囲に追跡可能な不連続面をシーケンス境界（SB-1～SB-13）として、堆積シーケンスDS-1～DS14を設定した。これらの堆積シーケンスは火山灰鍵層・石灰質ナノ化石の年代から第4オーダーの堆積シーケンスであると考えられる。また、SB-8は広範囲に分布する河川成堆積物の基底に位置する。

次に汎世界的海水準変動の指標として用いられるLR04 stack (Lisiecki and Raymo, 2005) とシーケンス境界との対比を行った。その結果、SB-1～SB-13は酸素同位体ステージ（MIS）

70, 62, 58, 54, 46, 40, 36, 34, 30, 26, 22, 20, 16の氷期に対応して形成され、それらの周期は約10万年であると考えられる。したがって、形成要因はミランコビッチサイクルによる氷河性海水準変動である可能性が高い。また、広範囲に礫層を形成するSB-8については、約1.1 Maからの長周期の寒冷化傾向への転換点に対応し、その形成は長周期の気候変動と調和的である。よってこれらを長周期の第3オーダー堆積シーケンスのシーケンス境界とした。

以上より、堆積盆地を埋積した2つのデルタシステムは約1.7 Maまでの寒冷化傾向においては高海水準期から低海水準期の間に形成され、堆積空間の減少によって前進した。約1.7～1.3 Maの海進期にはデルタシステムは後退し、海岸平野システムやエスチュアリーシステムが卓越した。再び約1.1 Maからの寒冷化傾向によって高海水準期から低海水準期にかけてデルタシステムは前進し、堆積盆の埋積を進めたと考えられる。このような長周期的傾向は、数10万年から数100万年の第3オーダーの気候変動周期と一致する。

さらに、本研究地域の北側に接続する保柳ほか（2000）、研究地域南側とより南方を調査地域としたト部ほか（1995）、蒲原地域、北蒲原地域で設定された各堆積シーケンスと、本研究における堆積シーケンスを比較検討した。その結果、SB-8(約1.1 Ma)におけるシーケンス境界は参照した全ての地域で一致しており、広範囲で海水準が低下したことを示唆する。さらにSB-4（約1.57 Ma）においても広域での比較的良い一致を確認した。一方、約SB-3（1.65 Ma）、SB-6（約1.3 Ma）のシーケンス境界は東頸城丘陵地域でのみ追跡可能で

ある。SB-6については、境界上位の堆積環境が調査地域中部から北に隣接する保柳ほか（2000）の研究地域まで連続して内湾化することから、気候変動だけではなく、地域的な構造運動の影響を受けて形成された堆積シーケンスである可能性も考えられる。

<文献>

保柳ほか，2000，地球科学，54，393-404

Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E., 2005, Paleoclimatology, 20.

ト部ほか，1995，地質学論集，45，140-153

Keywords: Uonuma Group, Pleistocene, Delta systems, Sequence stratigraphy, Sea-Level change

(entry) A stress transition in the forearc basin accompanying the change in the subduction direction: example of the upper Miocene to lower Pliocene Sagara Group, central Japan

*Noriaki Abe¹, Katsushi Sato¹

1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

フィリピン海プレートの沈み込み方向は3~1 Ma頃に転換したとされている。静岡県中部にはこの時期の前後の前弧海盆堆積物が連続して分布している。この地域に働いた古応力の変化を明らかにすることで、プレートの沈み込み方向の転換に伴って前弧海盆に働く応力がどのように変化するかを明らかにすることができる。Yamaji et al. (2003) は上部鮮新統~下部更新統掛川層群の小断層を利用して古応力解析を行い、2 Maに圧縮場からトランステンション場へ変化したとしている。しかし2 Ma以前の地層の小断層データが少なく、この時期に応力場が変化したとする根拠としては不十分である。また、Hirono (1998) は上部中新統~下部鮮新統相良層群、掛川層群および下部~中部更新統小笠層群の小断層を解析し、3.5 Maに北北西-南南東圧縮応力から西北西-東南東圧縮応力に変化したとしている。しかし解析に用いた手法は、複数の異なる応力下で形成された小断層群を想定していないため、意味のない応力が検出される、または応力の時空間変化を検出できない可能性がある。そこで本研究では、静岡県中部の後期中新世~鮮新世の古応力を明らかにするため、相良層群において小断層を測定し、最新の手法を用いて古応力解析を行った。

相良層群には北東-南西方向の褶曲軸を持つ褶曲が多数発達している。本研究ではこれら褶曲のうち、相良層群分布域中部の向斜軸周辺と南部の褶曲群の周辺で小断層を測定した。各褶曲の両翼で地層は30~40°程度傾斜している。地層の傾動を補正すると最適応力の断層データへの適合度が小さくなることから、小断層は主に褶曲形成後に形成されたと考えられる。よって傾動補正を行わずに小断層を解析し、検出された応力を結果として用いる。中部では31条の小断層を測定し、北東-南西引張の正断層型・横ずれ断層型応力、および北西-南東引張の正断層型応力が検出された。南部では23条の小断層から、北西-南東圧縮の逆断層型応力および東西圧縮の逆断層型応力が検出された。

中部で検出された北西-南東引張の正断層型応力は、掛川層群に記録された2 Ma以降の応力 (Yamaji et al., 2003) と類似している。 σ_{Hmax} 軸が北西-南東方向の応力は、中部と南部の両地域で検出された。これらの応力の型は地域間で異なっているものの、 σ_{Hmax} 軸の方向は褶曲構造と整合的である。また、この応力は掛川層群の2 Ma以降の地層では検出されないことから、掛川地域では2 Maより前に σ_{Hmax} 軸の方向が北西-南東から北東-南西に変化したと考えられる。

参考文献

Hirono, 1998, *The Journal of the Geological Society of Japan*, **104**, 137-142.

Yamaji, A., Sakai, T., Arai, K., Okamura, Y., 2003, *Tectonophysics*, **369**, 103-120.

Keywords: Sagara Formation, fault-slip analysis, forearc basin, subduction direction

(entry) Stratigraphy and depositional systems of the Neogene strata on the western limb of Takafu Syncline, in the Northern Fossa Magna region: Reconsideration of the stratigraphic relationship between the Ogawa and Shigarami Formations.

*Kodai Kondo¹, Koichi Hoyanagi¹

1. Shinshu University

はじめに：調査地域が位置する、北部フォッサマグナ地域の層序については、本間（1931）による標準層序の確立（下位より、守屋層、内村層、別所層、青木層、小川層、柵層）以来、多くの研究がなされてきた。特に、本地域に分布する小川層については、大別すると2通りの層序区分がなされている。加藤ほか（1989）に代表される層序区分では、小川層相当層を下部と上部に区分し、両者を整合関係で示した。これに対し、中野ほか

（2002）や関・保柳（2015）など、近年の研究では、卓越する岩相に基づき区分を行うことで、小川層相当層を砂岩が卓越する岩相と泥岩が卓越する岩相の周期的な繰り返しからなるものとして表現した。しかし、いずれの層序区分においても、小川層とその上位の柵層の境界は、砂岩ないし礫岩といった粗粒な岩相（柵層権田砂岩礫岩部層）の出現をもって定義され、両者は整合関係にあるとされてきた。本研究では、小川層で近年行われている岩相に基づく層序区分を取り入れ、小川層-柵層境界付近を調査することで、両者の層序的關係を再考察することを目的とする。また、研究地域周辺の小川層-柵層境界付近では、有効な年代指標は得られていない。そこで本研究ではシーケンス層序学の概念をもちいて同時期面を認定し、両層の関係を明らかにする。

研究手法：野外にてルートマップを作成し、各沢柱状図、対比柱状図、地質図を作成した。加えて、岩相の累重様式や組み合わせ、その対比に基づき堆積相を認定、堆積環境および堆積システム、堆積シーケンスを考察した。

岩相に基づく層序関係の再検討：小川層は、関・保柳（2015）などの層序区分にならい、主に砂岩からなる砂岩卓越部（千見砂岩部層）と、泥岩ないし砂岩泥岩互層からなる泥岩卓越部（境ノ宮砂岩泥岩部層）に区分した。小川層内では千見砂岩部層と境ノ宮砂岩泥岩部層が交互に繰り返し分布し、柵層内では権田砂岩礫岩部層と高府泥岩部層が大規模な指交関係をなして分布する。加えて、小川層-柵層境界付近の岩相の詳細な追跡調査をおこない、調査地域中部から北部にかけて、小川層最上部を構成する境ノ宮砂岩泥岩部層と柵層最下部の権田砂岩礫岩部層が指交関係にあることが明らかとなった。

堆積環境と堆積システム：地表踏査にて観察された岩相を29に区分し、それらの累重様式および遷移関係に基づき、16の堆積相を認定した。その結果、調査地域の小川層内では下位から、陸棚斜面チャネル・ローブシステム、ファンデルタスロープに連続する粗粒タービダイトシステム、プロデルタタービダイトシステム、ファンデルタシステムが累重し、最上部では外側陸棚相当のプロデルタ環境へと遷移する。一方、柵層では、ファンデルタシステム、プロデルタタービダイトシステム、ファンデルタシステムの順に累重する。

上記の通り、小川層-柵層境界付近の地層は、ファンデルタシステムによって堆積したと解釈される。このファンデルタシステムは砂岩相や礫岩相からなるデルタフロントと水中チャネル、それに連続し、泥岩相および砂岩泥岩互層相からなるファンデルタスロープないしプロデルタから構成される。つまり、柵層権田砂岩礫岩部層を特徴づける粗粒な岩相の堆積時にも、その沖側では小川層境ノ宮砂岩泥岩部層に相当する細粒な堆積物が堆積しており、ファンデルタシステムの前進-後退により前述のような岩相分布が形成されたと考えられる。

シーケンス境界：堆積システムの変遷と各ルートでの観察結果から、調査地域全域で追跡可能な4つの不連続面を見だし、シーケンス境界とした。これらは地層累重の傾向や層序的位置から、保柳ほか（1998）で高府向斜東翼地域を中心に広く追跡された、SB2～SB5に相当するものと考えられる。このうち、小川層-柵層の境界付近に見られる不連続面はSB4に相当し、調査地域南部から中部にかけて柵層の礫岩層の下底を通り、北部では小

川層境ノ宮砂岩泥岩部層中の炭質物を伴う砂岩泥岩互層と泥岩層との境界へと連続する。加えて、その上位に認められる最大氾濫面は調査地域中部にかけて追跡される境ノ宮砂岩泥岩部層中に設定され、南部に向かいより砂質な岩相へと漸移する傾向が認められることから、さらに南方では柵層相当の岩相へと漸移すると考えることができる。こうして、これら2枚の同時面の連続性からも、小川層-柵層の関係は同時異相の関係、すなわち指交関係にあることが示される。

引用文献：本間, 1931, 信濃中部地質誌, 古今書院; 保柳ほか, 1998, 日本地質学会第105年学術大会見学旅行案内書, 143-164; 加藤ほか, 1989, 大町地域の地質 (1/5万地質図幅); 中野ほか, 2002, 白馬岳地域の地質 (1/5万地質図幅); 関・保柳, 2015, 地質学雑誌, 121, 279-292.

Keywords: Norther Fossa Magna, Fan-delta, Sequence Stratigraphy

Lower Pleistocene age model and calcareous nannofossil biohorizons for the Northwestern Pacific region based on detailed chronostratigraphic analysis in the Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan

*Koji Kameo¹, Daisuke Kuwano², Soki Hirota², Shota Sugizaki³, Kanako Mantoku⁴, Yoshimi Kubota⁵

1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 3. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., 4. National Institute of Environmental Studies, 5. National Museum of Nature and Science

地層の年代を決定するための「基準」として、さまざまな年代層序学的手法および年代学的手法が用いられていることは周知の通りであるが、化石、古地磁気、同位体および放射年代測定などのうち、どの手法に重点が置かれているかは取り扱う時代によって異なる (Gradstein et al., 2020)。とくに白亜紀以降の年代決定に有効な石灰質ナノ化石では、東部赤道太平洋と赤道大西洋の深海底コア、そして地中海の陸上セクションを用いて評価された基準面がよく用いられる。しかしながら、そうした年代決定基準のすべてが汎世界的とは限らないので、それらの基準面を基本としながらも、対象とする地域における時間の物差しとなる年代尺度を確立する必要がある。ところが、本邦を含む北西太平洋地域ではそうした尺度を構築するために適切な深海堆積物もごくわずかで、基準面そのものの時間分解能が高いわけではない。そこで本研究では、房総半島の上総層群を用いて、千年もしくはそれより短い時間間隔という、高い時間分解能での年代層序学的解析を実施し、本邦を含む北西太平洋地域における詳細な年代決定を可能にする下部更新統の標準的な年代モデルを構築することを目的として、酸素同位体層序、石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫化石の検討を行っている。これまで我々の研究グループでは、上総層群国本層、梅ヶ瀬層、大田代層、黄和田層の一部を研究対象とし、130万年前から80万年前を集中的に検討してきた。その結果、詳細な酸素同位体層序を年代モデルのリファランスとして設定し、それと石灰質ナノ化石基準面との対応を詳細に明らかにすることができたので報告する。取り扱ったセクションはいずれも豊富に石灰質微化石を含み、詳しい年代層序学的検討が可能である。これまでに明らかにできた石灰質ナノ基準面と対応する同位体ステージ (MIS) は以下の通りである。

*Reticulofenestra asanoi*の産出上限：梅ヶ瀬層上部，MIS 24 (梶崎・亀尾, 2018)

*Gephyrocapsa parallela*の産出下限：大田代層上部，MIS 30 (廣田ほか, 2021 ; 本研究)

Large *Gephyrocapsa*の産出上限：黄和田層最上部，MIS 37 (Kuwano et al., 2021)

*Helicosphaera sellii*の産出上限：黄和田層上部，MIS 40 (Kuwano et al., 2021)

これらを年代値に換算すると、いずれも千年もしくはそれ以下の誤差範囲で化石基準面の年代を決定できるので、基準面は極めて高い時間決定精度を持つ。この結果は、佐藤ほか (1988)、佐藤ほか (1999) 辻ほか (2005) の結果をおおむねサポートするだけでなく、その精度をより高めたものとなった。また、下部—中部更新統の境界に設定された「千葉セクション」の検討結果によれば、Matuyama-Brunhes境界付近に中型 (4 μm 以上) の*Gephyrocapsa*属の一時的な消滅という、新しいイベントが存在する可能性が示唆されている (Kameo et al., 2020)。このイベントは現在型の*Gephyrocapsa*属の出現と関係する可能性があるので、グローバルに追跡できるかどうかを検討する必要がある。さらに今後は、鮮新世型から更新世型の微化石タクサへの移り変わりの時期に相当し、現在型の海洋浮遊性生物の成立過程を明らかにする上で重要な時代であるにもかかわらず、十分な年代尺度が確立された例が極めて少ない130万年前から200万年前までの時代の検討が必要である。

謝辞：本研究の一部に研究坑井JNOC TR-3号井の試料を利用した。独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構には同坑井の利用を許可していただいた。石油資源開発株式会社辻隆司氏にはコアの深度等についてご教示いただき、元日本天然ガス株式会社三田勲博士には試料の利用に関してご協力いただいた。以上の方々に深く謝意を表する次第である。

文献 : Gradstein et al., 2020, *Geologic Time Scale 2020*. 1357 pp., Elsevier. 廣田ほか, 2021, 日本地質学会第128年学術大会講演要旨. Kameo et al., 2020, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 7:36.
<https://doi.org/10.1186/s40645-020-00355-x> Kuwano et al., 2021, *Stratigraphy*, 18, 103–121. 佐藤ほか, 1988, 石技誌, 53, 475–491. 佐藤ほか, 1999, 地球科学, 53, 265–274. 梶崎翔太・亀尾浩司, 2018. 日本地質学会第125年学術大会講演要旨. 辻ほか, 2005, 地質学雑誌, 111, 1–20.

Keywords: Pleistocene, age model, Calcareous nannofossils

Stratigraphy and age of Goto Islands, Nagasaki Prefecture

*Yuta Ikebata¹, Shoichi Kiyokawa², Yukiyasu Tsutsumi³, Kenji Horie⁴, Mami Takehara⁴

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of sciences, Kyushu University, 3. National Museum of Nature and science, 4. National Institute of Polar Research

五島列島は長崎県本土の西方約100kmに位置し、北東-南西方向に配列する5つの島（福江島、久賀島、奈留島、若松島、中通島）と約140余りの小島からなる。五島列島の基盤岩類は中新世の堆積岩類からなる五島層群（植田，1961）とそれを覆う流紋岩類（五島酸性凝灰岩類）と15Maの花崗岩類（河田ほか，1994）からなる。我々は、五島層群および五島酸性凝灰岩類についての柱状図作成および年代測定により全体の層序を復元した。五島層群下部層（層厚300m+）は緑色火山碎屑岩、中部層（層厚約1000m）は泥岩優勢で、リップルラミナをもつ砂岩泥岩互層、上部層（層厚約1500m）は斜交層理を多く含む厚い砂岩を主体とする砂岩泥岩互層からなり、それを不整合で五島酸性凝灰岩（層厚およそ500-3000m）が覆う。

本研究では、五島層群中の凝灰岩や五島酸性凝灰岩中の流紋岩溶岩や火山碎屑岩についてジルコンのU-Pb年代測定を行った。また、斜交層理の発達する五島層群中の砂岩層において、Dickinson(1983)に基づく砂岩モード組成の測定と古流向測定を行い、堆積物の供給方向を推定した。

（U-Pb年代）五島層群下部層は塊状緑色火山碎屑岩を主体とし、下部は角礫を豊富に含み、上部ほど斜交層理を伴う火山碎屑岩に移り変わる。この火山碎屑岩中には18億から1億年前の年代を示す円磨されたジルコンが多く含まれる。そのうち角張った小さいジルコンから 21.7 ± 0.5 Ma, 22.6 ± 0.5 Maが得られた。奈留島では、五島層群中部層の砂岩泥岩互層中の酸性火山灰層が 17.66 ± 0.19 Maを示した。福江流紋岩類は、流紋岩質の凝灰角礫岩と白色流紋岩を測定し、それぞれ $16.36 \text{Ma} \pm 0.09 \text{Ma}$, $16.80 \pm 0.36 \text{Ma}$ を示した。

（砂岩組成）モード組成は五島層群中部層の砂岩は石英約80%、長石約20%、岩片数%、五島層群上部層の砂岩は石英約90%、長石約10%、岩片数%であり、上部層は石英の量比が増加する。

（古流向）五島層群中部層の砂岩は砂泥互層中の比較的薄い砂岩層が多く、リップルラミナを持つものが多い。比較的厚い砂岩は、波高5 cm~30 cmの斜交層理を保存しており、古流向はNWからNEの範囲を示した。五島層群上部層は、厚い層厚をもつ砂岩層が卓越しており、そこで見られる波高20 cm~1.2mの斜交層理が示す古流向はほとんど南から北方向の流れを示した。

（まとめ）五島層群下部層の火山性碎屑岩は、20-18Ma頃、中部層の砂岩泥岩互層は17.5-17Ma、上部層は17-16.5Maに堆積したと考えられる。五島酸性凝灰岩（福江流紋岩類）は2カ所で16.5Maの年代が取得でき、五島層群の砂岩層堆積後に火山活動により形成したと考えられる。また、砂岩モード組成から中部層から上部層にかけて石英の量が増加し、厚い砂の層が形成する。中部層は北方向に幅広い方向の流れでできるが、波高の大きい上部層は南から北へ方向を示した。つまり、丁度西南日本の回転時期（星，2018）に堆積場が大きく変化しており、蛇行河川から網状河川-河口デルタ環境への変化が起こったと考えられる。

〈引用文献〉

植田, 1961, 九州大学理学部研究報告 地質学, 5 (2), 51-61. /河田ほか, 1994, 5万分の1地質図幅「福江」調査報告, 地質調査所, 4-32. /Dickinson et al., 1983, GSA Bulletin, 94 (2), 222-235. /星, 2018, 地雑, 124 (9), 675-691.

Keywords: Late-Middle Miocene, Goto Islands

(entry) Chemical weathering and source evolution of Lake Suwa sediments since the last glacial period, based on the chemical composition of the sediments.

*Ritsuho Kawano¹, Nozomi Hatano², Kohki Yoshida¹

1. Shinshu University Graduate School of Science and technology, 2. Nagano Environmental Conservation Research Institute

諏訪湖とその沿岸ではこれまで安間ほか(1990), 大嶋ほか(1997)などによりボーリングコアが掘削されている。安間ほか(1990)では花粉化石群集, 珪藻化石群集を用いて古環境の推定がなされた。これらの研究からは, 化石群集による古植生や珪藻の生息環境の推定と, それに伴う気候の推定がなされてきた一方で, 化学組成による古環境復元は検討されていない。堆積物の化学組成からは風化の強度や供給源の推定が可能性である。よって本研究では諏訪湖南岸でボーリングコアを掘削し, 堆積物の化学分析の結果から風化と起源についての検討を行った。本研究で用いるボーリングコア(ST2020)は長野県中央部に位置する諏訪湖の南岸にて掘削され, 採取された深度30mのうち上部4.8mは人工物であった。掘削されたコアの岩相からは, 堆積場は河川チャネル・氾濫原から湖底, 再び河川チャネルと変化した。コアの年代については¹⁴C年代法から最下部で約22000年前と推定される。岩相変化から5つのunitが認識され, それぞれの堆積年代は¹⁴C年代法で得られた結果から, unit1(22627年前~13800年前), unit2(13800~11700年前), unit3(11700年前~10500年前), unit4(10500年前~6000年前), unit5(6000年前~現在)と推定される。コアから採取した110試料を用いて蛍光X線分析による化学組成分析, 25試料を用いてX線回折分析による粘土鉱物の同定を行った。X線回折分析の結果, unit3以外ではX線回折線の強度は低く, 非晶質の物質が卓越していた。このことからunit3を除く堆積物は集水域の表層の土壌に由来したと考えられ, ガラス質な火山岩片をより多く供給する現在の上川が主な供給源であると推測される。化学分析により堆積物の起源と風化についてそれぞれ検討した。それぞれ化学的風化の過程で流失しない元素であるAl/Ti比は供給源の変化の指標として考えることができる。また, 風化の指標としては風化の過程で流失しにくいAlに対して, 流失する元素としてCa, Na, Kを用いたCIA値(Nesbitt and Young, 1982)を指標とした。コアのAl/Ti比の大部分は一般的な玄武岩~安山岩に近い値を示したが, Unit4のみ玄武岩~花崗岩・流紋岩付近の値までばらついた値を示した。また, Unit4のCIA値はAl/Ti比と一致した変化を示すが, Unit4全体で他のUnitよりも高い傾向を示す。よってUnit4以外では供給源はおおよそ一定であり, CIA値からみられるように風化の強度が変化していたと考えられ, Unit4では供給源の変動が多く, より珪長質な堆積物が流入し, 強い風化を受けていると推測できる。A-CN-K-FM図(Nesbitt and Young, 1982)においてもUnit4は他と異なるトレンドを示し, 供給源が他と異なることを示している。さらに, Unit3はCIA値が高かったことに加え, X線回折分析において他の層準と比較してカオリナイトのX線回折線の強度が高く, 供給源がより珪長質な岩石であったことが推測される。上下の層準で類似したX線回折線が得られなかったことから, この時期に一時的な気候変動や供給源変化が推測される。また, 供給源の変動が激しく, 強い風化を受けていたUnit4の時期について, 中国のチャイダム盆地で推定された気温(Xiaoping et al., 2004)は同時期に比較的高い値を示しており, グローバルな気候変動と連動したものであると言える。

引用文献

安間 恵・長岡正利・丹羽俊二・関本勝久・吉川昌伸・藤根久, 1990, 諏訪湖湖底の構造調査と環境地質, 地質学論集, 36, 179-194. H. W. Nesbitt and G. M. Young, 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, 299, 715-717. 大嶋秀明・徳永重元・下川浩一・水野清秀・山崎晴雄, 1997, 長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比, 第四紀研究, 36(3), 165-182. Xiaoping Yang, Karl Tilman Rostb, Frank Lehmkuhl, Zhu Zhendad, John Dodson, The evolution of dry lands in northern China and in the Republic of Mongolia since the Last Glacial Maximum, *Quaternary International*, 118-119, 2004, 69-85.

Keywords: chemical composition analysis, chemical weathering, paleoenvironmental restoration

[3poster34-38] R8 [Regular Session] Marine geology

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R8-P-1] (entry) Middle Pleistocene sea surface environment based on the analysis of planktonic foraminifera from the Choshi core in the Choshi area, central Japan.

*Yuma OURA¹, Hiroki HAYASHI², Kouzi KAMEO³ (1. Chiba University Graduate School of Science and Engineering, 2. Shimane University Academic Assembly, 3. Chiba University Faculty of Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-2] (entry) Early Pleistocene sea surface environments around the Boso Peninsula based on calcareous nannofossil biostratigraphy in the Otadai and Umegase Formations of the Kazusa Group

*Souki HIROTA¹, Koji KAMEO², Daisuke KUWANO¹ (1. Chiba University Graduate School of Science and Engineering, 2. Chiba University Graduate School of Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-3] Sedimentation and deformation structure in the near-seafloor of the Sagami Bay plate boundary area

*Juichiro Ashi¹, Ayanori Misawa², Ken Ikehara², Toshiya Kanamatsu³, Makoto Yamano¹ (1. UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-4] (entry) Bottom sediment distribution of southwest-off Tokara Islands

*Yoshiaki Suzuki¹, Takuya Itaki¹, Hajime Katayama¹, Naotomo Kaneko¹, Hirokazu Yamamoto¹, Osamu Ishizuka¹, Mutsumi Iizuka^{1,2}, Eri Ikeuchi^{1,3}, Kazuma Oikawa⁴, Taiga Nakano⁵ (1. AIST, 2. Hokkaido University, 3. University of Miyazaki, 4. Tohoku University, 5. Yamaguchi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R8-P-5] Submarine geological structure of northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido, estimated from acoustic survey

Jun Arimoto¹, *Seishiro Furuyama², Mayu Ogawa^{2,3}, Hiroaki Koge¹, Osamu Ishizuka^{1,4}, Ayanori Misawa¹, KH20-7 Exp. Scientists (1. AIST, 2. Tokyo Univ. of Marine Science and Technology, 3. Kyoto Univ., 4. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Middle Pleistocene sea surface environment based on the analysis of planktonic foraminifera from the Choshi core in the Choshi area, central Japan.

*Yuma OURA¹, Hiroki HAYASHI², Kouzi KAMEO³

1. Chiba University Graduate School of Science and Engineering, 2. Shimane University Academic Assembly, 3. Chiba University Faculty of Science

房総半島北東部の銚子地域に分布する鮮新-更新統犬吠層群は微化石を豊富に含む半遠洋性堆積物であり、これまでいくつかの年代層序学的研究が行われてきた（酒井，1990）。この犬吠層群を対象として1998年に陸上ボーリングコアが東京大学海洋研究所によって掘削され、微化石層序、古地磁気、酸素同位体比から年代層序が確立され、海洋酸素同位体比ステージ（MIS）11～24であることが明らかになっている（Kameo et al., 2006）。このコアには、いわゆるEarly-Middle Pleistocene Transition (EMPT)を含み、氷期・間氷期サイクルが4万年周期から10万年周期へと変動する時代の環境変化を研究するためには非常によい試料である。特にMIS 19については離心率が現在と同じような状況に近いことから将来の気候変動予測に重要な時代であり（Head and Gibbard, 2015）、気候変動と関連した海洋循環の消長を考える上で重要な地域といえる。そこで本研究では、浮遊性有孔虫化石群集を用いることによって、数千年スケールでの古海洋環境変動を推定することを試みた。本研究では犬吠層群に相当する地層のうち、横根層上部に相当する深度130～160 mを使用した。この層準に該当する年代は、MIS 17～19である。検討した試料間隔は、約1 mで、時間分解能は約2000～3000年である。乾燥させた各試料を熱湯で処理、ボロン法を用いることで泥化処理を行った。その後125 μmのふるいにかけて浮遊性有孔虫化石が200個体程度になるまで分割して顕微鏡下で全て拾い出し、種の同定を行った。

検討を行った試料から15属42種の浮遊性有孔虫化石が認められた。全層準を通じて、*Neoglobobulimina* *incompta*が高い産出頻度を占めし、次いで、*Globigerinita glutinata*, *Turbolotalita quinqueloba*, *Globorotalia inflata* などが高い産出頻度を示す。このことから、銚子地域は当時ほとんど混合水域の環境下にあったと考えられる。しかし、黒潮水域に優勢な*Globigerinoides ruber*, *Pulleniatina obliquiloculata*については酸素同位体比曲線の温暖なピークと概ね一致することから、温暖時には黒潮の影響を強く受けていたことが考えられる。一方、親潮水域に優勢な*Neoglobobulimina pachyderma*の左巻も寒冷のピークと概ね一致するが、産出頻度はそこまで高くないことから、銚子地域では親潮の影響は寒冷な時でもそこまで強い影響はなかったと考えられる。*T. quinqueloba*については混合水域だけでなく塩分の低い沿岸水の指標とされている（Takemoto and Oda, 1997）。*T. quinqueloba*が高い産出頻度を示した層準は、氷期への移行期に相当するように見えるので、寒冷化に伴って海水準の低下が起こり、その結果、西方からの沿岸水の影響が強くなったことが考えられる。以上より氷期・間氷期サイクルより短い時間スケールでの黒潮・親潮の南北振動が銚子地域で起こっていたと考えられる。

引用文献

- Head and Gibbard, 2015, *Quat. Int.*, **389**, 7-46
五十嵐ほか, 2002, *地質学会講演要旨*
Kameo et al., 2006, *Island Arc*, **15**, 366-377
Takemoto and Oda, 1997, *Paleontolog. Res.*, **1**, 4, 291-310
酒井, 1990, *宇都宮大教育紀要*, **23**, 1-34

Keywords: Kuroshio, Inubo Group, Planktonic Foraminifera, Middle Pleistocene

(entry) Early Pleistocene sea surface environments around the Boso Peninsula based on calcareous nannofossil biostratigraphy in the Otadai and Umegase Formations of the Kazusa Group

*Souki HIROTA¹, Koji KAMEO², Daisuke KUWANO¹

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

房総半島中央部に分布する上総層群は、前期-中期更新世に相当する地層群であり、保存の良い様々な微化石を含む（例えばOda, 1977; 佐藤・高山, 1988）ことで知られている。本層群の各層は、堆積速度が大きいことから、高い時間分解能での層序学的研究に適している。また、前弧海盆である上総海盆は、暖流である黒潮と寒流である親潮との会合域に位置していたと考えられるため、上総層群を構成する各層には、これらの海流の変化が記録されていると考えられる（例えば五十嵐, 1994）。これらのことから、上総層群に属する地層群を詳しく解析することにより、かつての海洋環境を明らかにしようとする研究が行われるようになった

（Suganuma et al., 2021; 桑野ほか, 2019）。以上のことを踏まえ、本研究では、石灰質ナノ化石群集の層位変化に基づき、上総層群大田代層・梅ヶ瀬層堆積当時における房総半島周辺海域の海洋表層環境の変遷をおおむね数千年スケールで推定することを目的とした。

本研究では、研究坑井JNOC TR-3から得られたコア（以下TR-3コア）の試料を用いて研究を行った。TR-3コアは、辻ほか（2005）によって高精度年代軸が設定されており、本研究ではそれをLisiecki and Raymo (2005) のLR04スタックカーブを用いて、年代軸の再構築を行った。石灰質ナノ化石分析は、①石灰質ナノ化石群集の層位分布の検討、②環境指標となる化石種の層位分布の検討をそれぞれ65試料を行った。①は200個体、②は100個体を無作為に抽出し同定を行い、各種の相対産出頻度を求めた。

検討した65試料において、16属20種以上の石灰質ナノ化石の産出が認められた。検討層準を通して *Gephyrocapsa*属、*Reticulofenestra*属が化石群集の大半を占め、その他の化石種の産出頻度は極めて低い。また、本邦周辺海域における環境指標種の分布は、Tanaka (1991) で明らかにされており、本研究の環境指標種の層位変化に基づくと、黒潮指標種である *Umbilicosphaera sibogae*の産出頻度は、親潮指標種である *Coccolithus pelagicus*の産出頻度よりも検討層準を通して高くなっている。したがって、上総層群大田代層・梅ヶ瀬層堆積当時における表層海洋は、概して現在の黒潮水域または黒潮フロントのような環境であったと考えられる。その中でも、*U. sibogae*の産出頻度が氷期・間氷期スケールよりも短い時間スケールで変動していることから、黒潮の南北移動はミランコビッチスケールよりも短い周期で引き起こされていたことが明らかになった。また、TR-3コアの酸素同位体比とLR04カーブのそれとの差が大きいことから、地域的な影響が黒潮の南北移動に大きく貢献していると示唆される。

謝辞

本研究を進めるにあたり、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構にはTR-3号井の試料の利用を許可していただいた。石油資源開発株式会社辻隆司氏にはコア試料の深度および岩相についてご教示いただいた。元日本天然ガス株式会社三田勲博士には試料の利用に関してご協力いただいた。以上の方々に深く謝意を表する次第である。

引用文献

- 五十嵐, 1994, 地質学雑誌, **100**, 348-359.
桑野ほか, 2019, 日本地質学会第126年学術大会講演要旨, R23-P-2.
Lisiecki and Raymo, 2005, *Paleoceanography*, **20**, PA1003.
Oda, 1977, *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, **48**, 1-76.
佐藤・高山, 1988, 地質学論集, **30**, 205-217.
Suganuma et al., 2021, *Episodes J. Int. Geosci.*, 1-31.

Tanaka., 1991, *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, **61**, 127-198.

辻ほか, 2005, *地質学雑誌*, **111**, 1-20.

Keywords: Early Pleistocene, calcareous nannofossil, Kazusa Group, Kuroshio

Sedimentation and deformation structure in the near-seafloor of the Sagami Bay plate boundary area

*Juichiro Ashi¹, Ayanori Misawa², Ken Ikehara², Toshiya Kanamatsu³, Makoto Yamano¹

1. UTokyo, 2. AIST, 3. JAMSTEC

相模湾の中央部には、水深1300m以深の相模トラフのトラフ軸が北西－南東方向に分布し、東側にはそれに平行して海丘群（沖ノ山堆列）が並ぶ。海丘群の西側斜面の麓をつないだ線は相模構造線と呼ばれ（木村, 1973, 科学）、活断層が推定されている（活断層研究会, 1991, 新編日本の活断層）。その深部構造については、東傾斜のプレート境界断層とそこから派生する断層が大規模反射法地震探査により捉えられている（佐藤ほか, 2010, 科学）。これら派生する断層の浅部の構造の報告はあるが（Yamashita et al., 2013, JAMSTEC-R; No et al., 2014, EPS）、1923年大正地震、1703年元禄地震などの最近の海底変動との対応を議論できる海底面近傍の構造と試料に基づく年代の報告は無い。海底下浅部は一般的にサブボトムプロファイラー（以下SBP）などの高周波の音波を用いて探査されるが、複雑な地形の所では音波が散乱・減衰して構造を捉えることが困難である。そこで無人探査機に搭載したSBPを用い海底近傍での発振・受信で高解像度の断面記録を得る探査を白鳳丸KH-10-3, KH-11-9, KH-16-5次航海において行った。また、無人探査機による海底観察とピンポイントでの試料採取を行った。

調査域は三浦海丘の西側斜面および相模海丘の南側斜面である。三浦海丘は水深1000 m付近の小さな平坦面を除き海丘頂部の水深600 mから1100 mまで急崖が連続する。急崖は北西－南東方向に連続するため、海底下に同方向の断層の存在が推定でき、大河内（1990, 地学雑誌）では崖の麓付近に活断層が推定されている。本研究では、この崖を横断する方向のSBP探査を5測線において行い、3点において海底面に達する反斜面を確認した（Misawa et al., 2020, Geo-Marine Lettersで一部公表）。崖下の平坦面におけるピストンコア採泥では、暗緑色のシルトに細粒砂の薄層を複数挟む試料が得られており、浮遊性有孔虫の放射性炭素年代測定の結果、千年で約1mの堆積速度が得られている。断層が海底面に達する位置は、急崖から平坦面への傾斜の変換点に一致すること、早い堆積速度の場合であるにも関わらず断層が埋積されていないことから、平均変位速度の大きな断層の存在が推定される。北西－南東方向に連続する急崖の基部を結んだ線は右雁行配列を示し、400 mずれたステップ部を横断するSBP記録には他と異なりフラワーストラクチャーとみられる高角の断層が認められる。これは地下で雁行配列する断層のジョグに相当し横ずれ変位による構造である可能性が高い。無人探査機を用いた急崖基部の柱状試料には、海丘側に傾斜した断層とみられる面構造が認められたが、年代の逆転はほとんど無く副断層とみられる。試料には暗緑色のシルト質粘土とシロウリガイの貝殻片を含んだ含礫泥層の互層が深度1.2 mまで認められ、断層に沿った湧水にともなうシロウリガイコロニーの発達と崖錐性の堆積作用の繰り返しを示しているものと考えられる。白鳳丸KH-19-5次航海では、無人探査機のカメラにより崖基部に生きたシロウリガイが広く分布し、シンカイヒバリガイの生息も確認された。このような化学合成生物群集は崖基部に沿って北西－南東方向に連続していることから、断層に沿った活発なメタン湧水が行われているものと考えられる。同地点では、湧水変動を調べるため自己浮上式熱流量計を設置し約1年間の長期観測を実施した。白鳳丸KH-20-8航海で回収を試みたが機器の切り離し装置の不調により現在のところ回収には至っていない。

Keywords: active fault, talus, cold seep, accretionary prism

(entry) Bottom sediment distribution of southwest-off Tokara Islands

*Yoshiaki Suzuki¹, Takuya Itaki¹, Hajime Katayama¹, Naotomo Kaneko¹, Hirokazu Yamamoto¹, Osamu Ishizuka¹, Mutsumi Iizuka^{1,2}, Eri Ikeuchi^{1,3}, Kazuma Oikawa⁴, Taiga Nakano⁵

1. AIST, 2. Hokkaido University, 3. University of Miyazaki, 4. Tohoku University, 5. Yamaguchi University

日本周辺海域における20万分の1海洋地質図の網羅的な作成を目的とした海域地質図プロジェクトの一環として、2021年3月に東海大学の調査実習船「望星丸」を使用してトカラ列島周辺海域において海底地質調査航海（GB21-1）を実施した。本航海で表層堆積図作成のため採取された堆積物試料に関して予察的な分析結果を報告する。

＜グラフ採泥＞トカラ列島南部に位置する宝島、横当島周辺および西方海域と、諏訪之瀬島周辺海域において、木下式グラフ採泥器による表層採泥を61地点で実施した。採泥器には海底カメラ、CTD、方位傾斜計、音速度計（一部地点）を装備し、海底面撮影や水質データ取得を行った。採取した試料は船上で写真撮影や肉眼記載、生物遺骸等の採取を行った。砂質・泥質堆積物が採取できた地点では有田式サブコアを分取し、軟X線像の撮影と、医療用X線CTスキャナー（CT）による三次元構造の取得を行った。調査海域では、島嶼部及び地形的な高まりの周辺では火成岩質の礫、砂が卓越し、トカラ峡谷および沖縄トラフ底部には泥質堆積物が卓越する。本海域の底質粒径は水深（陸域からの距離）だけでなく、海底に多数分布する海底火山など周辺地形の起伏や傾斜にも制約されていると考えられる。礫、砂の粒子組成は地点により大きく異なり、基本的には周辺の火山岩体の有無やその組成、周辺海域の生物相を反映しているとみられる。ただし、リップルが確認される地点では翼足類などの生物遺骸や鉱物組成の異なる砂粒子が互層を成す様子も観察され、局地的には流れの影響が底質組成を力学的に規定している場合も多いと考えられる。砂質堆積物には、海底写真上で認識できる数十cmスケールのリップルや、海底地形データで認識できる数百mスケールの波長を持つサンドウェーブ、堆積物断面にみられる斜交層理など、流れの影響を受けた地形や構造が多く見られた。こうした構造はとくにトカラ峡谷の南側斜面で卓越し、トカラ列島周辺で蛇行する黒潮が影響していると考えられる。泥質堆積物からは、CT像、軟X線像において生痕が発達する様子が海域全体で観察された。諏訪之瀬島西方のサイトg197からは、砂サイズの火山灰層の中に級化構造を示す泥質堆積物が挟在する様子が観察された。このサイトは海底面のリップルの存在から底層流の影響が示唆されるため、この泥質堆積物は斜面崩壊などのイベントを起源として短時間で堆積した可能性が高い。本地点周辺でより長尺の柱状試料を採取すればこうしたイベントの履歴を復元できる可能性がある。

＜柱状試料採泥＞本海域での典型的な堆積速度や堆積物供給源の時代変化を把握するため、沖縄トラフ東縁のサイトc11と宝島西方の海盆に位置するサイトc05において大口径グラビティコアラーでの柱状試料採泥を行い、それぞれ389cm、227cmの試料を採取した。採取時に欠落するコア最上部を擾乱なく採取するため、パイロットとしてアシュラ式採泥器を用いた。試料は船上で半割し、2.2cm間隔でのキューブ、スライス試料の分取と分光測色計による1cm間隔での色測定を行った。またスラブ試料を用いた軟X線像の撮影と、半割試料を用いたCT像の取得を行った。得られたコア試料はいずれも火山灰や有孔虫を多く含む極細粒砂からシルト質の堆積物で構成されている。両サイトにおいて、コア上部1.8~2mまでは強い生物擾乱を受けている。深度約2mより下位では生物擾乱は少なく、とくにc11では数十cm間隔で火山灰質のパッチや薄層が見られた。今後はグラフ試料について粒度分析、粒子組成解析、生物群集解析などの定量分析、柱状試料に関しては放射性炭素年代測定や火山灰層の同定を行い、表層堆積図作成のための情報を整備していく予定である。

Keywords: Tokara Islands, Sedimentological Map

Submarine geological structure of northern offshore Oshima-Oshima volcano, Hokkaido, estimated from acoustic survey

Jun Arimoto¹, *Seishiro Furuyama², Mayu Ogawa^{2,3}, Hiroaki Koge¹, Osamu Ishizuka^{1,4}, Ayanori Misawa¹, KH20-7 Exp. Scientists

1. AIST, 2. Tokyo Univ. of Marine Science and Technology, 3. Kyoto Univ., 4. JAMSTEC

活動的な火山体の崩壊は、内部の圧力変化を通じてマグマ供給系や噴火様式に影響を及ぼすと考えられている (Longpré et al., 2009, *Geochem. Geophys. Geosys.* ほか)。また、火山島の山体崩壊は津波災害発生の引き金となる場合があり (Paris et al., 2020, *Earth Sci. Rev.*)、重要な地質現象である。北海道南西沖に位置する渡島大島火山では、1741年の噴火の際に北側斜面で山体崩壊が発生し、その際に発生した津波は周辺の日本海沿岸各地に大きな被害をもたらした (川上ほか, 2017, 地質雑)。渡島大島北側の海底斜面には、海底観察により山体崩壊堆積物の存在が確認されている (加藤, 1997, JAMSTEC深海研究)。しかしその空間分布や山体崩壊量の見積もりは、津波挙動の数値計算などの境界条件として重要にも関わらず、地質学的に十分制約されているとは言えない。

以上を踏まえて、火山体崩壊のマグマ供給系への影響と津波発生モデルに地質学的制約を与えるため、2020年8月に海洋研究開発機構所有の学術研究船「白鳳丸」を用いた調査航海が実施された (本学会、石塚ほか、針金ほかを参照)。渡島大島北方海域において海底地形調査、磁気探査、マルチチャンネル反射法音波探査、サブボトムプロファイラー (SBP) による高分解能音波探査、および堆積物・岩石試料採取が実施された。本講演では、主に反射法音波探査により明らかになった調査海域の海底下地質構造、および新たに推定された山体崩壊堆積物の空間分布について紹介する。

反射法音波探査には、音源として355 cu. inchのG.I.ガン (Sercel社製) を、受信部として32チャンネル・400 m長のストリーマケーブル (Geometrics社製) をそれぞれ用いた。調査海域内に設定されたN-S系、E-W系およびNW-SE系の測線 (総延長約270 km) において、発震間隔は概ね12.5 m (NW-SE系のみ25 m)、収録長6秒 (NW-SE系のみ9秒) で探査を実施した。取得したデジタルデータは、ジオメトリ編集、バンドパスフィルタ、ゲイン補償、デコンボリューション、速度解析、NMO補正、CMP重合、マイグレーションの順で波形処理を行った。調査海域の海底下には、渡島大島北側の斜面部から水深2000 m以深の平坦部にかけて連続する、音響的散乱によって特徴付けられる音響基盤と、最大往復走時1.6 秒程度の層厚でそれを覆う、堆積層と考えられる複数枚の成層した内部反射面が認められる。これらの内部反射面は部分的に不整合を示す接触関係をもつことから、堆積層は少なくとも2つ以上のユニットに区分できると考えられる。堆積盆内部には東西走向の正断層系が広く認められ、下位のユニットは変形構造を伴うのに対し、上位のユニットは比較的変形が少なく、水平な内部反射面を特徴とする。一方で表層に撓曲構造をもたらしている、活構造と考えられる逆断層系も部分的に認められる。

本調査の音波探査記録と海底地形データから、1741年の山体崩壊に伴う渡島大島北側斜面部の浸食域と粗粒な崩壊堆積物 (流れ山、巨礫) の分布域が推定され、既往研究 (Satake and Kato, 2001, *Geophys. Res. Lett.* ほか) とも整合的である。さらに本調査により、細粒部は斜面下部から北方の堆積盆中央部にかけて、表層に薄く広がりをもつ可能性があることが示唆された。今後、堆積物試料の分析結果と総合して検討していくことにより、山体崩壊に関連する物質移動・堆積過程をより詳細に解明できることが期待される。

Keywords: sector collapse, Oshima-Oshima, Tsunami, Reflection seismic survey

[3poster39-46] R13 [Regular Session] Subduction zones and on-land accretionary complexes

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R13-P-1] (entry) Post-Seismic Permeability in Damage Zones Estimated from on-Land Analog of Out-of-Sequence Thrust, Subduction Zone

*Hinako Hosono^{1,2}, Takato Takemura¹, Daisuke Asahina², Makoto Otsubo² (1. Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, 2. Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-2] (entry) Roughness analysis on a subduction plate interface in Nankai Trough

*wataru Fukubeppu¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-3] (entry) Rupture propagation of Roof Thrust and Out-of-Sequence Thrust of subduction zone : The Minami Awa Fault and Mizoochi Fault, The Mugi area in the Shimanto Belt

*Yu Sogawa¹, Arito Sakaguchi¹ (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-4] Deformation and stress cycle during frontal thrust formation of sandbox Coulomb wedges

*Satoshi TONAI¹, Kei KAWAKAMI², Takami TACHIBANA¹, Yasuhiro YAMADA³ (1. Kochi University, 2. Career planning, 3. Kyushu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-5] Characteristic strain distribution around a fault on shallow portion

*arito Sakaguchi¹, Kanna Yoshimatsu² (1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,, 2. NEC Aerospace Systems,Ltd.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-6] (entry) Paleo-stress analysis on a fault zone related to underplating: Mugi melange in the Northern Shimanto Belt

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

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-7] (entry) Paleo-stress analysis on deformation structures from log resistivity images to constrain depth distributions of slip and dilation tendencies and stress magnitude in Hikurangi margin, New Zealand

*Yuka Senoo¹, Yoshitaka Hashimoto¹ (1. Kochi Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R13-P-8] High density 2D seismic profiling in the Nankai trough off eastern Shikoku and Cape Muroto

*Yasuyuki Nakamura¹, Shuichi Kodaira¹, Gou Fujie¹, Kazuya Shiraishi¹, Yuka Kaiho¹, Gaku Kimura¹ (1. JAMSTEC)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Post-Seismic Permeability in Damage Zones Estimated from on-Land Analog of Out-of-Sequence Thrust, Subduction Zone

*Hinako Hosono^{1,2}, Takato Takemura¹, Daisuke Asahina², Makoto Otsubo²

1. Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, 2. Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology

南海地震をはじめとするプレート境界で起こる地震はある一定の周期で発生しており、その発生サイクルは断層沿いの流体圧と剪断強度の変動によって説明されている (Sibson, 1990)。近年の観測技術の発展に伴い、プレート境界周辺での間隙流体圧分布は、地震波トモグラフィなどにより数km以上のスケールで把握されている (Tsuji et al., 2014) が、露頭スケール以下の間隙流体圧や流体の移動特性はよくわかっていない。そこで我々は震源断層として活動していた時の断層面近傍の流体特性を記録している鉱物脈に注目した。本研究では、断層面近傍の流体特性を明らかにすることを目的とし、過去の巨大分岐断層のダメージゾーンに発達する石英脈について露頭で観察できるデータに基づき固有透水係数とその流動方向を推定した。調査対象とした延岡衝上断層は、南海トラフの震源断層である巨大分岐断層の陸上アナログとして研究されている (例えば Tsuji et al., 2006; Kondo et al., 2005)。上盤と下盤はそれぞれ最高被熱約320°Cの砂岩泥岩互層と250°Cの泥質メランジュで構成されており、9.1~7.0 kmの深さにあったと推定される (Kondo et al., 2005)。また、ダメージゾーンには引張亀裂を充填する石英脈が多数観察できる。この延岡衝上断層を対象に以下の2つを実施した。**a) 石英脈の測定**: 延岡衝上断層を挟む下盤7ヶ所、上盤1ヶ所の計8ヶ所で、石英脈群の幾何情報 (走向傾斜・幅・長さ) の測定と露頭から石英脈の密度を推定するためのトレース図の作成を行った。ここで、計測時に設定するグリッドの長さは、断面に見える亀裂の平均長さの10倍とすることで代表要素となる (Takemura and Oda., 2004) ため、グリッドの一辺はこれを満たした2.5 mと設定した。**b) 固有透水係数の推定**: Oda(1983)による透水テンソルの手法を用いて**a)** で測定した幾何情報から、石英脈が流体の移動経路であった時の固有透水係数 k_{ij} と最大・中間・最小固有透水係数 k_1 , k_2 , k_3 の流動方向を算出した。また、露頭から得られる幾何情報に基づいた三次元固有透水係数の推定法の検証を行った。走査線の総長さを2.5 mグリッドに対して一方向につき12本と設定したところ、三次元固有透水係数の推定には十分であった。

解析の結果、最大固有透水係数 k_1 は 10^{-9} から 10^{-10} m²のオーダーであった。これは、断層コアに近づくほど大きく、離れるほど小さい値を示した。最大固有透水係数 k_1 の流動方向は延岡衝上断層断層に対して高角な方向であり、断層にほぼ垂直方向に流体が流れやすかったことがわかった。求めた固有透水係数は、過去の地震イベントで形成された石英脈の累積のデータを基にしているため、母岩の透水係数よりも遥かに高い値になっている。今後はこれを地震の発生回数等を考慮して、一回の地震イベント時の固有透水係数を検討したい。

[引用文献]Kondo, H. et al., 2005. *Tectonics* 24 (6), TC6008; Oda, M., 1983. *Mech. Mater.* 2 (2), 163-171; Sibson, R. H., 1990. Geological Society, London, Special Publications, 54, 15-28; Takemura and Oda., 2004. *Tectonophysics*, 387(1-4), 131-150; Tsuji, T. et al., 2006. *Geophysical Research Letters*, 33(18), L18309; Tsuji, T. et al., 2014. *Earth and Planetary Science Letters*, 396(15), 165-178.

Keywords: Crack tensor, Out-of-Sequence Thrust, Nankai Trough, Subduction zone

(entry) Roughness analysis on a subduction plate interface in Nankai Trough

*wataru Fukubeppu¹, Yoshitaka Hashimoto¹

1. Kochi University

近年、沈み込みプレート境界面でプレート収束運動より速く、通常地震より著しく遅いすべりである「スロー地震」という現象が発見され、世界中で通常地震との関係性について追求されている(Obara and Kato., 2016)。このことから、沈み込みプレート境界面では、通常地震と「スロー地震」のように、すべり速度に多様性があることが明らかとなった。

先行研究では、この多様性を生むモデルとして、物性分布の空間スケールが階層的であることを原因とする提案が出されたが(Ide et al., 2014)、これはあくまで概念的であり、その物性分布そのものの要因については考慮されていない。

そこで、本研究では、東西約11km、南北約26kmを範囲とした南海トラフ紀伊半島沖三次元地震波反射断面による実際の沈み込みプレート境界を対象とし、天然における地形という要素の不均質分布をラフネス解析で階層的に明らかにした上で、概念的モデルを検証する。具体的には、天然のデコルマ地形のラフネス解析により得られた地形の振幅分布を図示し、セグメント長さの違いによる多様な要素の階層的な分布の比較、高振幅領域の面積を破壊領域としたときのモーメントマグニチュードの累積頻度とグーテンベルク・リヒター則との対比を行い、スロー地震との関係について議論した。

本研究地域は、3次元音響反射断面が得られているだけでなく、同地域の浅部デコルマ域においてVery Low Frequency Earthquake(VLF)やスロースリップイベント(SSE)といったスロー地震が観測されていることから(Nakano et al., 2018, Araki et al., 2017)、天然の対象としてふさわしい地域と考えられる。

本研究ではセグメント長さを変えながら地形波形のフーリエ変換で得た波長とPSD間の両対数グラフを用いてラフネス解析を行い、右肩上がり直線関係を持っていることが確認できた。このことから、波長と振幅には乗乗の関係が成立していると言える。

小さいセグメント長さでは、振幅の変化を空間的に細かくとらえており、面積の小さいパッチ状のものが所々で確認できた。また、大きいセグメント長さでは、高い振幅の領域が比較的広範囲に分布する。様々な検証によってこのセグメント長さに応じたパッチのサイズ変化は天然の特性であると考えられる。これは、セグメント長さが大きいことによって、振幅の数値を平均する範囲が広がるため、波の中でも比較的大きな範囲で見た波長をとらえることができたことと推定した。

これを踏まえると、セグメント長さが小さくなるにしたがって、振幅の変化を細かくとらえていることが確認できたことも、振幅の数値を平均する範囲が狭いため、微小な波長や、細かい振幅の変化もとらえることができたと考えられる。

以上のことから、セグメント長さの変化に応じて、地形の効果として高い振幅領域の階層的な分布が見られたと言える。

このパッチサイズを破壊領域として求めたモーメントマグニチュードの累積頻度のグラフでは、一部を除き、両対数グラフで直線関係（べき乗関係）を得ることができた。また、破壊面積が小さいほど発生頻度が多くなることが分かった。この関係からb値的なものを得ることができる。しかし、このb値は、グーテンベルク・リヒター則とは一致しておらず、高振幅領域パッチの分布と観測されているスロー地震の領域とも不一致であった。

この要因として、本研究が、南海トラフ沈み込みプレート境界全域から見て、相対的に小さい対象を範囲としている可能性が考えられる。現段階では、反射法探査の解像度の限界から、極小規模な地震の確定的な地震の発生頻度と規模の関係を得ることが困難である。このことから、グーテンベルク・リヒター則の関係から逸脱してしまったと考えられる。

これらを踏まえると、本研対象地域である紀伊半島沖南海トラフ3次元地震波反射断面の地震計の観測の精度が上げられれば、高振幅領域の面積の分布にも異なるしきい値ごとに階層性が見られることが期待できる。ま

た、本研究で求めたモーメントマグニチュードの累積頻度のグラフにおいても、グーテンベルク・リヒター則と非常に近いb値が導き出されるかもしれない。

引用文献

Obara, K., Kato, A., 2016. Science 353, 253-257.

Ide, S., 2014. Proceedings of the Japan Academy, Series B 90, 259-277.

Nakano, M., Hori, T., Araki, E., Kodaira, S., Ide, S., 2018. Nature communications 9, 984.

(entry) Rupture propagation of Roof Thrust and Out-of-Sequence Thrust of subduction zone : The Minami Awa Fault and Mizoochi Fault, The Mugi area in the Shimanto Belt

*Yu Sogawa¹, Arito Sakaguchi¹

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

【はじめに】

近年、プレート境界の巨大地震の際の破壊はどのように伸長し、どの程度の深度まで伝播するのか盛んに議論されている(Sakaguchi et al., 2011 など). 本研究地、白垂系牟岐メランジュには震源断層としてのルーフスラストとOSTの地表露頭が報告されており(Onishi and Kimura., 1995; Hashimoto and Kimura., 1999; Ujiie et al., 2000など), 同一メランジュ中の同レベルの埋没深度における2つの主要な断層を比較するのに最適である. 一般的に地震発生の直前には震源核から破壊が周囲に伝播するが、その際に断層近傍には高い応力集中が発生する. 本研究ではカルサイト応力計を用いて、ルーフスラストとOSTの応力集中の違いの考察、及びビトリナイト反射率を用い断層近傍から遠地に至る古地温・熱拡散を推定、それらの結果から破壊抵抗の程度を考え、巨大地震断層における破壊伝播の仕方を議論することを目的とする.

【地質概要】

本研究地牟岐メランジュは四国南東部に位置し、四国四万十帯北帯南縁に属する. 牟岐メランジュは地表に現れたプレート境界岩であるテクトニックメランジュとされる(Onishi and Kimura., 1995; Hashimoto and Kimura., 1999; Ujiie et al., 2000など). 上位にタービダイト相の日和佐層があり、境界断層である南阿波断層を挟んで牟岐メランジュとなる. 牟岐メランジュは大規模なデュープレックス構造で特徴づけられ、南阿波断層はそのルーフスラストにあたり、シュードタキライトを含む震源断層である(Kitamura et al., 2005; Ujiie et al., 2007b). 牟岐メランジュはOSTである水落(みぞおち)断層によりUpper sectionとLower sectionに分けられる. このOSTは堆積年代や古地温に大きな差異が生じるほど累積変位量が多い.

【研究手法】

- ・カルサイト双晶応力計：岩石中のカルサイトが歪みを受けると双晶として記録する性質を利用した地質応力計である. 本研究ではブーディン中のクラック充填をするカルサイトを用いた.
- ・ビトリナイト反射率温度計：植物片が熱成熟し石炭化する過程で、マセラルの一種であるビトリナイトは最大被熱を記録する性質がある. その性質を利用した地質温度計である.

【結果】

南阿波断層近傍の古応力は約 $146 \pm 27 \text{ MPa}$ ~ $183 \pm 24 \text{ MPa}$ であった. 水落断層の古地温は上盤が約 $200\text{--}244^\circ\text{C}$, 下盤が $150\text{--}185^\circ\text{C}$ と温度差が確認され、断層周辺の古応力は約 $135 \pm 16 \text{ MPa}$ ~ $179 \pm 22 \text{ MPa}$ であった. これが断層から遠地では $123 \pm 18 \text{ MPa}$ ~ $139 \pm 17 \text{ MPa}$ に減衰する. 応力値が断層から遠地に向かうにつれ減少し一定になる箇所は剪断運動に伴う瞬間的な応力ではなく広域的な地殻内応力であると考えられる. 断層近傍での高い剪断応力は、破壊伝播時の応力集中によるものであると考えられ、その応力集中のレベルは測定結果から、両断層ともに同程度であった.

【議論】

ルーフスラストとOSTは、両者のセッティングが異なるにもかかわらず応力集中レベルが同等になった理由として、以下のことが考えられる. プレート境界付近のアクティブな領域では多数の分岐断層が発達し、巨大地震の際にどの面を用い破壊が伝播したのかは明白ではない. 言い換えれば、破壊核からの破壊伝播はプレート境界で選択的ではなく力学的な弱面に伝播すると考えられる. 本研究の結果から牟岐メランジュに発達するルーフスラストとOSTにおいて破壊伝播にかかる応力集中のレベルに差異はなく、どちらも同じくらいの破壊抵抗が生じたものと考えられる. これがルーフスラストとOSTのどちらにも伝播し得る理由なのだろうと考える.

【文献】

Ujiie et al., 2000 Journal of Geophysical Research 105, 25729–25741
Ujiie et al., 2007 Journal of Structural Geology, 29, 599-613 Kitamura et al., 2005 Tectonics, 24, TC5012
Sakaguchi et al., 2011 Geophysical Research Letters, 38
Sakaguchi et al., 2011 Geology published online
Sweeney, J.J. and Burnham, A.K., 1990, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 74, No.10 Hashimoto et al., 1999 Tectonics, V.18, No.1, 92-107

Keywords: Calcite, Shimanto belt, Vitrinite, Accretionary complex, Roof thrust, Out of sequence thrust, Rupture propagation

Deformation and stress cycle during frontal thrust formation of sandbox Coulomb wedges

*Satoshi TONAI¹, Kei KAWAKAMI², Takami TACHIBANA¹, Yasuhiro YAMADA³

1. Kochi University, 2. Career planning, 3. Kyushu University

プレート沈み込み帯にできるクーロンウェッジの特徴の一つは、変形に伴ってウェッジ内部に新しい剪断帯ができていくことである。剪断帯の変位速度の減少（あるいは停止）から新規剪断帯形成への仕組みを理解することは、ウェッジ内部および周辺で起こる地殻変動や物質循環を把握する上で重要である。模型実験を使ってクーロンウェッジ先端部の変形を調べた研究例としては、粒子画像流速測定法（PIV）を用いた例（Adam et al., 2005）、デジタル相関法によりフロンタルスラスト形成時の変形過程を詳細に調べた例（Dotare et al., 2016）、フロンタルスラストの形成周期に伴う荷重のサイクルを調べた例（Ritter et al., 2018）、などがある。本研究では、乾燥砂で作ったクーロンウェッジをX線CTスキャナで連続撮影し、変形時の荷重データと比べることで、新しいフロンタルスラストができる過程で起こる砂層の変形と荷重の関係について調べた。

クーロンウェッジは、シートを敷いたアクリル容器（幅118 mm、長さ693 mm、高さ158 mm）に豊浦珪砂（径106-300 μm ）を厚さ20 mmで敷き詰め、シートを水平に250 mm引いて砂を固定壁に押し付けて作った。変形の様子は写真で連続撮影して記録した。また、一部の実験は、写真撮影と並行して海洋コア総合研究センターにてX線CTを撮影して、ウェッジの内部変形を観察した。さらに、ロードセルを使ってシートを引っ張るときにかかる水平荷重も記録した。

計9回行った全ての実験で、複数の剪断帯が次々と形成されながらクーロンウェッジが大きくなっていった。一つの条件について2回以上の実験を行った結果、全ての条件において地質構造や変形過程に目立った違いは認められず同様の結果を示した。よって、今回行った実験は再現性があると判断した。

砂を自由落下させて敷き詰めた実験では、変形と荷重において特徴的な周期性が認められ、一つの周期をステージI, II, III, IVの4つの期間に分けた。ステージIは、ウェッジ先端部に新しい剪断帯ができた直後で、荷重は一定あるいは緩やかに増加する。ステージIIは、開始時期がウェッジの最高地点の上昇開始とおおよそ一致し、荷重の増加率が大きくなる。ステージIIIでは、荷重の増加率がさらに大きくなる。このときは、クーロンウェッジ全体あるいは一部で砂粒子間にかかる荷重が大きくなり、一部ではコントラクタンシーが起こっているかもしれない。ステージIVでは荷重が減少し、このときにクーロンウェッジの先端部でCT値が下がり、デコルマンが伝播して新しい剪断帯ができる様子をX線CT画像で観察できた。荷重の減少は剪断帯の新規形成による歪み弱体化に起因すると考えた。これらの挙動は、先行研究の結果や解釈が示す変形や荷重のパターンとも概ね調和的である。

引用文献

Adam et al., 2005, *Jour. Struct. Geol.*, 27, 283–301.
Dotare et al., 2016, *Tectonophysics*, 684, 148–156.
Ritter et al., 2018, *Tectonophysics*, 722, 400–409.

Keywords: accretionary complex, subduction zone, fault, sandbox experiment

Characteristic strain distribution around a fault on shallow portion

*arito Sakaguchi¹, Kanna Yoshimatsu²

1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University,, 2. NEC Aerospace Systems,Ltd.

震源断層の表面は複雑であり、それぞれの場所は、深度や力学的配置に応じた挙動をしていると考えられる。過去の断層を調査する際に、その露頭が震源断層のどこで、どんな役割を果たした部分なのか知ることは容易ではなかった。断層の各部分は、それぞれの場所に依じた歪みと応力を経験していると予想される。そのため断層と周辺の母岩の歪みと応力分布から、その断層のセッティングを推測することができるだろう。本発表では、野島断層の浅部掘削コアの分析結果から、地表付近における断層近傍の母岩の歪みパターンを示す。カルサイトは外力によって結晶内部に双晶変形が生じる特性がある。断層岩のように様々な鉱物粒子からなる多鉱物であっても、散在するカルサイトを多数測定することで、双晶密度は試料全体の歪みと比例する (Sakaguchi et al., 2011 ; 坂口・安藤, 2020) 。母岩が弾性体である場合は、そのヤング率から最大応力を定量評価することもできる。

淡路島の野島断層および愛媛県西部の中央構造線において、断層帯のボーリング掘削が原子力規制庁によって行われた。淡路島小倉地区にて地表から約1000mまでNFD-1コアが採取された。野島断層の主剪断面が529mで確認され、上盤および下盤はどちらも花崗岩で、断層の影響で破砕を受けており、そこにカルサイトが脈として含まれている (坂口, 2018) 。主剪断面を挟んで9試料が分析された。カルサイトの双晶密度は主剪断面の約200.2本/mmをピークに、上盤および下盤ともに主剪断面から離れると双晶密度は徐々に減衰し、150-200mほど離れると半分以下に低下していく。その減衰カーブは直線的であり、かなり緩やかである。

愛媛県西条市湯屋口付近にて地表から約102mのH30MTLD-1コアが採取された。このコアは深度約70mの中央構造線を挟んで上盤の和泉層群は砂岩および泥岩からなり、下盤は三波川帯の泥質片岩、砂質片岩、緑色片岩から構成される。このコアの15試料のカルサイト双晶密度が分析された。その結果、双晶密度は中央構造線近傍の144本/mmをピークに上盤へは約50mかけて、下盤には約30m以上かけて緩やかに低下することがわかった。

これらに対して四国四万十帯の興津断層は、シュードタキライトを含むプレート沈み込み帯の過去の震源断層であり (Ikesawa et al., 2003) , そのカルサイト双晶密度は主剪断面から15m程度で指数関数的に急減することがわかっている。この減衰カーブは距離の平方根の逆数に近いので、興津断層の高い双晶密度は、弾性体における亀裂先端の応力集中によるものと考えられる。その一方で、野島断層および中央構造線の減衰カーブは、亀裂先端の応力集中によるものとは大きく異なる。

浅い領域の断層変位分布としては、例えば人工衛星の合成開口レーダーによる活断層周辺部の変位が観測されており、変位量が断層から離れるにつれて緩やかに減衰する様子が報告されている (例えばFijiwara et al., 2016) 。野島断層で見られた緩やかで広範な歪み分布は、地表付近の断層による母岩の変形によるものと考えられる。断層周囲の緩やかな歪み分布は浅部断層の特徴なのかもしれない。

引用文献 Fujiwara et al., EPS, 2016. Ikesawa et al., Geology, 2003 坂口・安藤, 特願2020-118208, 2020 坂口, 京都大学編: 平成29年度原子力規制庁委託成果報告書, 2018 Sakaguchi et al., GRL, 2011

Keywords: Active fault, Strain, Fault characterization

(entry) Paleo-stress analysis on a fault zone related to underplating: Mugi melange in the Northern Shimanto Belt

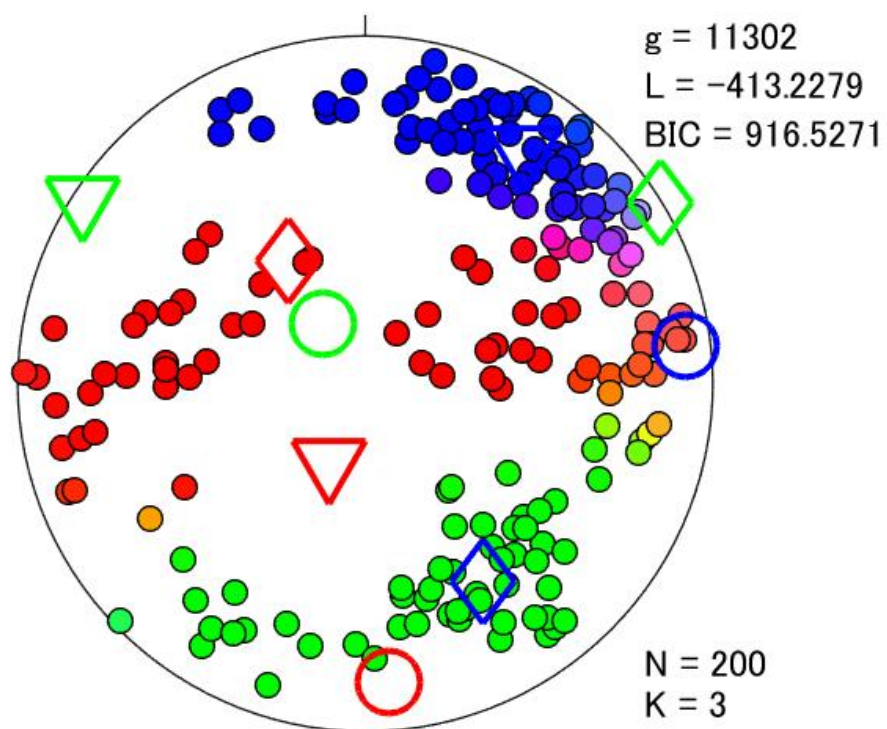
*Takahiro Hosokawa¹, Yoshitaka Hashimoto¹

1. Kochi University

地震サイクルに伴い沈み込み帯の応力場が逆断層と正断層で入れ替わることが東北地方太平洋沖地震で観測された(e.g., Asano et al., 2011; Hasegawa et al., 2011, 2012)。陸上付加体におけるメランジュ相から地震断層帯までを対象とした古応力解析からも、同様の変化が得られている(Hashimoto et al., 2014)。しかし、底付け断層帯を対象とした例はない。そこで本研究では、底付け断層帯を対象に古応力解析を行い、陸上付加体での応力場の変化を付加体断層発達史の中で包括的に理解することを目的とする。牟岐メランジュは四万十帯北帯に属しており、赤色頁岩、チャート、酸性凝灰岩と玄武岩、砂岩および黒色頁岩で構成されている。牟岐メランジュは、水落断層を境に、上部セクションと下部セクションに分けることができ、堆積年代は、上部セクションは白亜紀末期、下部セクションは古第三紀初頭の年代を示す(Shibata et al., 2008)。又、最高被熱温度は上部セクションで約170–200℃、下部セクションで約130–150℃である(Ikesawa et al., 2005)。玄武岩を基底とする海洋底プレート層序が繰り返す底付け付加体であり、本研究ではユニット境界断層の一つを対象に行った。ユニット境界では、東北東に走向を持ち、北又は南に急傾斜する厚さ約20mの主に玄武岩類からなる断層帯が見られる。この断層帯によって海洋底プレート層序が繰り返すデュプレックス構造が復元されていることから、この断層帯は底付け付加体に関連していると考えられる(Ikesawa et al., 2005)。断層帯境界付近のメランジュでは、伸張クラックを充填する鉱物脈の濃集帯が見られる。この鉱物脈は、メランジュ構造を切り、頁岩が優勢なメランジュ部分でネットワーク状に発達している。このネットワーク状鉱物脈はその位置関係から底付け断層に強く関連していることが示唆される。この鉱物脈から流体包有物で温度・圧力は、135–245℃、107–149MPaと推定されている(Matsumura et al., 2003)。Yamaji and Sato, (2011)、Yamaji, (2016)は、伸張クラックの極の混合ビンガム分布を検出することで、複数の古応力を自動的に復元することを可能にした。本研究では、この手法を伸張クラックであるネットワーク状鉱物脈に適応した。クラスター数を1から5まで設定し、各5回計算を行った。その結果、クラスター数が3のときベイズ情報基準が最も小さい値を示すため、3つのクラスター数の結果が他のクラスター数の結果よりも最適であると言える。その3つのクラスターを応力1、応力2、および応力3とする。応力1は、 σ_1 : 175.4/14.9, σ_2 : 325.3/72.9, σ_3 : 83.2/8.2, 応力比(Phi)=0.0508、応力2は、 σ_1 : 327.9/55.7, σ_2 : 58.6/0.5, σ_3 : 149.0/34.3, Phi=0.1263、応力3は、 σ_1 : 204.7/69.9, σ_2 : 303.1/3.0, σ_3 : 34.2/19.8, Phi=0.1583であった。底付け断層は、水平なデコルマと平行であったと考ええるとメランジュ及び断層帯を走向の東北東を軸とし、面構造を水平にするように回転させ、鉱物脈が形成された当時の応力場を推定した。その結果、応力1は高角な σ_1 、東北東に水平な σ_3 を持ち、正断層の応力場であり、応力2は南南東に水平な σ_1 、北東に水平な σ_2 、高角な σ_3 の逆断層応力場、応力3は南南東に水平な σ_1 、高角な σ_2 、北東に水平な σ_3 の横ずれ断層の応力場となる。応力2と応力3は共通の σ_1 を持ち、 σ_2 と σ_3 が交換されている関係にある。これは応力比が小さいため、簡単に交換が起きたのではないかと考える。すなわち応力2と応力3は付加体に一般的な逆断層応力場と解釈できる。一方、応力1は正断層応力場であることから、ネットワーク状鉱物脈は逆断層場と正断層場の両方を記録していると言える。以上のことから、地震発生後の応力降下によって逆断層の応力場から正断層の応力場に変わる地震サイクルが底付け断層でも起きていることが示唆される。

引用文献 Asano et al., 2011, EPS; Hasegawa et al., 2011, EPS; Hasegawa et al., 2012, EPSL; Hashimoto et al., 2014, Tectonics; Shibata et al., 2008, Isl. Arc; Ikesawa et al., 2005, Tectonophysics; Matsumura et al., 2003, Geology; Yamaji and Sato., 2011, J. Struct. Geol.; Yamaji., 2016, Isl. Arc

Keywords: Paleo stress, Subduction zone, Fault related to underplating, Stress change



(entry) Paleo-stress analysis on deformation structures from log resistivity images to constrain depth distributions of slip and dilation tendencies and stress magnitude in Hikurangi margin, New Zealand

*Yuka Senoo¹, Yoshitaka Hashimoto¹

1. Kochi Univ.

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震の震源域では、地震発生後に正断層型の地震が多くなっていることが確認されているが、これは水平方向の圧縮応力が伸張応力に変化したことを表している。このような地震サイクルに伴う応力変化は、過去の付加体である陸上四万十帯とニュージーランド・ヒクラング海溝先端部における小断層古応力解析で確認されているが、厚さ数mmスケールの小断層のみを対象としているため、局所的な応力の影響を強く受けている可能性がある。本研究では、ニュージーランド・ヒクラング海溝の比抵抗画像による断層を用いて、より大きいスケールの断層を対象に古応力解析を行い、地震サイクルに伴う応力変化の有無を明らかにし、広範囲の応力の変化を見ることを目的とした。本研究では、IODP第375次航海によって得られた海溝先端部に位置するU1518と前孤海盆に位置するU1519の検層データを使用した。検層比抵抗画像で決定された構造であるconductive fracture(CF), resistive fracture(RF), faultの3つを対象とした。本研究では、伸張クラックの極の方向から、その形成時の応力を推定する岩脈法(Yamaji et al., 2010)を用いて応力解析を行った。次に個々の断層面に推定された応力を与え、差応力で規格化された剪断応力と垂直応力を得る。この剪断応力と垂直応力から各断層のすべりやすさを示すslip tendency(Ts)と断層の開きやすさを示すdilation tendency(Td)を求めた。そして、水平最大応力および水平最小応力の空間で、逆断層、横ずれ断層、正断層を示す領域から構成されたストレスポリゴンで、復元されたそれぞれの古応力の大きさの取り得る範囲と応力状態を推定し比較した。このとき、垂直応力は300 mの深度、2.0 g/の密度と流体圧比を変化させて求めた。また、摩擦係数を0.6とした。岩脈法のソフトウェアGArcmB(Yamaji et al., 2010)を用いる際、クラスター数を1~4に変えて解析を行った。ソフトウェアの判定パラメータを用いた結果、今回の解析で最適な応力の個数は、CFでは1つ、RFでは1つあるいは2つが最適解であることが分かった。応力解析で得られた最小主応力と最大主応力の方向の結果から、主応力軸は一定で、一部 σ_1 と σ_3 が交換されているものがあることが分かった。また、水平方向の圧縮応力が水平方向の伸張応力に変化したことを示しているため、地震サイクルに伴う応力変化であることが示唆される。Ts, Tdの深度分布と方位分布についてははっきりとした傾向は見られず、不均質な分布であった。このTsおよびTdの不均質分布は、応力の不均質か物性の不均質の2つの可能性が考えられる。Yamaji et al. (2010)の岩脈法は自動的に複数の応力場を分離しようとする手法にもかかわらず、今回得られた結果では、最適な応力の数が1つまたは2つであり、かつ2つのとき応力が交換される関係にあり軸方向は一定なので、不均質な応力ではなく広域応力であると解釈できる。このことから、深さ方向にクラック方向が不均質にバラバラであっても、応力は一様であったと考えられる。よって応力の不均質は考えにくく、物性の不均質がTs, Tdの不均質分布に影響している可能性が高いと考える。ストレスポリゴンを用いて地震前後の応力サイズの変化を見た結果、主応力が交換されたペアのそれぞれの応力サイズの条件の線分は途中で交差しており、どちらの応力も地震前あるいは地震後になりうる。すなわちどちらが地震前あるいは地震後と決定することができないことを示している。これは、主応力が交換されたペアの一つの応力を応力1、他方を応力2としたときに、応力1から応力2へ地震サイクルに伴って変化するシナリオとその逆がありうる。それぞれの制約された応力サイズの条件のうち、地震前の初期条件を与えることで、地震後の応力サイズの変化量がより制約できる。いずれにしても、およそ最大で1-3MPa程度の最大剪断応力の変化が期待できる。この値は最大値であり、シナリオによってはより小さい最大剪断応力の変化もあり得る。この結果は、通常地震やスロー地震の両方を含んでいることを意味し、どちらかを制約することには至っていない。謝辞：検層構造データはDavid McNamara氏から提供いただいた。引用文献：Yamaji, A., Sato, K. and Tonai, S., 2010, *Journal of Structural Geology*

Keywords: subduction zone, IODP, paleo stress, Hikurangi margin

High density 2D seismic profiling in the Nankai trough off eastern Shikoku and Cape Muroto

*Yasuyuki Nakamura¹, Shuichi Kodaira¹, Gou Fujie¹, Kazuya Shiraishi¹, Yuka Kaiho¹, Gaku Kimura¹

1. JAMSTEC

室戸岬から四国東部沖の南海トラフは1946年南海道地震の震源域と考えられている。この海域には海山が沈み込んでいることが指摘されている（Kodaira et al. 2000, Park et al. 2002）が、近年では浅部超低周波地震の活動も報告されており(Obara and Ito 2005, Nakano et al. 2018, Takemura et al. 2019)、沈み込み帯のプレート間滑り現象を研究する上で興味深い場所である。

我々は、この海域において沈み込む海山を含むプレート境界近傍の地下構造を3次元的に把握することを目的として、2019年12月から2020年1月にかけてこの海域において稠密測線による反射法地震探査を実施した。プレート沈み込み方向に4km間隔の21測線と、それらに直交する方向（トラフ軸走向方向）に取得された6測線でデータを取得した。取得したデータに2次元重合前深度マイグレーション処理を実施し深度断面を作成した。得られた深度断面を解釈することで沈み込むフィリピン海プレートの形状を3次元的に把握することができる。Kodaira et al. (2000)が指摘した沈み込む海山は、幅30-40kmの高まりの上にさらにいくつかのピークを持つことが示唆される。

上盤側の構造に着目すると、調査海域の西部（室戸岬側）では、浅部に斜面堆積物が明瞭に見られる箇所が分布するのに対し、東部（紀伊水道側）ではそのような堆積層があまり見られない。また、西部の斜面下には過去の3次元反射法探査でも指摘されたような(たとえばMoore et al. 2005)明瞭な陸側傾斜の反射面を持つthrust sheetが見られるのに対し、東部の斜面下にはそのような構造が見られない。海底地形に関しても、東部では西部に比べると起伏が激しい。これらの差は、海山の沈み込みの影響の有無と関連しているように思われる。海山の沈み込みによって引き起こされるプレート境界近傍や上盤プレート内で応力状態の変化はプレート間滑り現象と密接に関連していると考えられている。上記した構造や地形の不均質性は、上盤側プレート内の応力不均質をも表している可能性がある。今後、ゆっくり地震の活動域と地下構造の対比を行い、プレート間滑り様式の違いと地下構造との関連に関して議論する。

参考文献

Kodaira et al. (2000) Subducted Seamount Imaged in the Rupture Zone of the 1946 Nankaido Earthquake, *Science*, 289 104-106

Park et al. (2002) A deep strong reflector in the Nankai accretionary wedge from multichannel seismic data: Implications for underplating and interseismic shear stress release, *JGR*, 107, ESE3-1 –ESE3-16

Obara and Ito (2005) Very low frequency earthquakes excited by the 2004 off the Kii peninsula earthquakes: A dynamic deformation process in the large accretionary prism, *EPS*, 57, 321-326

Nakano et al. (2018) Shallow very-low-frequency earthquakes accompany slow slip events in the Nankai subduction zone, *Nature Comm.*, DOI: 10.1038/s41467-018-03431-5

Takemura et al. (2019) Structural Characteristics of the Nankai Trough Shallow Plate Boundary Inferred From Shallow Very Low Frequency Earthquakes, *GRL*, 46, <https://doi.org/10.1029/2019GL082448>

Moore et al. (2005) Legs 190 and 196 synthesis: deformation and fluid flow processes in the Nankai Trough accretionary prism, *Proc. ODP, Sci. Results*, 190/196, 1–26

Keywords: Nankai Trough, seismic reflection survey, subducting seamount

[3poster47-56] R14 [Regular Session]Tectonics

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

- [R14-P-1] Crustal rotation in the Takato-Moriya area (Nagano Prefecture) associated with arc-arc collision in central Japan
 *Hiroyuki HOSHI¹, Tetsuo MIWA², Yuichi SUGISAKI², Kenta TSUTSUMIDA², Hideki IWANO³, Tohru DANHARA³ (1. Aichi University of Education, 2. Graduate, Aichi University of Education, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-2] (entry) Reconsideration of the age and provenance of the Momonoki subgroup in the Koma Mountains: for geological constraints on the initiation age of Izu-Bonin arc collision
 *Takashi Hakomori¹, Kenichiro Tani², Junichiro Kuroda¹, Asuka Yamaguchi¹ (1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-3] Study of Kaminada phase based on geological structure of the Median Tectonic Line, Futami town of Iyo city, Ehime Prefecture, Japan.
 *Yasu'uchi Kubota¹, Toru Takeshita² (1. OYO Corporation, 2. Hokkaido University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-4] (entry) Late Permian tectonic switch in Maizuru terrane: Evidence from U-Pb detrital zircon geochronology from Tonoshiki Formation
 *Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}, Kenta KAWAGUCHI³ (1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Hiroshima Institute of Plate Convergence Region Research, Hiroshima, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Republic of Korea)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-5] Detrital zircon age spectra of the Nankai accretionary wedge
 *Rina Fukuchi¹, Hisatoshi Ito², Asuka Yamaguchi³, Gaku Kimura⁴ (1. Naruto University of Education, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), 3. The University of Tokyo, 4. Japan Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-6] (entry) Estimation of fault formation environment in the eastern part of Yonaguni Island in the Southern Ryukyu Arc by paleotemperature and mineral paragenesis
 *Haruya MIYAKI¹, Kiyokazu OOHASHI¹ (1. Yamaguchi Univ.)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-7] (entry) OSL signal changes in friction experiments of sedimentary quartz
 *Sayaka AKUTSU¹, Kiyokazu OOHASHI¹, Noriko HASEBE², Kazumasa MIURA² (1. Yamaguchi Univ., 2. Kanazawa Univ.)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R14-P-8] (entry) The latest slip zone with low density and mineral precipitation from borehole survey of the Neodani Fault
 *Kazuma Yatabe¹, Tomoyuki Ohtani², Takashi Mori² (1. Gifu University, 2. Gifu Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-9] Fault-zone properties and slip-sense inversion of the Yunodake fault and surrounding small faults, Iwaki City, Fukushima Prefecture

*Masao KAMETAKA¹, Rina FUKUCHI², Yusuke KOMINE¹, Kotaro AIYAMA³, Riichiro MIYAWAKI⁴, Takahiro IIDA⁵ (1. Dia Consultants, 2. Naruto Univ. of Education, 3. CRIEPI, 4. Hanshin Consultants, 5. CERES)

4:00 PM - 6:30 PM

[R14-P-10] The time-space distribution in Kamikochi Earthquake Swarm and Fault System - Comparison of 1998 with 2020

*Tatsuro Tsugane¹ (1. Shinshu Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

Crustal rotation in the Takato-Moriya area (Nagano Prefecture) associated with arc-arc collision in central Japan

*Hiroyuki HOSHI¹, Tetsuo MIWA², Yuichi SUGISAKI², Kenta TSUTSUMIDA², Hideki IWANO³,
Tohru DANHARA³

1. Aichi University of Education, 2. Graduate, Aichi University of Education, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd

Miocene rocks in central Honshu should provide paleomagnetic data used to analyze crustal rotation associated with the collision of the Izu and Japan arcs. Here we present paleostress, U-Pb, and paleomagnetic data from Miocene igneous rocks of the Takato-Moriya area in the eastern part of SW Japan. We mapped numerous dolerite dikes, and a paleostress analysis suggests two different sets of extensional stress conditions with a NE-SW least principal stress axis. The dikes intrude the extrusives of the Moriya volcanic rocks (MVRs) (Makimoto et al. 1996) and the late Cretaceous granites and metamorphic rocks of the Ryoke belt. We obtained a U-Pb zircon date of 15.8 ± 0.2 Ma for an upper stratigraphic site of the MVRs, which is compatible with published fission-track zircon dates for baked granites adjacent to the dolerite dikes (ca. 16 Ma: Hoshi et al. 2015). Thus, the igneous rocks of the study area were formed immediately after the clockwise rotation of SW Japan associated with the Japan Sea opening (Hoshi 2018). We collected igneous rocks for magnetic measurements from more than 30 sites and obtained 29 site-mean magnetization directions. All the directions for the dolerites have reverse polarity, while the directions for the MVRs have both normal and reverse polarities. Overall, the directions are counterclockwise deflected from the expected direction, indicating counterclockwise rotation in the study area relative to the main part of SW Japan. The counterclockwise rotation can be associated with the collision of the Izu arc with the Japan arc. Comparison of the paleomagnetic direction for the study area with those for the main part of SW Japan implies the onset of the formation of curvature of the Median Tectonic Line in central Honshu before 16 Ma.

Ref.

Hoshi (2018) *J. Geol. Soc. Japan* **124**, 675–691; Hoshi et al. (2015) *Island Arc* **24**, 221–231; Makimoto et al. (1996) *Geology of the Takato District, with Geological Sheet Map at 1:50000*, Geol. Surv. Japan.

Keywords: crustal rotation, Miocene, tectonics, arc-arc collision, paleomagnetism, U-Pb date, paleostress, Moriya volcanic rocks, dike swarm, Nagano Prefecture

(entry) Reconsideration of the age and provenance of the Momonoki subgroup in the Koma Mountains: for geological constraints on the initiation age of Izu-Bonin arc collision

*Takashi Hakomori¹, Kenichiro Tani², Junichiro Kuroda¹, Asuka Yamaguchi¹

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Museum of Nature and Science

【緒言】

伊豆弧は太平洋プレートのフィリピン海プレートに対する沈み込みに関連した火成活動で形成されるため、伊豆弧が本州弧に衝突を開始した年代はその時代のプレート配置を制約する。このプレート配置の復元について、フィリピン海プレートが約15 Maから現在と同じ位置にあったとする説(Kimura *et al.*, 2005, *BGSA*など)が日本では広く支持されているが、古地磁気学的研究に基づきフィリピン海プレートは5 Maまで時計回り回転を継続したとする Hall *et al.* (1995, *Tectonophysics*)の推定が世界的には広く支持されており (Mahony *et al.*, 2011, *BGSA*; Clift *et al.*, 2013, *Tectonics*など)、伊豆弧の衝突開始年代に関して議論が続いている (Kimura *et al.*, 2014, *Tectonics*など)。

【目的と手法】

本研究では、中新世の日本周辺のプレート配置復元のために、伊豆弧が本州弧に衝突を開始した年代を伊豆衝突帯を対象とした地質学的研究から制約することを目的とした。具体的には、伊豆衝突帯で最初に衝突したとされる櫛形山ブロックに着目して地質調査を行い、トラフ充填堆積物 (衝突に伴い海溝を充填した堆積物) と考えられている桃の木亜層群の後背地と堆積年代を、薄片観察およびジルコンU-Pb年代測定から明らかにすることを試みた。桃の木亜層群の試料は、貫入岩の影響が比較的少ないと考えられる丸山林道および仙城沢から採取し、ジルコンU-Pb年代測定は国立科学博物館つくば研究施設のLA-ICP-MSで行った。

【地質概説】

櫛形山ブロックは安山岩～玄武岩質の溶岩および火山砕屑岩を主とした櫛形山亜層群と、その上位に累重し、ほとんど砕屑岩類で構成される桃の木亜層群からなり(小山, 1993, *地質学論集*)、後者がトラフ充填堆積物と考えられている(青池, 1999, *神奈川県博調研報*)。桃の木亜層群は層序や構造が複雑で研究者間で一致した見解が得られていないが、本研究では詳細な堆積相解析を行った黒田 (2000, B.S.)に基づき、礫岩主体の上部層、砂岩泥岩互層・泥岩からなる中部層、砂岩泥岩互層・礫岩からなる下部層に区分されると解釈した。

【結果】

桃の木亜層群下部層に挟在する凝灰岩中のジルコンU-Pb年代は23.5 Maに集中した。下部層の砂岩中のジルコンからは20~2300 Maに及ぶ広範囲の年代が得られた。下部層の砂岩の薄片観察によるモード組成は Dickinson *et al.* (1983, *GSA Bull.*)の造構場識別図において” Transitional Recycled” に該当した。一方、中部層に挟在する砂岩中のジルコンからは13~2300 Maに及ぶU-Pb年代データが得られたが、測定した29点中17点が14.6 Ma付近に集中した。中部層の砂岩モード組成は” Mixed” に該当した。

【議論】

桃の木亜層群下部層の砂岩が示したジルコンU-Pb年代頻度分布は、西南日本に分布するジュラ紀～白亜紀付加体のジルコン年代頻度分布 (Fujisaki *et al.*, 2014, *JAES*; Shimura *et al.*, 2019, *Island Arc*; 常盤ほか, 2018, *地雑*)と類似しており、後背地は本州弧の付加体であったと考えられる。若い年代を示したジルコン粒子が極めて少数であったことや薄片に火山岩片がほとんど存在しなかったことから、下部層堆積時には伊豆弧の影響はほとんどなかったと考えられる。中部層も同様の傾向を示唆する。上部層の礫種は大部分が堆積岩であったため伊豆弧の影響は小さいと考えられる。これらを統合すると、伊豆弧の衝突は少なくとも14.6 Ma以降であることが示唆される。桃の木亜層群の堆積年代は微化石層序や貫入岩の冷却年代に基づいて15~13.5 Ma (青池, 1999)とされた。今回分析した下部層中の凝灰岩は産状から降下火山灰と考えられるため、下部層の一部は23.5 Maに堆積した層準を含むと考えられる。一方で中部層の砂岩の堆積年代は約14.6 Maと推定されるため、下部層と中部層が一連とすると、日本海拡大をはさむ900万年間堆積を続けたことになる。その場合の平

均堆積速度は10 cm/kyのオーダーとなり、トラフ充填堆積物としては小さいため、桃の木亜層群はその内部にこれまで未確認の不連続が存在する可能性がある。

【結論】

桃の木亜層群下部層の堆積年代は15~13.5 Ma (青池, 1999)よりも古い23.5 Maを含むことが明らかになった。伊豆弧の衝突開始は少なくとも14.6 Ma以降出逢ったと考えられる。今後桃の木亜層群やより上位の層準について詳細な地質調査・分析を行うことで、伊豆弧衝突の変遷が明らかになると期待される。

Keywords: Izu Collision Zone, zircon, U-Pb

Study of Kaminada phase based on geological structure of the Median Tectonic Line, Futami town of Iyo city, Ehime Prefecture, Japan.

*Yasu'uchi Kubota¹, Toru Takeshita²

1. OYO Corporation, 2. Hokkaido University

1. 上灘フェーズの研究経緯

中央構造線の運動史のうち後期白亜紀以降の既往研究によれば、市之川フェーズ(59 Ma)と先碓部フェーズ(47-46Ma)、碓部フェーズ(15Ma)、石鎚フェーズ(14-10Ma)、菖蒲谷フェーズ(2-0Ma)に区分される(Kubota and Takeshita 2008, Kubota et al. 2020)。特に古第三紀の運動像は詳細な研究により、市之川フェーズは中央構造線が大規模な正断層運動を行う運動時相であること、その後の先碓部フェーズは、中央構造線に平行～雁行配列する内帯の断層群が左横ずれ逆断層運動により形成された運動時相であることが示された(Kubota and Takeshita 2008; Kubota et al. 2020)。これに対して永井(1971, 1973)が示した上灘フェーズは、上部白亜系和泉層群の堆積後、始新統久万層群堆積前の時期に、南から北への衝上断層の運動時相であるとされる。これは、愛媛県伊予市双海町内に分布する中央構造線よりも北側の内帯側において和泉層群の上位に三波川変成岩類が位置する露頭関係から考察されたものである。この研究以降に上灘フェーズに関する研究は行われておらず、詳細な地質学的な情報がない。近年に再構築された中央構造線の運動史において、上灘フェーズは未解明の運動であるため、詳細な研究を実施した。研究方法は現地踏査、研磨片・薄片による構造地質学的手法による変形構造の解析を行った。

2. 検討結果

永井(1971)が上灘フェーズの根拠として示した3地区の他、周辺まで現地踏査をおこなって地質構造を検討した。3地区の地質構造の概要は以下の通りである。

- ・高野川地区 緑色片岩からなる三波川変成岩類は厚み10m程度の岩体が北へ約30°程度で傾斜して分布しており、上位に和泉層群が分布する。和泉層群との接触面は認められない。三波川変成岩類の下位は貫入した中新統の安山岩が分布する。
- ・小網地区 緑色片岩および結晶質石灰岩からなる三波川変成岩類は厚み10m程度の岩体が北へ約30°程度で傾斜して分布しており、上位に和泉層群が分布する。接触面は幅0.5m程度のカクレーサイトからなる破碎帯である。N30°E 30°Wの断層面に対して、top to the westの変形構造が解析される。三波川変成岩類の下位は貫入した中新統の安山岩が分布する。
- ・岡地区 三波川変成岩類の緑色片岩が上灘川の右岸側に河床より比高差30m付近の位置に厚さ20m以下の層厚で水平に分布する。この岩体の上下盤側は中新統の安山岩に貫入を受けており、和泉層群との接触関係は認められない。

3. 考察

中央構造線より北側に位置する三波川変成岩類は、いずれもその下位に和泉層群が分布する露頭関係は認められなかった。特に永井(1971)が示した露頭関係の高野川・小網地区では、三波川変成岩類の岩体が北へ30度程度で傾斜して分布する状況を周辺の露頭を追跡して確認したことから、三波川変成岩類の下位は中新統の安山岩が分布するのみであると把握した。このため、永井(1971)が考察した三波川変成岩類が和泉層群の上位に分布する構造は認められなかった。三波川変成岩類の岩体が上灘川沿いの中央構造線より北側に位置する点については、中新統の安山岩に貫入を受ける以前の時期に、断層運動により中央構造線の形状が改変されている可能性も考えられるため、今後詳細な研究を進める予定である。

(引用文献) Kubota, Y., & Takeshita, T., 2008, *Isl. Arc*, 17, 129-151.

<https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2007.00607.x>; Kubota, Y., Takeshita, T., Yagi, K., & Itaya, T., 2020, *Tectonics*, 39, e2018TC005372. <https://doi.org/10.1029/2018TC005372>; 永井浩三, 1971, 四国西部の中央構造線についての新事実, 地学雑誌, 80, 1-10.; 永井浩三, 1973, 愛媛県の中央構造線, 杉山隆二編, 中央構造線, 東海大学出版会, 東京, 197-207.

Keywords: Median Tectonic Line , Paleogene, Kaminada Phase, Kinematic history

(entry) Late Permian tectonic switch in Maizuru terrane: Evidence from U-Pb detrital zircon geochronology from Tonoshiki Formation

*Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}, Kenta KAWAGUCHI³

1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Hiroshima Institute of Plate Convergence Region Research, Hiroshima, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Jeonbuk National University, Republic of Korea

Tonoshiki Formation (TF) deposited in Maizuru back-arc basin (Mz.BAB) which closed during Late Permian (Hayasaka et al., 1996). It is a breccia-dominated unit occurring exclusively in the central zone of Maizuru terrane (Mz.T). The breccia was so far described as mostly made up of Yakuno ophiolitic mafic rocks clasts-derived materials, suggesting its deposition directly on top of Early Permian Yakuno Ophiolite (Tokuoka et al., 1987). Here, we report new petrological characteristics, revealing the presence of felsic shallow crustal blocks in Tonoshiki breccia (TB). These different types of TB might have deposited at different ages. A proper constraint on the sedimentation age of TF and surrounding rocks is important to understand its evolution in Mz.BAB. The U-Pb detrital zircon geochronology conducted on 2 samples of TB yielded 2 dominant probability peaks at 275 and 268 Ma for the mafic rock clasts-rich unit and the felsic crustal material-dominated type, respectively. This suggests two major possible sources for TB. Major source provenance of mafic rock clasts-rich breccia is considerably the Yakuno ophiolite of southern zone where the mafic-dominant island arc magmatism occurred during ~285–275 Ma (Herzig et al., 1997). Whereas the crusts of felsic materials-dominated unit were possibly sourced from the East Asian continental arc of northern zone of Mz.T, such as the Korean Peninsula where the Permian arc-magmatism initiated at ~272 Ma until Late Triassic (Kim et al., 2021). TB possibly formed by debris flow during two episodes of tectonic activity occurring in and around Mz.BAB. The detrital zircon data obtained from 3 samples of sandstone outcropping in Mz.BAB showed different age populations with 3 major probability peaks at 275, 269, and 268 Ma. The breccia and sandstone samples revealed Latest Permian maximal depositional ages. The Latest Permian sedimentation in Mz.BAB was characterized by the deposition of coarse-grained material, sandstone and collapse breccia, supplied from both southern and northern zone of Mz.T, implying a switch of provenance and intense tectonic activity that affected Mz.BAB before its closure.

Hayasaka et al. (1996) Tectonics and Metamorphism.

Herzig et al. (1997) Island Arc.

Kim et al. (2021) Gond. Res., in press.

Tokuoka et al. (1987) In Memoir of the Fac. of Sci. Shimane Univ.

Keywords: Late Permian, Maizuru back-arc basin, Maizuru terrane, Tectonic and provenance switch, Tonoshiki breccia, Tonoshiki Formation

Detrital zircon age spectra of the Nankai accretionary wedge

*Rina Fukuchi¹, Hisatoshi Ito², Asuka Yamaguchi³, Gaku Kimura⁴

1. Naruto University of Education, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), 3. The University of Tokyo, 4. Japan Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

現世付加体深部の起源やその構造発達史は、沈み込み帯における地震活動や物質循環を理解するために重要な基礎情報である。南海トラフは、世界にある付加体を持つ沈み込み帯の中で、最もよく調べられている場所の一つであり、分岐断層より陸側（インナーウェッジ）の古い付加体は約6 Ma以降、海側（アウターウェッジ）では約2 Ma以降に急速に成長したとされる（Kimura et al., 2018ほか）。しかし、これらの構造は反射法地震探査断面によって描かれることが多く、それだけでは時空間的な情報を解明できない。粘土鉱物分析から、陸側付加体は太平洋プレート上の半遠洋性堆積物を起源とする考えもあるが（Underwood 2018）、不確定な要素も多い。本研究では、熊野海盆の基盤をなす陸側付加体深部の起源と構造発達史の復元を目的に、砕屑性ジルコンU-Pb年代測定を行った。

本研究では、統合国際深海掘削計画(Integrated Ocean Drilling Program; IODP) (現・国際深海科学掘削計画: International Ocean Discovery Program)の一環として南海トラフの地震発生メカニズムやプレート境界断層沿いの破壊伝播の理解を目的として行われた南海トラフ地震発生帯掘削計画 (Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment; NanTroSEIZE)により採取された試料を用いた。

2013年度に実施されたIODP第348次研究航海では、紀伊半島沖、熊野海盆内の掘削点Site C0002においてライザー掘削が海底下870.5 m から3058.5 mまで行われ、カッティングス（掘り屑）が連続的に採取された。Site C0002は付加体のインナーウェッジにあたり、プレート境界断層から派生した分岐断層より陸側に位置する。このカッティングスを用いて、ジルコンを分離し、電力中央研究所のLA-ICP-MSにてU-Pb年代を測定した。用いた付加体堆積物試料の堆積年代は石灰質ナノ化石より4–11 Maの間を示す（Tobin et al., 2015; Kitajima et al., 2020）。

付加体堆積物（Unit IV・Unit V）の試料の年代頻度分布は、70–100 Maのジルコンを多く含み、原生代のジルコン粒子は稀であった。白亜紀のジルコンの加重平均年代は、Unit IVA, Unit IVB, Unit Vで、それぞれ94±4Ma, 97±3Ma, 97±4 Maを示した。付加体堆積物中の海底下1–3kmの砕屑性ジルコンの年代頻度分布は深度によらず類似する。また、この年代頻度分布の傾向は、Site C0002の後背地が本州弧の白亜紀火成岩、及びそれらがリサイクルした付加体堆積岩であることを示唆する。

原生代のジルコン粒子が稀であることは、足摺沖ODP Site 1177の試料が揚子地塊起源と推定される原生代ジルコンを多く含むこと（Clift et al., 2013）と対照的である。約70 Maにピークを示す前弧海盆堆積物試料（Site C0002 Unit III; Ramirez, 2017）や熊野沖のアウターウェッジの前縁付加体試料（Site C0006・Site C0007）ともピークが異なる。これは、アウターウェッジ形成時（約2Ma以降）には南海トラフ熊野沖に供給される砂の起源が変化したことを示すと考えられる。約2 Ma以降の陸域では西南日本の隆起、伊豆弧の衝突、中央構造線の活動など、堆積物の供給源に変化をもたらす流路の転換や剝削を伴うイベントが多い。発表では、紀伊半島を中心とした西南日本の約2Maより前の陸域の隆起剝削史を考慮して議論する。

Clift et al. (2013). *Tectonics*, 32(3), 377–395. Kimura et al. (2018). *Progress in Earth and Planetary Science*, 5(1), 1–12. Kitajima, H. et al. (2020). Site C0002. IODP Proceedings. Ramirez, S. G. (2017). Doctoral dissertation. Tobin et al. (2015) Site C0002. IODP Proceedings. Underwood, M. B. (2018). *Island Arc*, 27(3), e12252.

Keywords: Accretionary prism, Nankai Trough

(entry) Estimation of fault formation environment in the eastern part of Yonaguni Island in the Southern Ryukyu Arc by paleotemperature and mineral paragenesis

*Haruya MIYAKI¹, Kiyokazu OOHASHI¹

1. Yamaguchi Univ.

はじめに

琉球列島はユーラシアプレートとフィリピン海プレートの間に位置し、フィリピン海プレートの沈み込み域に琉球海溝が分布する。また、琉球列島の南西部は台湾との衝突が認められる。与那国島周辺には琉球海溝、沖縄トラフと大規模なテクトニクスが発達し、島内には断層・傾動などの地質構造が発達している(坂井ほか, 1978)。与那国島の傾動は第四紀以降の変動地形であり、断層の一部は更新世後期に形成された地形面を明瞭に変位させ、正断層地形が顕著に発達する。本研究の目的は、これら与那国島の断層の構造発達史を明らかにし、島周辺のテクトニクスとの関係性を議論することである。そこで、断層が広域的に露出する島の東部(サンニヌ台周辺)で、断層帯構造と熱構造、鉱物組合せを明らかにし、発達史や形成環境の解明を試みた。

研究手法

断層帯構造を調べるため、断層中軸部からクラック密度、断層岩分布、各面構造の走向傾斜を測定・記載した。また、周辺の被熱構造を調べるため、八重山層群からビトリナイトを含む岩石試料の採取とビトリナイト反射率(Ro%)の測定を行い、最高被熱温度の推定にはEASY%Ro (Sweeney & Burnham, 1990)を用いた。断層岩および母岩の鉱物組合せを調べるため、XRD測定およびRockJock (Eberl, 2003)を用いた定性分析と定量分析を行った。

結果

断層帯の記載 与那国島東部の断層帯は、断層ガウジと断層角礫は断層中軸部から南側に20 mの幅で局所的に分布しており、カタクレーサイトは断層中軸部から南側に50 mの広範囲に分布している。

ビトリナイト反射率測定結果 八重山層群のRo(%)は断層中軸部付近の値が高く、断層帯から約60 m離れると最高被熱温度が一定値(バックグラウンド)を示した。上盤側のバックグラウンドはRo(%) = 0.72 (最高被熱温度に換算すると134 °C)を示し、下盤側ではRo(%) = 0.97 (同163 °C)を示した。

XRD測定およびRockJock結果 断層岩(断層ガウジ)および母岩(弱変形および非変形)の鉱物組合せは、石英、アルバイト、緑泥石、サニディン、イライトであった。カタクレーサイトはこれらに加え方解石が認められた。

考察

固結度のちがいや現地形面に変位を与えているかどうかを考慮し、カタクレーサイトが広範囲に分布する断層帯を古期の変形(ステージ1)、断層ガウジ・断層角礫を伴う断層帯を新期の変形(ステージ2)に区分した。ステージ1とステージ2の断層コアの構造は、それぞれmultiple fault coreとsingle fault core (Mitchell and Faulkner, 2009)に区分でき、ステージ1で形成された複数の断層コアの一部を再利用する形でステージ2の断層コアが形成されたと考えられる。また、ビトリナイト反射率測定より、上盤側と下盤側での断層の変位による温度差は約29 °Cであった。仮に地温勾配が40 °C/kmであると仮定すると変位量は約725 m必要であるのに対し、琉球層群-八重山層群の不整合面の鉛直隔離は約70 mである。これは、後期更新世の琉球層群堆積以前から断層運動が繰り返されたことに起因すると考えられる。また、断層中軸部の高被熱温度が認められる範囲はカタクレーサイトの分布域と重複しており、カタクレーサイト中にのみ方解石脈が認められることから、下盤側に高温流体が流れ込み、熱構造を改変した可能性が考えられる。

以上をふまえると、与那国島東部の断層帯は、八重山層群の堆積以降multiple fault coreの構造を有するカタクレーサイト帯が形成(ステージ1)した。その後、single fault coreの構造を有する断層ガウジ帯の形成(ステージ2)が開始し、ステージ2は琉球層群の堆積以降も変形が続く。また、東部の断層露頭はNE-SW走向の正断層であるため、沖縄トラフ拡大によるNW-SE引張(10-2 Ma; 古川, 1991)によって初生的な構造が形成された

可能性がある。

謝辞

本研究の実施にあたり，産業技術総合研究所の大坪 誠博士に助言や資料提供をいただきました。記して感謝申し上げます。

引用文献

Mitchell, T. and Faulkner, D. (2009) *J Struct Geol*, v. 31, no. 8, 802-816.

古川雅英 (1991) *Jour of Geograph*, 100(4), 552-564 1991.

Sweeney, J. and Burnham, K. (1990) AAPG Bulletin (1990) 74 (10): 1559-1570.

Eberl, D. (2003) USGS Report 2003-78.

坂井卓・浜田正平・辻和毅・鈴木勲・黒川睦生(1978) 八重山群島与那国島の地質。琉球列島の地質学研究, 3, p. 61-79.

Keywords: fault, Yonaguni Island, paleotemperature, Okinawa Trough, mineral paragenesis

(entry) OSL signal changes in friction experiments of sedimentary quartz

*Sayaka AKUTSU¹, Kiyokazu OOHASHI¹, Noriko HASEBE², Kazumasa MIURA²

1. Yamaguchi Univ., 2. Kanazawa Univ.

光刺激ルミネッセンス（OSL）年代測定法は、地球上に普遍的に存在する石英や長石を対象とし、数十年前からの年代測定範囲をもつため、断層物質を用いた第四紀断層の活動年代測定に適していると考えられている（鴈澤ほか, 2013）。この手法では、自然放射線によって鉱物中に蓄積した捕獲電子が、熱や光などの外部刺激によってリセットする作用を用いているが、断層運動に関係するどのような刺激で年代値がリセットするかはまだ未解明な点が多い。Oohashi et al. (2020)は、粉末石英に対してすべり速度を多様に变化させた摩擦実験を行い、OSL信号がすべり速度の増加と摩擦発熱の増大に伴って指数関数的に減少することを報告した。しかし、一般にOSL年代測定には不適切であるとされる花崗岩から抽出した石英（Guralnik et al. 2015; Jeong and Choi, 2012）を用いたため、通常OSL年代測定に用いられる堆積物中の石英の摩擦と信号減少との関係性は明らかにされていない。そこで本研究では、国内の海浜砂から抽出した石英粒子を出発物質とし、摩擦実験を実施した。また、日本の石英はOSL感度が低く、fast成分がないことが多い（Preusser et al. 2009; Westaway et al, 2009）ため、人工蓄積線量を少なくし、そのような石英でも高速摩擦に伴う信号変化が検出可能かどうかを調べた。

山口県笠戸島のはなぐり海岸で採取した海浜砂から粒径150-250 μm の石英を抽出し、線量を人工蓄積させてから摩擦実験を行った。実験は、速度を変化させたもの（速度；0.0002–1.3 m/s, 垂直応力；1.0 MPa, 変位量；10 m）と垂直応力を変化させたもの（垂直応力；0.5–5.0 MPa, 速度；0.65 m/s, 変位量；2.1 m）の2通り行った。回収試料のOSL測定には、破碎の影響を最小限にするために粒径150 μm 以上の石英を用いた。

測定の結果、花崗岩から抽出した石英の実験結果（Oohashi et al., 2020）と同様に、OSL信号はすべり速度および垂直応力の増加と摩擦発熱の増大に伴って指数関数的に減少した。速度可変実験では0.40 m/sで部分リセット、0.65 m/s以上で完全リセットが認められた。Oohashi et al. (2020)で部分リセットが認められた0.25 m/sにおいて、OSL信号減少の傾向は見られたが、部分リセットには至らなかった。したがって、蓄積線量が少ないとリセットまでのOSL信号減少量が小さくなり、部分リセットの見極めが困難になると考えられる。垂直応力可変実験では2.0 MPaで部分リセット、3.0 MPa以上で完全リセットが認められた。そこで、OSL信号が完全リセットするときの深度を、すべり速度0.65 m/s, 変位量2.1 m（継続時間約3秒）、垂直応力3 MPaの断層運動が垂直な横ずれ断層で起きたと仮定して求めた。その結果、深度116 mの静岩圧下でOSL信号は完全にリセットすると推定できる。しかし、天然の断層では、粘土鉱物による摩擦係数低下や含水の影響で摩擦発熱が小さくなることが予想される。したがって、粘土鉱物や水が含まれる天然の断層では、今回求めた深度よりも深部でないとリセットが起こらない可能性がある。

【引用文献】

鴈澤好博・高橋智佳史・三浦知督・清水聡（2013）地質学雑誌, 第119巻, 第11巻, 714-726.

Guralnik, B., Ankjærgaard, C., Jain, M., Murray, A.S., Müller, A., Wälle, M., ... Herman, F. (2015) Quaternary Geochronology, 25, 37-48.

Jeong, G.Y. and Choi, J.H. (2012) Quaternary Geochronology, 10, 32-326.

Oohashi et al. (2020) Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 125.

Preusser, F., Chithambo, M. L., Götze, T., Martini, M., Ramseyer, K., Sendezera, E. J., Susino, G. J., and Wintle, A. G. (2009) Earth-Science Reviews 97, 184-214.

Westaway, K. E. (2009) Radiation Measurements 44, 462-466.

Keywords: optically-stimulated luminescence, friction experiments, active fault

(entry) The latest slip zone with low density and mineral precipitation from borehole survey of the Neodani Fault

*Kazuma Yatabe¹, Tomoyuki Ohtani², Takashi Mori²

1. Gifu University, 2. Gifu Univ.

原子力規制庁が根尾谷断層で行った活断層ボーリングにより、1891年濃尾地震で変位を生じた最新すべり面を含むコア試料が得られている。これを用いて、X線CT観察と粉末X線回折分析を行い、根尾谷断層の地下における最新すべり面の特徴を明らかにすることが本研究の目的である。

根尾谷断層は岐阜・福井県境の能郷白山付近から岐阜県本巣市根尾水鳥をへて岐阜市北西部付近にかけて分布する全長35 kmの左横ずれ断層である。このうち、根尾水鳥では断層が2本に分岐する断層ジョグにおいて、1891年に起きた濃尾地震の際に6 mの縦ずれ変位を生じた地域である。この根尾水鳥において、原子力規制庁により根尾谷断層を貫く2本のボーリング孔が2019年に掘削された（原子力規制庁, 2019）。ボーリング孔のうち1本はパイロット孔であるNDFP-1である。NDFP-1は傾斜井であり、掘削長140.0 m、孔底深度106.8 mである。もう1本は本孔であるNDFD-1、及びそのサイドトラック孔井であるNDFD-1-S1である（以下、両者をあわせてNDFD-1と呼ぶ）。NDFD-1はほぼ鉛直に掘削された孔井であり、掘削長524.8 m、孔底深度516.9 mである。いずれの孔井もジュラ紀付加体の美濃帯付加コンプレックスである泥岩基質メランジュを貫いており、最新すべり面は、NDFP-1では掘削深度110.75mと想定され玄武岩と泥岩の両方を起源とする断層ガウジが、NDFD-1では掘削深度387.7mと想定され玄武岩起源断層ガウジが認められる。

ボーリングコアのX線CT撮影を行い、CT画像ビューワソフトHorosによる任意の2次元断面の観察を行った。比較的変形の弱い泥岩、チャート、玄武岩の平均CT値はそれぞれ1799, 1777, 2248であり、有色鉱物を多く含む玄武岩のCT値が比較的高い。一方で、NDFP-1の最新すべり面である泥岩起源断層ガウジでは平均CT値が1362、NDFD-1の最新すべり面である玄武岩起源断層ガウジでは平均CT値が1286ときわめて低い。

NDFP-1およびNDFD-1で51試料の粉末X線回折分析を行った。その結果、NDFP-1とNDFD-1の最新すべり面では、いずれもスメクタイトと方解石が含まれる。ただし、NDFD-1の最新すべり面の方が、スメクタイトと方解石をより明瞭に確認することができる。また、最新すべり面ではない玄武岩起源断層ガウジでも同様に、スメクタイトと方解石を含む。一方で、泥岩起源断層ガウジでは、スメクタイトがわずかに認められ、方解石は検出されない。よって、最新すべり面のみに着目すると、NDFD-1の玄武岩起源断層ガウジでは、スメクタイトと方解石が明瞭に認められるのに対して、NDFP-1では玄武岩と泥岩の両方を起源とする断層ガウジであり、泥岩起源断層ガウジが混入することにより、スメクタイトと方解石のピークがやや不明瞭になると考えられる。

最新すべり面ではCT値がきわめて低くなっている。これは、せん断面内部では密度が低くなっていることを示唆している。Scaringi et al. (2018)は、低封圧下での地すべり粘土のリングせん断試験より変位量が多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。また、津留ほか（2020）は根尾谷断層破碎帯の地表露頭2地点で基盤岩中に認められる最新すべり面の直上に分布する礫が混入し配列することを報告している。よって、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ともに、地表付近では開口が生じて礫が混入したと考えられる。断層ガウジでは、最新のすべりの有無にかかわらずスメクタイトと方解石が検出された。断層ガウジの形成に伴ってスメクタイトと方解石の晶出が生じたと考えられる。最新すべり面である断層ガウジでは密度が低いことから、掘削時点では濃尾地震から128年が経過しているものの、鉱物による空隙の充填がまだ十分に行われておらず、今後さらなる空隙の充填により密度が回復し、断層の強度回復が進んでいくと考えられる。また、最新すべり面である断層ガウジからもスメクタイトと方解石が見いだされることから、ここでは過去にもすべりを生じ、空隙をスメクタイトと方解石が充填した後に、再度濃尾地震のときにすべりを生じたものと考えられる。

引用文献：

Scaringi *et al.* (2018) *GRL*, 45, 767-777.

津留ほか(2020) JpGU-AGU Joint Meeting講演要旨集, SSS16-P05.

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.

Keywords: latest slip zone, X-ray Diffraction, X-ray CT, Neodani Fault, mineral precipitation, fault gouge

Fault-zone properties and slip-sense inversion of the Yunodake fault and surrounding small faults, Iwaki City, Fukushima Prefecture

*Masao KAMETAKA¹, Rina FUKUCHI², Yusuke KOMINE¹, Kotaro AIYAMA³, Riichiro MIYAWAKI⁴, Takahiro IIDA⁵

1. Dia Consultants, 2. Naruto Univ. of Education, 3. CRIEPI, 4. Hanshin Consultants, 5. CERES

福島県いわき市のNW-SE系の湯ノ岳断層に沿って、2011年福島県浜通りの地震（2011年4月11日、Mj7.0）によって、N-S系の塩ノ平断層と共に正断層センスの地表変状が出現した。湯ノ岳断層では、いわき市田場坂のボーリングやトレンチ調査の結果から、MIS5e相当の中位段丘面を構成する段丘堆積物に、断層活動の累積を示す変位が認められている（東京電力、2011）。同地点において、活断層と非活断層を区別する指標を抽出する目的で、2018年にトレンチの再掘削調査が行われた（佐伯ほか、2019）。今回は、このトレンチから採取した湯ノ岳断層及びその周辺に分布する小断層の研磨片・薄片の観察結果を中心に報告する。

【トレンチの地質】

2018年田場坂トレンチでは湯ノ岳断層を介して、下盤側に古第三系白水層群石城層の細粒砂岩、上盤側に下部中新統湯長谷層群水野谷層のシルト岩が分布している様子が観察された。湯ノ岳断層の破砕帯は幅約1m弱で、断層ガウジ及び断層角礫からなる。主断層のF1断層は段丘礫層の基底面を数十cm程度正断層センスで変位させているが、破砕帯及びF2断層は段丘礫層に覆われている。破砕帯内部では、主に断層角礫において逆断層センスを示す複合面構造が観察されるが、これらは正断層センスのR1面に切られている。このほか、水野谷層のシルト岩や砂岩を切り段丘礫層に覆われる複数の小断層（F3断層～F7断層）が確認された。

【観察試料】

各断層の断層面を含む方位試料を採取し、研磨片及び薄片観察を実施した。研磨片はF1断層、F2断層、F6断層及びF7断層を観察対象とし、薄片は全ての断層の試料を観察した。また、F1断層の試料では、micro-CTを用いて破砕帯の内部構造を立体的に観察した。

【湯ノ岳断層の変位センス】

観察結果から、F1断層は幅20cm程度で積層構造を持つ断層ガウジを伴い、断層面はシャープで連続性が良く、直線的かつ明瞭である。最新活動面付近では正断層センスを示し、断層面から離れた部分では逆断層センスを示す変形組織も認められた（図1）。micro-CT観察の結果から、逆断層センスを示すP面は鉛直方向で最も明瞭であり、逆断層センスの運動時に水平成分がほとんど伴われていなかったと考えられる。F2断層は破砕帯と水野谷層を境する断層であるが、断層面は大きく屈曲し、それ自体が正断層センスのR1で切られているような形態を示す。研磨片・薄片観察の結果では、幅約5mmの断層ガウジを伴い、正断層センスの変形組織が認められた。

【周辺の小断層の変位センス】

小断層のうちF3断層、F4断層及びF6断層は高角断層、F5断層及びF7断層は層面すべり断層で、いずれも幅数mm程度の薄いガウジを伴う。研磨片・薄片観察の結果から、高角断層のF3断層とF4断層では正断層センスと逆断層センスの両方の変形組織が観察された。一方、層面すべり断層のF5断層とF7断層、及びF7断層と共役とみられるF6断層では、逆断層センスの変形組織が卓越していた。

【湯ノ岳断層の活動史】

観察結果から、湯ノ岳断層は逆断層から正断層へ運動方向が反転し、いずれの運動も水平成分を伴わない純粋な縦ずれであったと考えられる。Lin et al. (2013) は、藤原町阿良田北西の湯長谷層群平層と水野谷層が湯ノ岳断層で接する露頭（東京電力、2011）の構造観察を行い、正断層センスの変形構造のみを記載していることから、湯ノ岳断層は新第三系堆積後には主に正断層センスの活動だった可能性がある。一方で、青木ほか（2021）は塩ノ平断層において前期中新世の礫岩が逆断層センスの変形を被っているとしており、運動方向の反転は前期中新世に限定できる可能性がある。また、最近活動していない小断層にも、運動方向の反転が認められる事例が見つかった。これらの小断層の活動も広域応力場の変化を反映していると考えられるが、湯ノ

岳断層の近傍に位置していることから、湯ノ岳断層の活動に伴って形成された局所的な応力場の影響を受けた可能性も否定出来ない。今回観察したトレンチは新第三系と古第三系が湯ノ岳断層で接する場所であるため、それ以前の活動はこの破砕帯には記録されていない。湯ノ岳断層の活動を総括するためには、より古い基盤岩中の破砕帯を観察する必要がある。

【引用文献】

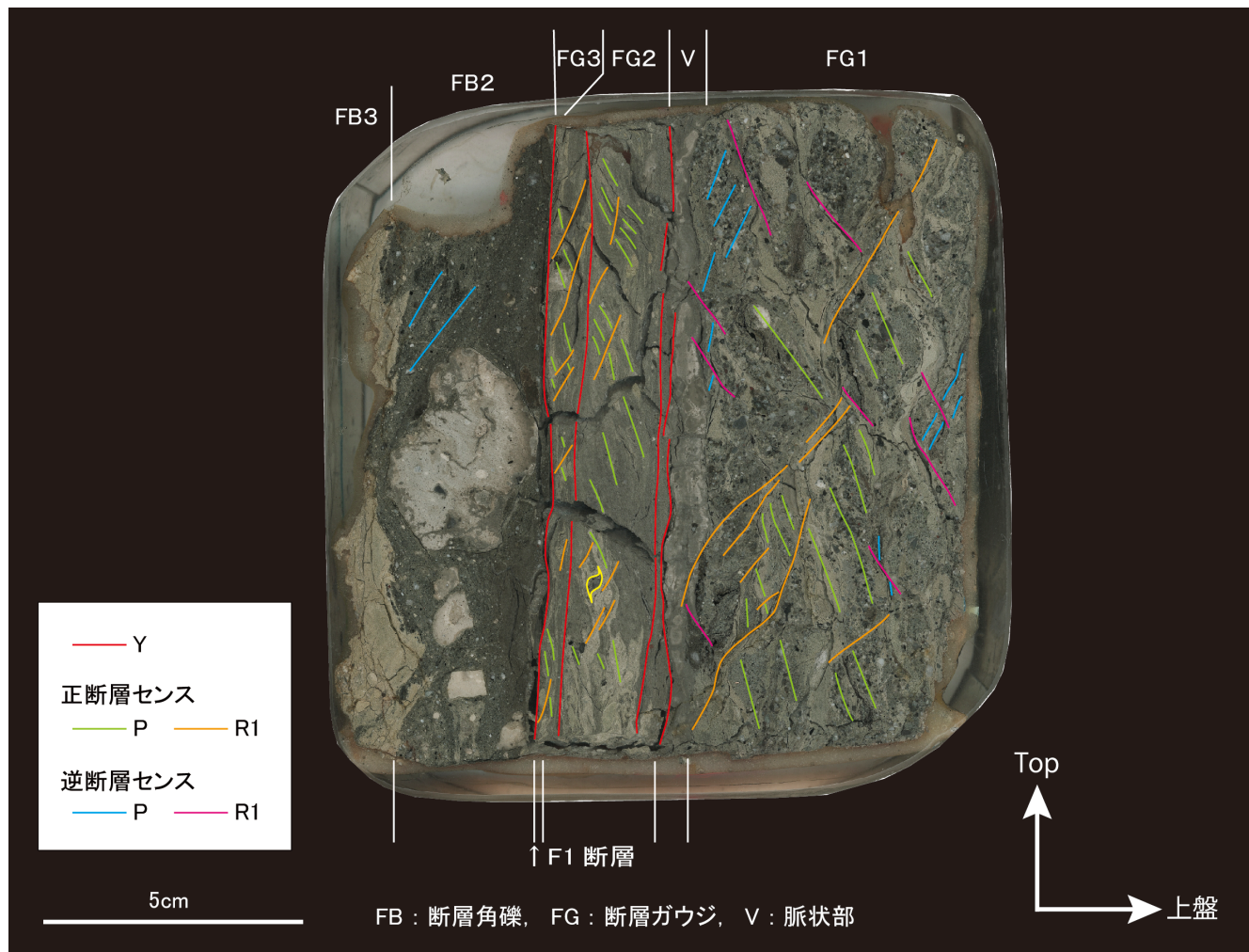
青木和弘ほか，2021，応用地質，62，64-81.

Lin A. et al., 2013, Bull. Seismo. Soc. Amer., 103, 1603-1613.

佐伯 健太郎ほか，2019，日本地質学会第126年学術大会講演要旨，R15-P-5.

東京電力株式会社，2011，湯ノ岳断層に関する追加調査結果の報告．82p.

Keywords: Yunodake fault, active fault, fault-zone properties, slip-sense, inversion



The time-space distribution in Kamikochi Earthquake Swarm and Fault System - Comparison of 1998 with 2020

*Tatsuro Tsugane¹

1. Shinshu Univ.

■群発地震域■

2020年4月22日未明、松本市西部の徳本峠の付近でM3.8の地震が発生し、微小な余震がおさまりつつあった翌日昼過ぎM5.5の地震が発生した。その13分後、六百山の南で起こった地震(M5.0)から震源域は上高地付近へと広がり、群発地震の様相が強くなった。上高地周辺では1998年にも群発地震が発生しており、8月7日に六百山の東で発生したM2.2の地震からはじまり、その東西の領域で、最大M5.0の地震を起こすなど1週間ほど活動した後、震源域が穂高岳の西方へ飛び、のちその南北に広がった。その領域は、北は野口五郎岳付近まで及び、群発領域は南北23kmに達した。2020年の群発域は縦沢岳付近から霞沢岳南部までの21kmの範囲で、1998年より南にシフトしたが、両者ともに特に地震が集中したのは上高地周辺であった。

■活動推移の比較■

[1998年/2020年]群発地震を発生から1年間の期間で比較する。両群発地震の地震数の時間推移は、前震・本震・余震型が重なり合うような形で、多数の断層活動が示唆される。総観測回数は設定範囲(30km以浅)で[6900/42014]回に及ぶ。極微小な地震を除いたM1以上の回数は[3721/6824]回となる。最大Mは[5.6/5.5]であるが、総地震エネルギーをM換算すると、[5.757/5.855]となり、2020年は1998年の約1.4倍であった。エネルギー放出過程を見ると、エネルギーの99%を放出するのにかかった時間は群発地震開始から約[43/75]日であるが、M1以上の地震回数が95%に達する時間は約[105/175]日となり、小規模な地震の数が減るには時間がかかることがわかる。収束を群発前の地震活動度(平均的地震数)まで戻ることと考えると1998年は680日を要するが、活動度がやや上がったと解釈すると、230日程度と見ることもできる。2020年群発地震は開始から324日後(2021/3/11)にM4.3の地震が発生するなど、群発以前より活動度がかなり高い状況が継続しており収束はまだかなり先になりそうである。

■断層面の認識■

津金(2018)は長野県中北部で震源の3D分布から多くの活動的な断層面を認識した。上高地を含む北アルプス地域でも断層面を見出したが、1998年群発地震の領域は震源集中域そのものが広く、面としての認識が困難であったため解析対象から外した。2020年群発地震も同様であったが、その端緒となった地震の断層面の認識が比較的容易であったため、さらなる探索を試みた。具体的には3Dプロットする地震の期間を数日から数ヶ月まで変化させ、かつ期間をスライドさせて断層面を検出した。その結果2020年群発地震は上高地付近で東西走向の長さ1.5~5kmほどの垂直に近い断層面10枚を認識した。1998年群発地震は同地域で東西走向1~4kmの垂直に近い断層面6枚を認識した。そのうち1つの断層面は2020年にも活動している。

井上・原山(2012)は地表踏査の結果、上高地地域で3-4本の活断層を発見しており、本合ほか(2015)はこれを上高地断層と呼び、1998年の群発地震震央集中域と関係を述べている。3D震源分布から認識した2020年地震の断層の地表投影は上高地断層に重なるものもあるので、両者の一部は同一であると考えられる。なお両群発地震で地表変位の報告はないので、上高地断層が地表で認識できるのは、より古い時期の地震による変位のため、或いは北アルプスの隆起と浸食によって地下の断層面が地表に現われたためであろう。

■群発地震と地殻内流体■

日本の火山近傍では15km以深で希に地震が起こる領域が多くあり、その震源を集積すると平面ではクラスター状の分布となる。これをここでは深部震源クラスター(DHC)と呼ぶ。北アルプスには乗鞍火山列に沿ってDHCが白馬大池火山から乗鞍火山にかけて7ヶ所存在する。そのうちの焼岳北方で上高地西方のDHCは北アルプスのDHCのうち最も多くの地震が観測されている。地震観測網の拡充の影響*で、この地域で15km以深の地震が観測されるのは1999年以降で、数多く観測されるようになるのは2004年以降である。1998年時点ではDHCは見えないが、2018年3月から焼岳北方のDHCでの活動が観測史上最も活発で、群発地震開始以降さらに活動度を上げている。DHCの最浅所はコンラッド面付近のマグマ集積域と考えられるのでDHCでの活動には

地殻流体が関わっていると予想され、この地殻流体が群発地震の消長に関係している可能性がある。

◇文献

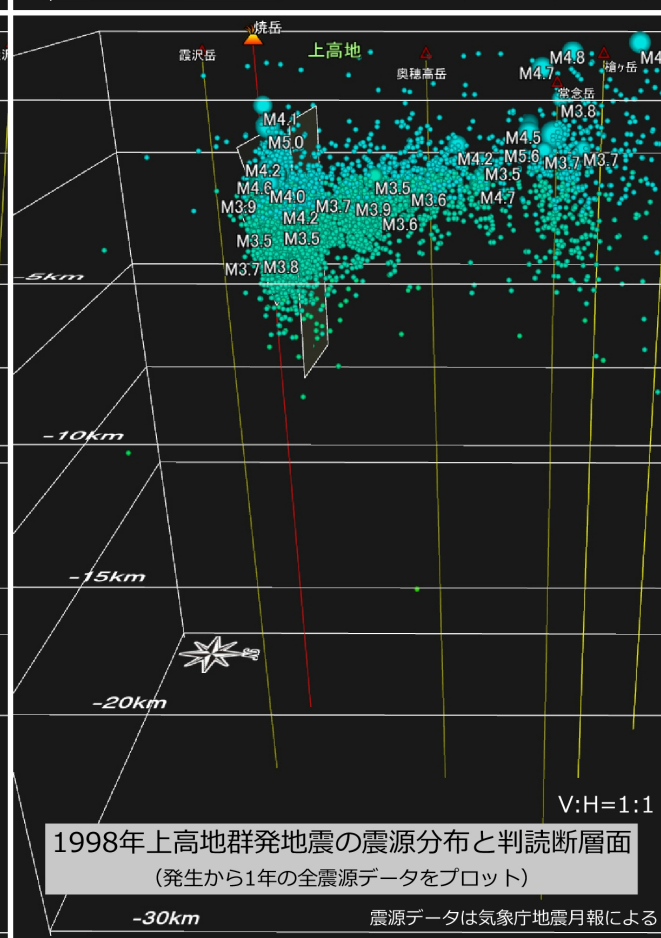
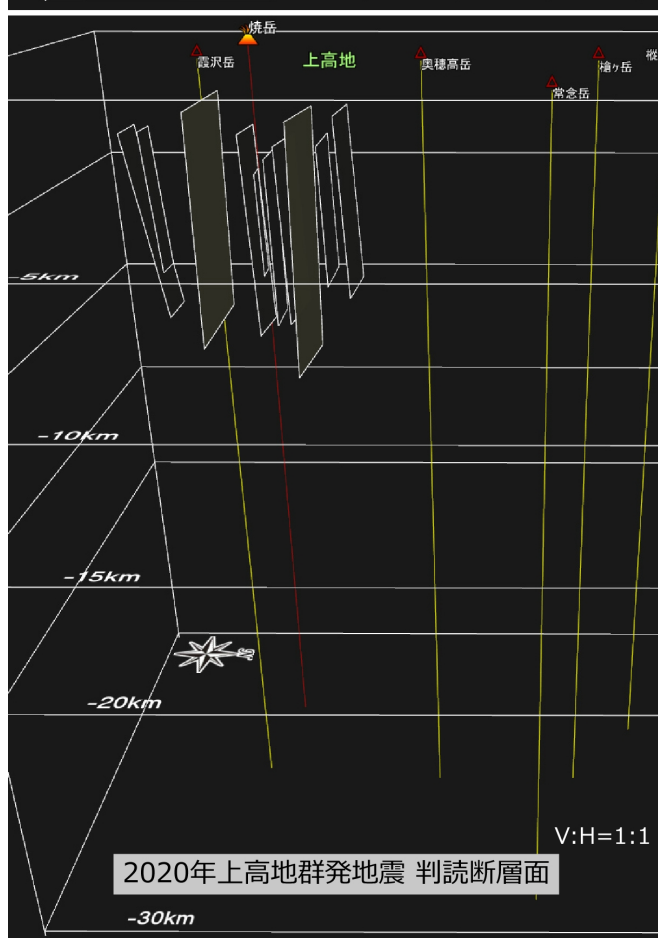
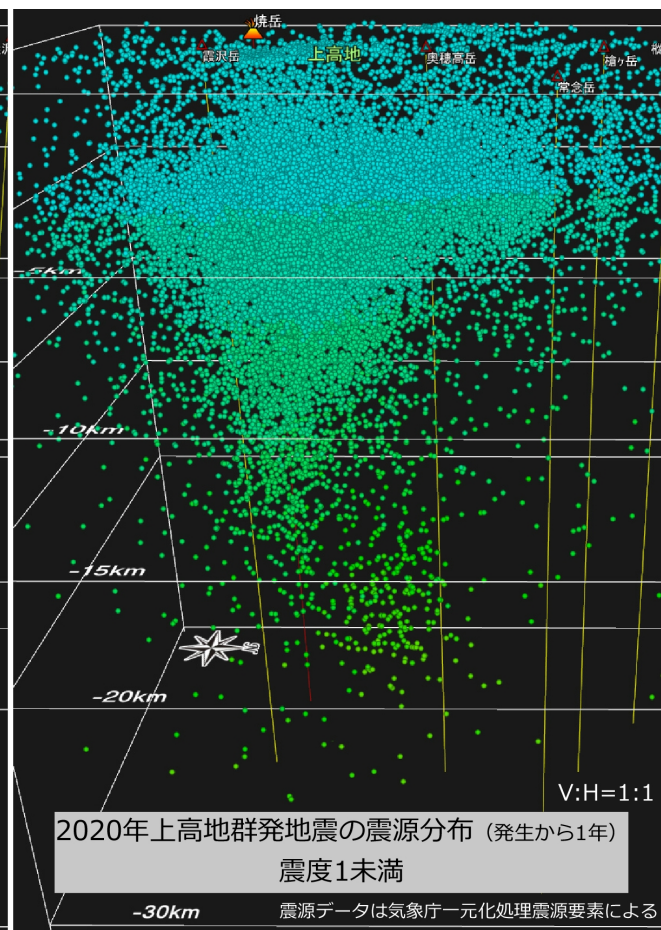
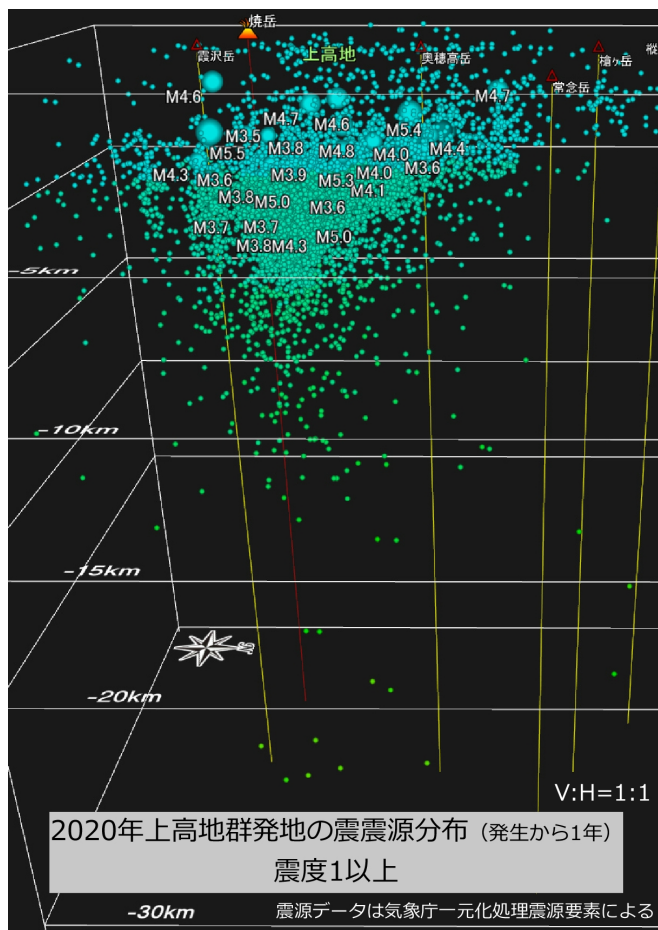
本合弘樹・井上 篤・原山 智(2015)地質学会演旨。

井上 篤・原山 智(2012)地理学会演旨。

津金達郎(2018)地質学会演旨。

震源データは気象庁地震月報，気象庁一元化处理震源要素による。

Keywords: 3D fault model, Kamikochi Fault, geofluid, Conrad discontinuity



[3poster57-61] R15 [Regular Session]Paleontology

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R15-P-1] Measurement of vertebrate fossils by 3D model using 3D data scale assignment program*Yoichi Kondo¹, Kiyoshi TANAKA², Kazuyuki TAKEMAE³, Hiroo AZRGAMI³ (1. Nojiriko Museum, 2. Shinshu Univ., 3. AB.do Co., Inc.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-2] (entry) Mode of Occurrence of siliceous microfossil assemblages from infill of trace fossils: an example of the ichnofossil *Tasselia ordamensis* from the Oligocene Nishinoomote Formation of the Kumage Group on the Tanegashima Island, Kagoshima, SW Japan*Akihito KIKUKAWA¹, Kazuki KIKUCHI², Yoshiaki AITA³, Nobuhiro KOTAKE⁴ (1. ITOCHU Oil Exploration Co., Ltd., 2. Kyoto Univ., 3. Utsunomiya Univ., 4. Chiba Univ.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-3] (entry) Reevaluation of microfossil records during the Carboniferous-earliest Permian marine biodiversification event: An example of Hina limestone, SW Japan*Ayaka Yokoo¹, Wataru Fujisaki¹, Yui Takahashi², Sachico Agematsu¹, Teruyuki Maruoka¹ (1. University of Tsukuba, 2. Keio Yochisa Elementary School)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-4] (entry) Morphologic difference between calcareous nannofossils Genus *Dictyococcites* and *Reticulofenestra* group and its meaning*Nobuhiro Doi¹, Koji Kameo² (1. Chiba University, Graduate school of Science and Engineering, Division of Earth and Environmental Sciences, 2. Chiba University, Faculty of Sciences, Department of Earth Sciences)

4:00 PM - 6:30 PM

[R15-P-5] Morphological change of a calcareous nannofossil genus *Sphenolithus* during Eocene– Miocene*Michihiro MIURA¹, Koji KAMEO² (1. Division of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Chiba university, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba university)

4:00 PM - 6:30 PM

Measurement of vertebrate fossils by 3D model using 3D data scale assignment program

*Yoichi Kondo¹, Kiyoshi TANAKA², Kazuyuki TAKEMAE³, Hiroo AZRGAMI³

1. Nojiriko Museum, 2. Shinshu Univ., 3. AB.do Co., Inc.

脊椎動物化石の研究では、正確な計測値が重要であることは論を待たない。従来から計測法については多くの解説があるが、そのほとんどは化石に計測ポイントを決めておき、ポイント間の長さをノギスや棹状計などで計測する方法である。長さの測定には必ず誤差が生ずるが、化石の計測の場合、機械誤差や自然誤差より個人誤差が大きいとされる。たとえば、長鼻類の臼歯の計測の場合、ミリ単位での計測値では大きな問題にはならないが、エナメル厚の計測値では小数点1桁単位の数値の違いでは、この個人誤差は大きくなる。近年、自然史系博物館資料におけるデジタル化がすすみ、3Dデータを作成するにあたりさまざまな手法が開発されてきた。その主なものは、CTスキャン、3Dスキャナ、フォトグラメトリーなどである。CTスキャンは機器が高価であり大きな化石には使えない。3Dスキャナでは機器が高価でなおかつ解像度が低いという課題がある。そこでフォトグラメトリーを用いた標本の3Dモデル化が多く用いられるようになってきた。日本では古生物の復元（新村，2020）や足跡化石研究（柴田ほか，2021）などに利用されてきている。しかし、三次元画像による計測は絶対的なスケールが存在しないため、画像上のスケールから計測し実際の計測値との比較を行う必要があるが、それでも数%の誤差が生じる。これは3Dモデルにスケールを与えるための目盛りの選択を人間がおこなっているため、選択誤差が生じるためである。信州大学と株式会社Ab.doでは、3Dモデルにコンピューターによる論理的で正確なスケール付与をあたえるプログラムを共同で開発して、特許を出願中である。このプログラムを使用し、実際にナウマンゾウの臼歯化石を使って化石を計測し、実際の計測値との違いについて検討してみたので報告する。

1 資料 野尻湖産ナウマンゾウ臼歯化石

2 方法 1) 標本を撮影する際、標本を取り囲むように2個1組のマーカを複数配置する。2) 写真撮影を行う。撮影にはデジタルカメラCanonEOSKissX2を使用した。3) 標本を頬側面、舌側面、歯根側面の3方向から、なるべく画像が重複するように注意して撮影した。総計で298枚の写真を撮影した。4) 3Dモデルの作成 撮影した写真からフォトグラメトリーソフトウェアAgisoft Metashape Professional v1.7.2を使用して、3Dモデルを作成する。5) 三次元データスケール付与プログラムで、2個1組のマーカごとに、中心点間の距離を11cmになるようにスケールを与える。6) 作成した3DモデルをAgisoft Viewerで計測し、実物を計測した値と比較する。

3 結果 ノギスで実物の標本を測定した値と3Dモデルをコンピューター上で計測した値は、1%以内の誤差で一致した。この誤差は測定ポイントを手動で設置するために生じるものと考えられる。測定ポイントを決めるために、コンピューター上の画像位置のX軸、Y軸、Z軸を求めて、その間の値を測定するようにすれば誰が測定しても測定値は一意的に決まることになる。

4 三次元データスケール付与プログラムによる測定の意義と課題

メリットとしては、デジタルカメラのデータで3Dモデルを作成することは費用も少なくすみ時間もかからない。また、貴重な標本を非接触で観察することができ、必要なところの詳細な観察が可能である。カメラとソフトとコンピューターがあれば、計測したいところが自由に計測・観察ができる。とくに詳しく知りたい部位は撮影枚数を増やすことにより詳細な観察が可能となる。課題としては、当然ながら写真に写らない映像のデータは反映されない。化石の凹凸が激しく、奥まで光が届かないような部位の映像データは空白になる。少なくとも化石の3方向からの撮影が必要で、この時の撮影の方法については今後改良する必要がある。撮影された画像データの変換に人的な作業が必要で、そのための費用はかかるが、今後撮影の方法などを工夫することで低価格での使用も可能となるだろう。このプログラムは古生物学の研究に有用な方法であると考えられる。

引用文献 新村・田中・甲能・山田・佐々木（2016）北海道産鱗脚類化石のデジタル生体復元ーフォトグラメトリーおよび3D CGソフトによる制作ー。化石，99，85-92。柴田・松川・ロックレイ・ミル

ナー（2021）SfM多視点ステレオフィトグラメトリーによる恐竜化石の三次元的な記録．横須賀市博研報（自然）（68）1-13.

Keywords: Photogrammetry, data scale assignment program, Measurement , vertebrate fossils

(entry) Mode of Occurrence of siliceous microfossil assemblages from infill of trace fossils: an example of the ichnofossil *Tasselia ordamensis* from the Oligocene Nishinoomote Formation of the Kumage Group on the Tanegashima Island, Kagoshima, SW Japan

*Akihide KIKUKAWA¹, Kazuki KIKUCHI², Yoshiaki AITA³, Nobuhiro KOTAKE⁴

1. ITOCHU Oil Exploration Co., Ltd., 2. Kyoto Univ., 3. Utsunomiya Univ., 4. Chiba Univ.

生痕化石の充填物から保存良好な微化石が産出する例はこれまでも報告され、地質年代決定に用いられてきた（芳賀・小竹，1996など）。しかし、生痕内部での微化石の分布パターンや産状の詳細を報告した例は知られていない。また、母岩から産出した微化石群集と生痕中のそれとを比較し、微化石の保存状態や種組成の違いを検討した研究も知られていない。そこで本研究では、鹿児島県種子島に分布する漸新統熊毛層群西之表層大久保泥岩部層から産出した生痕化石 *Tasselia ordamensis* の充填物から豊産する放散虫化石群集の種構成を明らかにすると共に、産状を観察・記載した。そして、母岩の泥岩に含まれる放散虫化石群集とそれらを比較した。その結果、生痕中に保存された放散虫化石群集は、母岩に含まれるそれに比べて保存状態が良く、種の多様性も高いことが判明した。これらの結果に基づき、放散虫化石群集の種構成と保存状態が、生痕内部と外部の母岩とで明瞭な差異が生じた理由を検討した。

生痕化石 *Tasselia* は、層理面にほぼ垂直な lined inner tube と、それを取り巻く inner fill（以下 IF）と outer fill（以下 OF）から構成され、その外形は洋梨型が多い。*Tasselia* は深海堆積物から産出し、多毛類の摂食・排泄・居住痕と解釈されている（Olivero and López Cabrera, 2010）。本研究で検討した *Tasselia* は、石灰質コンクリーションとして泥岩から発見された。

試料の処理と検討は以下の手順で行った。酸処理を施した生痕の断面を走査型電子顕微鏡で撮影した後、内部構造を観察すると共に珪質微化石の個体数をカウントした。また、保存状態と種組成を比較するため、生痕の酸処理の過程で得られた残渣と大久保泥岩部層の泥岩4試料から得られた残渣からそれぞれ100個体を目安に放散虫化石を拾い上げ、電顕で撮影し、種レベルで同定した。試料間の総個体数の違いを補正するため、種毎の個体数から相対産出頻度を求め、定足率充足法（Alroy, 2010）による種豊富度の比較を行った。

観察の結果、*Tasselia* の内部構造の部位毎で珪質微化石の分布に違いが認められた。放散虫と珪藻化石は IF や OF に取り囲まれた母岩部分から多産する一方、OF からの産出は少ない。特に、珪藻化石は OF に取り囲まれた母岩部分に密集部が観察された。生痕の残渣からは微細構造が良く保存された16属28種の放散虫化石が産出した。一方、泥岩4試料からは、それぞれ7属7種、9属12種、10属11種、13属15種の放散虫化石が産出した。定足率充足法による解析の結果、サンプルサイズ効果を補正したとしても、生痕から産出した微化石群集の種豊富度が泥岩試料に比べて高いことが分かった。

生痕内部における珪質微化石の分布の偏りは、堆積物の充填様式の違いに起因する可能性がある。微化石が多産した IF は海底面上の堆積物が構造内部に受動的に充填されたと考えられている（Olivero and López Cabrera, 2010）。一方、OF は形成者が排泄によって積極的に充填した堆積物と考えられる。すなわち、OF に取り囲まれた母岩部分と IF は、形成者による堆積物食行動を受けていない当時の海底面付近の堆積物と解釈できる。これら保存良好な微化石を含む部位は、OF がコンクリーション化することで続成作用に伴う破壊や溶解から保護され、オリジナルの種構成を保持したまま化石化した可能性が高い。これらを考慮すると、*Tasselia* 内部と外部の泥岩試料に含まれる微化石の保存状態や種豊富度の違いは、生痕部がコンクリーション化したことによる保存ポテンシャルの上昇という点から説明できる。一般に、碎屑岩に含まれる珪質微化石の保存状態は、埋没続成作用によって悪化すると考えられ、陸上地質体の堆積年代や層序の検討に際して可能な限り保存良好な微化石を抽出することが求められてきた。本研究における結果を考慮すると、放散虫化石の検討を行う際には、母岩に比べて明らかに続成作用の影響を受けていない生痕化石起源の石灰質コンクリーションを試料として用いることがより望ましいことが判明した。

引用

Alroy, J., 2010, *in* Alroy, J. and Hunt, G., eds., Quantitative Methods in Paleobiology, 55-80, The Paleontological Society, Boulder.

芳賀・小竹, 1996, 地質雑, **102**, 758-760.

Olivero E.B. and López Cabrera, M.I., 2010, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., **292**, 336-348.

Keywords: Tasselia ordamensis, radiolarian fossil, diatom fossil, preservation potential, Oligocene, calcareous concretion

(entry) Reevaluation of microfossil records during the Carboniferous-earliest Permian marine biodiversification event: An example of Hina limestone, SW Japan

*Ayaka Yokoo¹, Wataru Fujisaki¹, Yui Takahashi², Sachico Agematsu¹, Teruyuki Maruoka¹

1. University of Tsukuba, 2. Keio Yochisa Elementary School

顕生代には複数回の氷河時代が生じたことが知られているが、その中でも古生代後期の氷河時代(Late Paleozoic Ice Age; LPIA)は、超大陸パンゲアの形成、大気中の酸素/二酸化炭素濃度の増加/減少、熱帯雨林の進化と拡大といった様々な地質イベントで特徴付けられる(e.g., Berner, 2006; Montañez et al., 2007; Montañez and Poulsen, 2013)。さらに近年LPIAの期間、特に前期石炭紀(mid-Visean)から前期ペルム紀(late Asslian)の間に、生物種が急激に増加(10.75%/Myr)した生物多様性イベント(Carboniferous-earliest Permian Biodiversification Event; CPBE)が報告されている(Fan et al., 2020; Shi et al., 2021)。この生物種の増加率は、中期から後期オルドビス紀にかけて生じた生物多様性イベント(Great Ordovician Biodiversification Event; GOBE)に匹敵する(11.60%/Myr)と推定されており、CPBEの全容解明は古生代に生じた生物多様性を包括的に理解する上で非常に重要な研究課題である。CPBEによる生物種の増加は大きく2回のイベントに分けられ、1回目は前期石炭紀(mid-Visean)から後期石炭紀(early Bashkirian)、そして2回目は後期石炭紀(early Bashkirian)から前期ペルム紀(Late Asselian)に相当する(Fan et al., 2020; Shi et al., 2021)。これらの期間では、コノドントや頭足動物といった生物群は緩やかに減少する一方で、有孔虫や腕足動物といった生物群は急激に種の数を増やしていったことが報告されている。しかし、これらの議論は、主に中国、インドネシア、カザフスタンといったテチス海を囲む大陸縁辺部の化石記録に基づいて展開されており、当時の海洋の大部分を占めていたパンサラッサ海での化石記録はほとんど含まれていない。そこで本研究では、超海洋パンサラッサ中央部にて堆積した古海山頂部起源の環礁複合体と考えられる岡山県井原地域に産する日南石灰岩に着目した。先行研究では、層厚約50mに及ぶ一連の石灰岩セクションから約1 m間隔でコノドント化石が抽出・記載され、前期-後期石炭紀境界(Mississippian-Pennsylvanian Boundary; MPB)を跨ぐ6属16種のコノドント相が報告されている(Mizuno, 1997)。一方で、我々が新たにcmスケールの詳細な地質柱状図の作成及び岩石記載を行った結果、同セクションから先行研究では記載されていなかった断層が新たに2箇所確認された。本研究では、これら断層間の年代ギャップの評価に加え、これまで主にテチス海浅海部の化石記録から評価されていたCPBEに、新たにパンサラッサ海中央部での化石記録を加えることで、CPBEの中でも1回目の生物種増加イベントが生じたMPB近傍での全球的な描像を捉えることを目標としている。今回の発表では、これまでに行った日南石灰岩の露頭記載に加え、コノドントやフズリナといった化石記録の最新の結果を紹介する予定である。

Keywords: Late Paleozoic, Biodiversification Event, Mississippian-Pennsylvanian Boundary, conodont, Hina Limestone

(entry) Morphologic difference between calcareous nannofossils Genus *Dictyococcites* and *Reticulofenestra* group and its meaning

*Nobuhiro Doi¹, Koji Kameo²

1. Chiba University, Graduate school of Science and Engineering, Division of Earth and Environmental Sciences, 2.
Chiba University, Faculty of Sciences, Department of Earth Sciences

新生代を通して最も普遍的に産出する石灰質ナノ化石 *Reticulofenestra* 属と、それに近縁な分類群である *Dictyococcites* 属は、短冊形の方解石結晶からなる微小なエレメントが楕円上に配列した円盤2枚を重ねた構造を持っている。両者の円盤の中央部には中央開口部という穴があり、*Dictyococcites* 属はその穴を覆う方解石の構造物をもつ点で *Reticulofenestra* 属と区別される。ただし、この構造物は *Reticulofenestra* 属の円盤に方解石結晶の装飾が付加したものという考えもあり (Bown and Young, 1997)、同じ属として扱われることもある。実際、新第三系で見られる両者の円盤の大きさや形は非常に似ていることが、計測結果から明らかにされている (Henderiks, 2008)。一方、古第三系、特に始新統で産出する両者の形状は近いものの、大きさにやや違いが見られることがわかっており、この時代の両者の関係性は良く分かっていない。これに対し、筆者らは始新統の *Reticulofenestra* グループ (*Reticulofenestra* 属とその近縁種) の形態を調べ、中央開口部の形状が両者では明確に異なる可能性が高いことを明らかにしたので、その結果を報告する。

本研究ではインド洋、南大西洋で実施された国際深海掘削計画 (Leg 115, 208) の深海底コアを用いて、*Dictyococcites* 属が多産する上部始新統を重点的に検討した。一層準につき *Dictyococcites* 属50個体を電子顕微鏡で無作為抽出して、観察および撮影を行った後、画像解析ソフトImageJで円盤の外形と中央開口部について楕円解析 (長軸、短軸の計測) を行い、その形状を示す指標として扁平率も算出した。また、比較対象として同時に産出する *Dictyococcites* 属以外の *Reticulofenestra* グループ50個体にも同様の計測を行った。

本研究の結果に基づくと、*Dictyococcites* 属のサイズ分布は同時期の *Reticulofenestra* グループが小さいものから超大型の個体まで様々であるのに対し、比較的大型のものに偏っていたが、その扁平率はほぼ同一である。一方で、*Dictyococcites* 属の中央開口部の長軸の長さは3–5 μm でほぼ一定であったが、*Reticulofenestra* グループは2–7 μm と幅広い値を示した。また、中央開口部の扁平率は *Dictyococcites* 属の方が比較的大きい傾向にある。しかし、両者が最も大きく異なる点は円盤の大きさと中央開口部の大きさとの関係であり、*Dictyococcites* 属の中央開口部は、その円盤の大きさに関わらずほぼ一定であった。一方で、この時の *Reticulofenestra* グループは円盤の大きさと中央開口部の大きさがほぼ比例的に分布していた。これらのデータを踏まえると、*Dictyococcites* 属の中央開口部の形状はどのような個体も近いものになることが示唆される。この結果はインド洋や大西洋でほぼ同じであって、海域ごとの違いはあまり見られなかった。

従って、少なくとも後期漸新世における *Dictyococcites* 属は同時代の *Reticulofenestra* グループとは中央開口部の形状が異なっていることは明らかで、石灰質殻、すなわちココリスの形成は中央開口部における結晶配列から始まると考えられていることを考慮すると、両属の結晶化プロセスは明らかに異なっている。これはこの時代における両者が明確に異なる分類群であることを示す根拠となり得る。今後は *Dictyococcites* 属が存在していた時代全域に研究対象を広め、その形態的特徴に変化があるのか明らかにする必要がある。

引用文献

Bown, P. R., and Young, J. R., 1997. Proposals for a revised classification system for calcareous nannoplankton. *Journal of Nannoplankton Research*, 19(1), 15-47.

Henderiks, J., 2008. Coccolithophore size rules—reconstructing ancient cell geometry and cellular calcite quota from fossil coccoliths. *Marine micropaleontology*, 67(1-2), 143-154.

Keywords: Calcareous nannofossil, Morphology, Microfossil

Morphological change of a calcareous nannofossil genus *Sphenolithus* during Eocene–Miocene

*Michihiro MIURA¹, Koji KAMEO²

1. Division of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Chiba university, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba university

石灰質ナノ化石 *Sphenolithus* 属は新生代を代表する石灰質ナノ化石のグループである。この分類群は、暁新世に出現して鮮新世に絶滅するが、様々な形態の種が出現し、新生代を区分する標識種とされる（例えば Okada & Bukry, 1980）。この *Sphenolithus* 属の形態は塊状、あるいは棘状の方解石結晶が放射状に配置された円錐形であり、proximal cycle, lateral cycle, apical cycle の3つの要素で構成され、中には apical spine と呼ばれる大型の突起物が発達している個体もある。原則として、これらの結晶の形状と組み合わせの特徴に基づいて分類が行われるが（Young, 1998）、しばしば偏光顕微鏡での観察だけでは微細な構造の認識が難しい場合もある（例えば Rio et al., 1990）。そこで本研究では始新世–中新世において、*Sphenolithus* 属の微細構造と変化を明らかにすることを目的として、走査型電子顕微鏡の詳細な観察による結晶の計測とそれによる分類を考察した。研究試料は国際深海掘削計画（Ocean Drilling Program: ODP）で得られた深海底コアのうち Hole 1265A（大西洋）、Hole 711A（インド洋）および Hole 1209A（太平洋）の約45–10 Maに相当する堆積物を使用した。対象の試料に含まれる *Sphenolithus* 属を無作為に50個体抽出し、走査型電子顕微鏡で観察・撮影した。撮影した画像から Image J を用いて観察した個体の全長、base（lateral cycle と proximal cycle）の幅、proximal cycle の長さを計測した。

本研究の結果に基づくと、*Sphenolithus* 属は前期漸新世と前期中新世にそれぞれ大型の個体が現れる傾向がある。大型化する層準では個体の全長と base の幅が 6 μm を越える個体が増加し、特に前期中新世において個体の大きさは最大である。前期中新世以降は小型化する傾向にあるが、後期中新世にこれが顕著になり 6 μm 未満の個体だけが産出する。形態上の特徴としては、*Sphenolithus* 属は apical spine がある個体とない個体とに分類される。apical spine がある個体は spine の構造と産出する年代によって特徴的な個体が確認できる。一方、apical spine がない個体は方解石結晶の形・配列によって分類され、層準によって異なる形態が観察された。始新世では塊状の方解石結晶をもつ個体が優勢だが、漸新世と中新世では棘状の方解石結晶をもつ個体が観察される。特に中新統から産出する個体は apical spine を持たない多様な形態が出現し、10種類の形態に分類することができる。これらの形態の分類基準に従うと、前期漸新世・前期中新世の大型化の際に出現した個体は方解石結晶の配列の違いによって区別できる。さらに、後期中新世における小型化は、規則的に配列された塊状の方解石結晶が特徴の大型個体が消滅し、棘状の方解石結晶をもつ小型個体が優勢になることで特徴付けられ、特定の形態の出現・消滅が *Sphenolithus* 属のサイズ変化に関連していると考えられる。

引用文献

Okada, H. & Bukry, D., 1980, Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphy (Bukry, 1973; 1975), *Marine Micropaleontology*, **5**, 321–325

Rio, D., Fornaciari, E., and Raffi, I., 1990, Late Oligocene thorough early Pleistocene calcareous nannofossils from western equatorial Indian Ocean. In *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **115**, 175–235, College Station, TX

Young, J. R., 1998, Neogene. In P. R., Bown ed., *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, Kluwer Academic Publishers, **8**, 225–265

Keywords: calcareous nannofossil, genus *Sphenolithus*, morphology, Cenozoic

Poster | R16 [Regular Session]The Jurassic +

[3poster62-65] R16 [Regular Session]The Jurassic +

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R16-P-1] (entry) Castles built on a Jurassic accretionary complex in the Kiryu and Ashikaga District, southwestern Ashio Mountains, central Japan

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

4:00 PM - 6:30 PM

[R16-P-2] (entry) Stratigraphical changes of sandstone compositions in the Lower Jurassic Kuruma Group along the Odokoro River, Itoigawa City, Niigata Prefecture, central Japan

*Takuma Kawajiri¹, Atsushi Matsuoka¹ (1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R16-P-4] Middle Jurassic shallow marine invertebrate fossils from the Kaizara Formation of the Kuzuryu Group in the Izumi District, Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan

Kazuki Harada¹, Kotohiro Takatsu², *Shin-ichi Sano³ (1. Department of Earth Sciences, School of Science, University of Toyama, 2. Ohno Geoscience Association, 3. Department of Earth System Science, School of Sustainable Design, University of Toyama)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Castles built on a Jurassic accretionary complex in the Kiryu and Ashikaga District, southwestern Ashio Mountains, central Japan

*Tsuyoshi Ito¹, Ysumine Ichizawa²

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Toyota City Museum of Local History

人間の活動は、しばしば地質や地形と関連する。日本の歴史では多くの城郭が築かれ、その建築に関しては地質学・地形的要素が考慮されたと考えられる。演者の1人伊藤は、足尾山地南西部「桐生及足利」において5万分の1地質図幅を作成中である。城郭と地質の関係を検討するために、「桐生及足利」地域の地質図上に、城郭29城（山城及び平山城）の位置をプロットした。このうち24城が足尾帯ジュラ紀付加体の分布域に位置しており、この中で13城はチャートの上に築かれている。またチャート以外の分布域に位置する城郭についても、本丸周辺ではチャートがみられる例がみられた。築城に当たり、チャートが他の岩石より硬く急峻な地形を形作ることが利用されたと考えられる。

Keywords: castle, chert, Ashio Mountains, accretionary complex, geography

(entry) Stratigraphical changes of sandstone compositions in the Lower Jurassic Kuruma Group along the Odokoro River, Itoigawa City, Niigata Prefecture, central Japan

*Takuma Kawajiri¹, Atsushi Matsuoka¹

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

【はじめに】砕屑岩の組成は後背地の検討において重要な指標となるが、砕屑物の運搬過程や堆積環境などの要因によって組成が変化することが知られている(千々和, 1992)。

富山県・長野県・新潟県の三県にわたって分布する下部ジュラ系来馬層群について、砂岩組成の層位変化について報告する。来馬層群は、犬ヶ岳地域、小滝・大所地域、来馬地域の3地域に分かれて分布する。白石(1992)は小滝・大所地域と来馬地域の本層群を下位より、蒲原沢層、大所川層、ヨシナ沢層に区分した。長森ほか(2010)は、大所川流域の岩相から白石(1992)がヨシナ沢層と区分した部分が大所川層にあたるとし、大所川層を下部、中部、上部に細分した。

新潟県糸魚川市に分布する来馬層群は、堆積相の検討により河川成堆積物からなるとされている(長森ほか, 2010)。しかしながら、Hayami(1957)は小滝川流域および大所川流域より海生二枚貝化石の産出を報告しており、本地域において海成層が存在することは明らかである。本報告では大所川流域の大所川層に着目して砕屑物組成の層位的変化を示すとともに、産出化石により推定される堆積環境との関連について議論する。砂岩のモード組成については、Gazzi-Dickinson法を採用し、一枚の薄片につき500ポイント測定した。砂岩のモード組成の測定結果をもとにQm-F-Ltダイアグラムを作成した。

【調査結果】大所川流域の来馬層群について柱状図を作成し、下位から蒲原沢層、大所川層下部、大所川層中部、大所川層上部に区分した。また、汽水生二枚貝化石の密集層を大所川層下部より1層準、大所川層上部より2層準発見した。Hayami(1957)による海生二枚貝化石の産出層準は、大所川層中部に相当する。本地域の砂岩は、Qm-F-Ltダイアグラム上ではTransitional Arc からDissected Arcにプロットされる。砂岩のモード組成における層位的変化は以下の通りである。蒲原沢層から大所川層下部にかけてはLtが減少し、QmとFが増加する。大所川層下部から中部にかけてはQmとFがやや減少し、Ltがやや増加する。大所川層中部から上部にかけてはFがやや減少し、QmとLtが増加する。

【考察】蒲原沢層から大所川層下部にかけての組成変化は、火成弧の削剥の進行を示す。大所川層下部から中部にかけての堆積環境は、上位に向かって氾濫原堆積物(長森ほか, 2010)から汽水生二枚貝化石密集層、海生二枚貝産出層準付近(Hayami, 1957)へと変化することから、河川、汽水、浅海と移り変わっていったと考えられる。砂岩組成変化はQmとFがやや減少し、Ltがやや増加する。ところが、この変化は後背地の成熟にともないQm, Fが増加する(Dickinson et al. 1983)というところでは説明できない。加えて、高エネルギー環境下ではLtが減少しQm, Fが増加することが報告されているが(千々和, 1992)、この結果とは逆の傾向を示している。よって、本検討の結果は堆積環境が砂岩組成に与える影響よりもテクトニックな要因が強くはたっていることを示唆している。竹内ほか(2017)は来馬層群の堆積速度が速いことを指摘しており、高エネルギー環境下で物理的に不安定な岩片が石英・長石に分解されるよりも速く砕屑物が供給されたと考えられる。大所川層中部から上部にかけての組成変化は、Dickinson et al. (1983)や千々和(1992)のとらえ方では説明できない。

千々和, 1992, 地質雑, **38**, 311-327. Dickinson et al., 1983, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **94**, 222-235. Hayami, 1957, *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **28**, 119-127. 熊崎・小嶋, 1996, 地質雑, **102**, 285-302. 長森ほか, 2010, 図幅「小滝」, 産総研地質調査総合センター, 134p. 白石, 1992, 地球科学, **46**, 1-20. 竹内ほか, 2017, 地質雑, **123**, 5, 335-350.

Keywords: Kuruma Group, Lower Jurassic, depositional environments, sandstone compositions, stratigraphy, Itoigawa City, Niigata Prefecture

Middle Jurassic shallow marine invertebrate fossils from the Kaizara Formation of the Kuzuryu Group in the Izumi District, Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan

Kazuki Harada¹, Kotohiro Takatsu², *Shin-ichi Sano³

1. Department of Earth Sciences, School of Science, University of Toyama, 2. Ohno Geoscience Association, 3. Department of Earth System Science, School of Sustainable Design, University of Toyama

福井県大野市九頭竜地区に分布する、中部ジュラ系九頭竜層群貝皿層からは多様なアンモノイドを産し、バトニアン～カロビアンアンモノイド群集帯が設定されている（Sato and Westermann, 1991）。九頭竜地区下山地域には、貝皿層の主要な岩相である暗灰色頁岩層のほかに、ウミユリや二枚貝などの無脊椎動物化石を多産する粗粒砂岩層が分布するが、その層序学的・古生物学的検討は十分には行われていなかった。今回、大野地球科学研究会によって採集・保管されていた、ウミユリや二枚貝などの無脊椎動物化石の分類学的検討を行うとともに、粗粒砂岩の堆積環境に着目して現地調査を実施した結果、化石を多産する粗粒砂岩部は貝皿層の一部で、ウミユリなどが生息する浅海域に一度堆積した粗粒砂が、何らかのイベントによって、より低エネルギーの陸棚環境へと運搬され、再堆積してできたと考えられることがわかったので、予察的に報告する。

本地域の貝皿層は主に暗灰色頁岩からなるが、まれに粗粒砂岩部を挟在する。粗粒砂岩部は、様々な形状の頁岩の同時礫を含む層（厚さ約3 m）のほか、礫状の砂岩部と頁岩部が混在した層（厚さ約8 m）をなすものがある。粗粒砂岩部にはウミユリや内在性二枚貝、腕足類などの化石をしばしば産するが、これらの化石は頁岩部には見出されない。これらのことから、ウミユリや二枚貝は頁岩の堆積場に生息していたのではなく、元来はより浅海の粗粒砂が堆積する環境に生息していたものが、砂とともに、より深い、頁岩が堆積する環境（陸棚）へと運搬され、再堆積したものだと考えられる。なお、鹿澤ほか（2016）は、貝皿層上部に、三角貝 *Myophorella* などの二枚貝化石を含む、側方への連続性が悪い礫岩層の存在を報告し、その堆積機構に関して同様の解釈を行っている。

今回検討した化石標本は、貝皿層の粗粒砂岩部から採集されたゴカクウミユリ類の骨片73点、アンモノイド類1点、二枚貝類53点で、全て殻は溶解しており、雌型として産する。ゴカクウミユリには2種あり、それぞれ *Seiocrinus* sp. と *Isocrinus* (*Isocrinus*) sp. に同定された。両属とも、日本からの産出記録は既に存在するが、中部ジュラ系からは初めての記録となる。アンモノイドは、貝皿層の頁岩層中に多産する *Pseudoneuqueniceras yokoyamai* に同定され、粗粒砂岩部が貝皿層に対比されるという解釈を支持する。二枚貝は離弁で、しばしば破片化しているが、*Palaeonucula makitoensis*, *Mesosacella morrisi*, *Myophorella sugayensis*, *Fimbria somensis* が予察的に同定された。*My. sugayensis* や *F. somensis* は南部北上地域の相馬中村層群山上層との共通要素である点で注目される。

貝皿層における浅海棲化石群集の発見は、貝皿層の堆積場や堆積環境についての新たな知見をもたらすばかりでなく、日本では稀な、中期ジュラ紀の浅海棲無脊椎動物相の存在を示すもので、更なる分類学的・古生物地理学的な検討が期待される。

（謝辞）

野外調査実施にあたり、令和2年度深田野外調査助成の支援を受けた。大野地球科学研究会には収蔵標本を研究に利用させていただくとともに、採集時の未公表調査資料を提供していただいた。アンモノイドの同定や野外調査実施にあたり、中田健太郎博士、酒井佑輔氏、海野 奏氏の協力を得た。これらの方々に心より感謝申し上げる。

（文献）

Sato, T. and Westermann, G. E. G., 1991. Newsletters on Stratigraphy, 24, 81-108.

鹿澤優祐・半田直人・酒井佑輔・松岡 篤, 2016. 日本地質学会学術大会講演要旨, 539.

Keywords: Middle Jurassic, Kuzuryu Group, crinoids, bivalves, Fukui Prefecture

[3poster66-68] R17 [Regular Session]Geoinformatics and its application

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R17-P-1] Development and publishing of the MyMap3D Maker

*Yoshiharu NISHIOKA¹, Kaoru KITAO² (1. AIST, Geological Survey of Japan, 2. CubeWorks Inc.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R17-P-2] Publication of the revised Geological Map of the Okayama Prefecture and future revision work

*Yousuke Noumi¹, Nobuo Tanabe², Shigeto Nose³, Shiro Sadakane, Masayuki Mizuno², Hajime Tanaka², Yuto Oshima², Eiji Shimizu² (1. Okayama University of Science, 2. Seibu Consultant Co., LTD., 3. Japan Geochronology Network)

4:00 PM - 6:30 PM

[R17-P-3] Creating a lithology extraction and coloring function for Seamless Geological Map V2 using SVG tiles

*Kazuki Naito¹ (1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

4:00 PM - 6:30 PM

Development and publishing of the MyMap3D Maker

*Yoshiharu NISHIOKA¹, Kaoru KITAO²

1. AIST, Geological Survey of Japan, 2. CubeWorks Inc.

1. 概要

MyMap3D Makerは、極めて簡単に3Dウェブページを作成、公開するためのウェブアプリケーションである。MyMap3D Makerでは、各種パラメータ等をグラフィカルユーザーインターフェイスを用いて設定でき、効果をその場で確認できる。設定の完了後は結果をURLとして生成するので、そのURLを他のユーザに紹介するより完成した3Dウェブページを共有できる。そのURLを自サイトに埋め込むことも可能である。

MyMap3D Makerは3D表示エンジンとしてMyMap3D APIを利用する。MyMap3D APIは、パソコンのGPUを直接制御するWeb GLを介して3D描画を行い、高速化を図っている。JavaScriptライブラリとしてはthree.jsを使用している。

MyMap3D Makerは、本稿執筆時点では公開準備中ではあるが、以下のURLから近日中に正式公開予定である。

<https://gbank.gsj.jp/seamless/mymap3d/maker/>

2. 操作法

MyMap3D Makerは画面左側に操作パネル、右側にプレビュー部を持つ。操作パネルにおける各操作項目はグループに分類され、グループごとに操作項目の開閉を可能としている。アプリケーション起動時はすべての項目が閉じた状態である。操作項目の下にはテキストボックスを配置し、生成されたURLが表示される。URLは操作の都度自動で書き換えられる。操作パネル下段には各種ボタンを配置し、それぞれ対応した機能を提供する。

プレビュー部は操作に応じて自動で書き換えられ、常に設定に応じた描画となっている。ただし、最終的に生成されるページではボタン操作、マウスによる視点移動、3D地形クリックによる凡例表示機能を装備するが、それらの挙動は本件アプリケーションの操作項目の反映と相容れないため、プレビュー部でのイベント処理は無効化している。

また、2D地図による値設定機能を装備している。2D地図部は操作項目内のボタン操作により、プレビュー部の画面を切り替えて表示する。起動時はMyMap3Dのデフォルト設定（富士山を南の空から俯瞰表示）でプレビュー画面を描画する。

3. 特徴

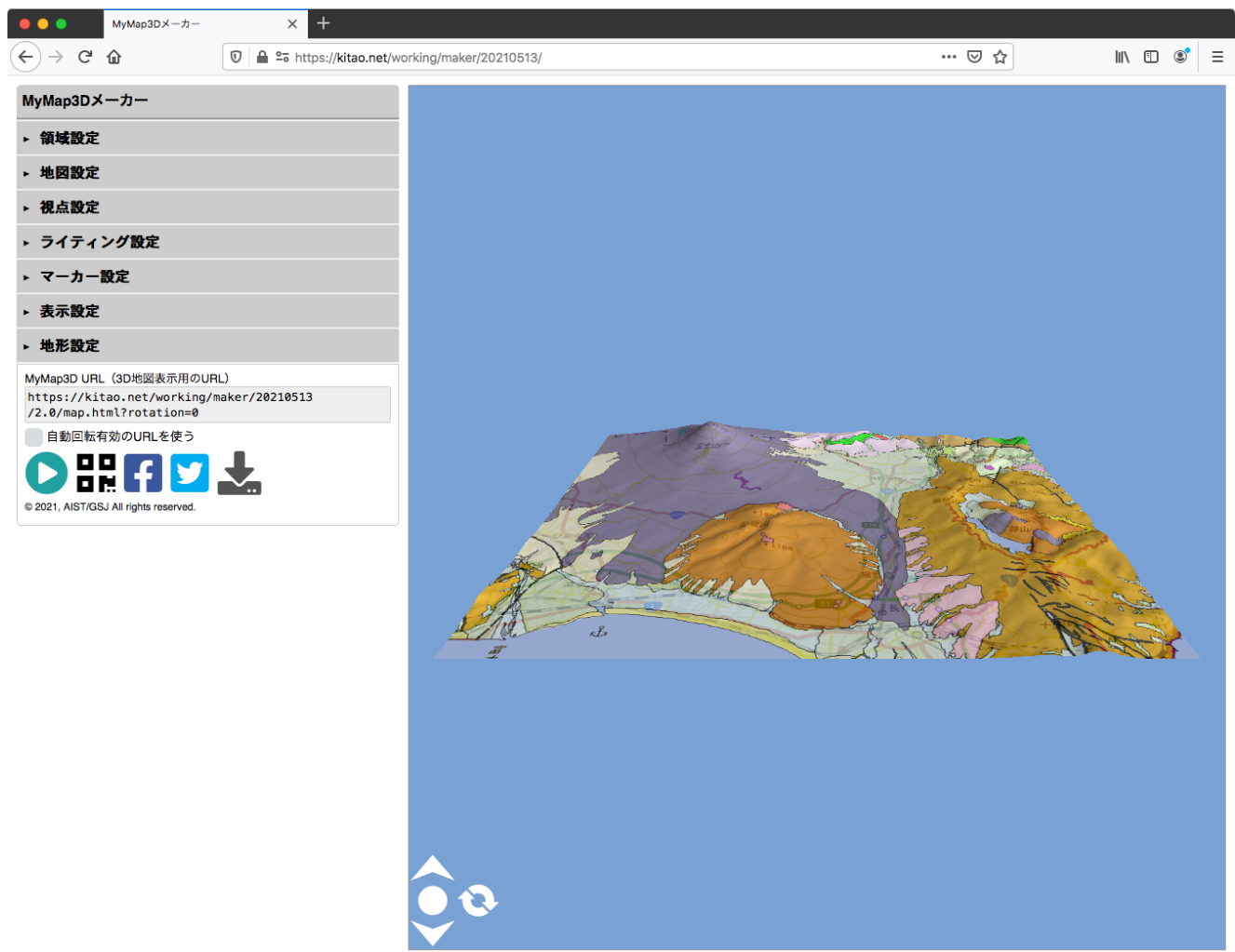
MyMap3Dでは、公開されている任意の地図タイルを背景やオーバーレイとして使用できる。また、地形データも変更できる。それらはドラッグ&ドロップマップ（西岡, 2019）の仕様にも対応している。地形データとしては、シームレス標高タイル(<https://gbank.gsj.jp/seamless/elev/>)として公開されている様々なデータも利用可能である。

地質図の理解には3D表示機能が有効である。本研究は地質情報利活用を促進することを目的として進められている。関係者のご助言をいただければ幸いである。

・引用文献

西岡(2019) ドラッグ&ドロップマップの考案と試験実装, 情報地質, 30, 111-114

Keywords: website, 3D, elevation, terrain, Web API



Publication of the revised Geological Map of the Okayama Prefecture and future revision work

*Yousuke Noumi¹, Nobuo Tanabe², Shigeto Nose³, Shiro Sadakane, Masayuki Mizuno², Hajime Tanaka², Yuto Oshima², Eiji Shimizu²

1. Okayama University of Science, 2. Seibu Consultant Co., LTD., 3. Japan Geochronology Network

2003年（平成15年）に，“岡山県内地質図5万分の1および同説明書”が公開された。この地質図は，故光野千春岡山大学名誉教授と彼の研究室の卒業生たちが岡山県内地質図作成プロジェクトチームを組織して，西部技術コンサルタント株式会社のサポートを得ながら，卒業研究等の資料を再調査・再構成して完成させたもので，PDFファイル化したものが公開された。一つの都道府県で，その県内全域の地質を5万分の1の縮尺でまとめた例は無く，岡山県内地質図は公開後多くの人に利用されてきた。

岡山県内地質図の公開後，吉備高原地域の各所に分布していた時代未詳の”山砂利層”の年代が明らかにされ，古第三系吉備層群として再記載されるに至ったこと（田中他,2003）や，県西南部の金光町で道路工事中に，古第三系吉備層群にペルム系超丹波層群の泥質岩が衝上している断層が発見されたこと（西部技術コンサルタント,2020）など，当地に関する地質学上の重要な知見の追加があった。また，利用者から地質図の記載事項についての指摘が寄せられた。これらを受けて岡山県内地質図の改訂作業が岡山大学の鈴木茂之教授の監修で進められ，2020年（令和2年）7月に“改訂版岡山県地質図”が完成し，西部技術コンサルタントのホームページで公表され現在に至っている。

インターネットを媒介として地質図を公開している例としては，産業技術総合研究所の”20万分の1日本シームレス地質図”があり現在V2版が公開されている。改訂版岡山県地質図や日本シームレス地質図は，原図の作成時からCADが使用され，記載変更・修正などの改訂作業はもとより，公開用に作成するPDFへの変換や，サーバーへのアップロードなどの作業が発生するものの，従来の紙ベースの地質図と比べると公開に至るまでの作業が容易である。このため，改訂版岡山県地質図は，新たな露頭の発見情報や利用者からの指摘事項などを元に，現地調査を加えながら今後も加筆・修正を重ね，より高い精度の地質図を目指して公開していく予定である。そのためには，利用者からの意見を収集するための仕組みづくりが重要である。また，公開した地質図の利用に関する権利・制限事項の検討，改訂LOGの公開，GISでの利用を前提としたファイル形式での提供などの作業が必要であり，筆者らによってこれらの作業が進められている。

文献・URL

田中元，鈴木茂之，室谷周，山本裕雄，檀原徹（2003）吉備高原周辺の古第三系に関する最近の知見とその古地理学的意義。岡山大学地球科学研究報告，10,1,pp.15-22.

西部技術コンサルタント（2020）改訂版岡山県地質図（5万分の1・岡山県全域／21図幅）説明書。西部技術コンサルタント，124p.

20万分の1日本シームレス地質図。 <https://gbank.gsj.jp/seamless/>，産業技術総合研究所。

岡山県地質図， <http://seibuct.co.jp/chishitsuzu/index.html>，西部技術コンサルタント。

Keywords: Okayama Prefecture, Geological Map, Revised Version

Creating a lithology extraction and coloring function for Seamless Geological Map V2 using SVG tiles

*Kazuki Naito¹

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

地質図を利用する際、利用目的に応じて、地質図の中から特定の年代及び特定の岩相を抜き出して表示したいことがある。

産業技術総合研究所地質調査総合センター(GSJ)が公開する国内を網羅したデジタル地質図である日本シームレス地質図V2のビューア⁽¹⁾には、主な岩相・時代を条件として表示を絞り込む機能があるが、凡例情報の持つさらに詳細な情報を基にした絞り込みと、絞り込み結果の分かりやすい表示方法を実現するため、新たな表示機能の作成を行った。この表示機能は、GSJの公開する地質図ビューア「地質図Navi」⁽²⁾に組み込み、一般に利用可能となっている。

地質図のデータとしては、日本シームレス地質図V2のシェープファイルから出力したSVGタイルを利用した。SVGデータは、多くのウェブブラウザの標準機能で利用できるため比較的手軽に扱うことができる。SVGタイルの構成要素（岩相）には、岩相や形成年代などの凡例情報が属性情報として付属しており、これを利用したキーワード検索が可能である。また、タイル構成要素には、スタイルシート(CSS)により塗色や境界線のスタイル設定が行えるため、地質図全体や抽出した岩相に対する塗り分けをCSSにより操作することが可能である。

これらの機能（フィルター機能）を実装し、SVGタイルでシームレス地質図V2の岩相抽出及び塗色を実現した。岩相の抽出としては、地質年代の範囲、年代・岩相名のキーワード検索による抽出機能を作成した。岩相の塗色機能としては、抽出された岩相を指定色で塗色し表示する機能を作成した。また、岩相属性を条件分けして塗り分ける機能を作成した。具体例としては、年代値による塗り分けなどがある。

このフィルター機能を利用可能なシームレス地質図V2は、地質図ビューア「地質図Navi」の、シームレス地質図の種類を選択するプルダウンメニューから「V2(f)」を選択することで利用できる。フィルター機能付きのシームレス地質図V2が表示された地図画面で、任意の地点をクリックすることで、凡例情報表示ウィンドウが表示される。このウィンドウには、岩相や形成時代、凡例IDの表示に加えて、それぞれの項目にフィルタ実行ボタンが配置されている。このボタンにより、それぞれの凡例項目に対する抽出が実行され、抽出結果となる地図が表示される。同ウィンドウ下部の「ツール」表示を展開すると、岩相や年代をキーワードで抽出するための入力フォームが表示される。これを利用することで、任意のキーワードで年代と岩相を抽出した地図の表示ができる。また、抽出結果を指定色で塗色することも可能であり、これを使うことで、例えば、第四紀の堆積岩の分布域を一色で示す地図の表示を行うことができる。

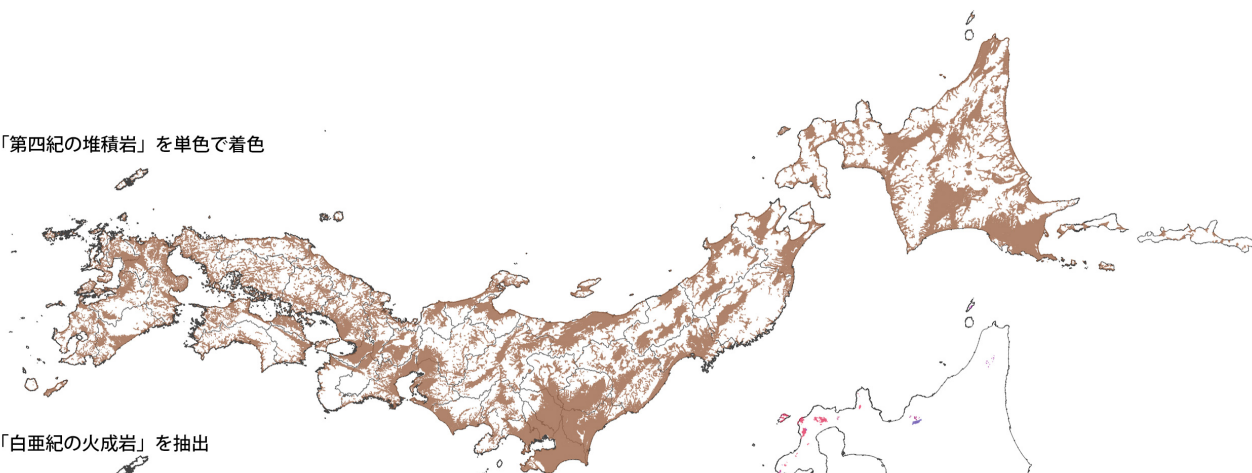
授業の教材として「白亜紀の火成岩」などの特定の地質の分布を示したり、市民への説明資料に「第四紀の堆積岩」の分布域を示すなど、シンプルで分かりやすい地図が効果的な場面は多くある。そのような場面において、今回作成した表示機能は有用であると考えられる。

(1) 日本シームレス地質図V2, <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2/viewer/>

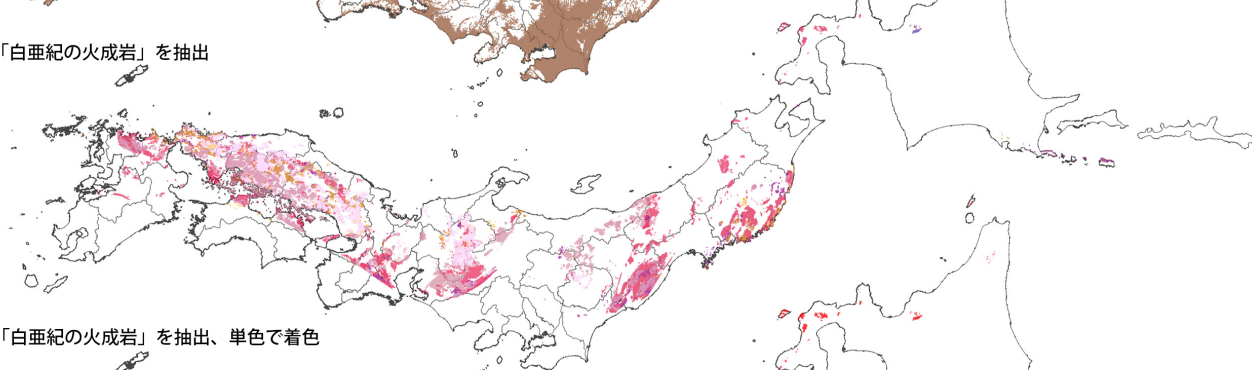
(2) 地質図Navi, <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>

Keywords: Seamless Geological Map V2, Web Map, SVG

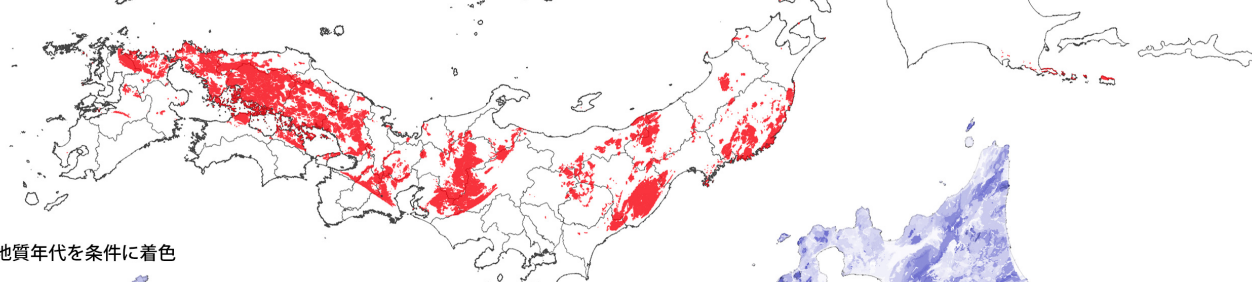
A) 「第四紀の堆積岩」を単色で着色



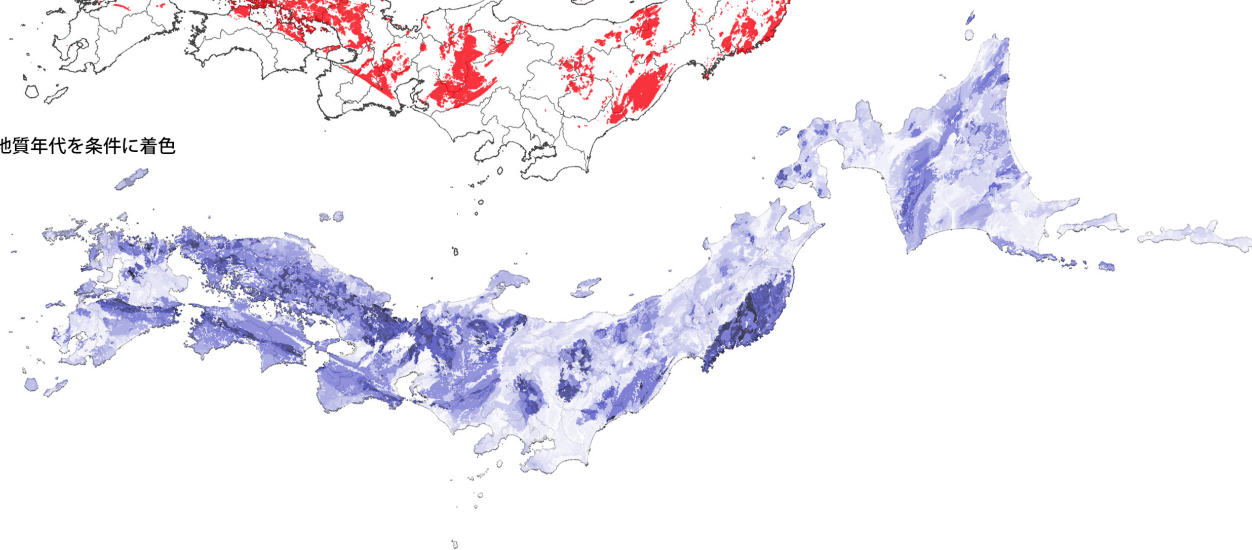
B) 「白亜紀の火成岩」を抽出



C) 「白亜紀の火成岩」を抽出、単色で着色



D) 地質年代を条件に着色



[3poster69-76] R21 [Regular Session]Quaternary geology

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

- [R21-P-1] Investigation of the Paleo-Lake Kutchan : Stratigraphy of the late Pleistocene Makkaribetsu Formation in the Kutchan, Hokkaido, Japan
 *Tsumoru Sagayama^{1,2}, Fusa Hoshino^{1,3}, Yukio Izima, Reisuke Kondo⁴, Tatsuo Sekine¹, Takashi Inoue, Ryo Odagiri⁵, Yosuke Miyairi⁴, Yusuke Yokoyama⁴ (1. Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth Science Co. Ltd., 3. Hokkaido University Museum, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5. Kutchan Museum of Natural History)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-2] Subsurface geology along the active fault found west of the Lake Nojiri-ko, northern part of Nagano Prefecture
 *Yoshihiro TAKESHITA¹, Megumi SEKI², Yoichi KONDO², Kuniaki HANAOKA, Tadashi MIYASHITA, Chizuko NAKAGAWA³, Daisuke HIROUCHI¹, Geological Research Group for Nojiri-ko Excavation (1. Shinshu University, 2. Nojiriko Naumann Elephant Museum, 3. Togakushi Junior High School)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-3] (entry) Paleoenvironmental reconstruction of the Kioroshi Formation, Shimousa Group in the Inzai Districts, Chiba prefecture
 *Toshihide Kobuchi¹, Katsura Yamada¹ (1. Shinshu University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-4] Paleoenvironments of the Koshiba Formation, Kazusa Group in the northern part of Miura Peninsula based on the fossil ostracod assemblages
 *Mayuko Kato¹, Katsura Yamada¹, Atsushi Nozaki², Masayuki Utsunomiya³, Ryuichi Majima⁴ (1. Shinshu University, 2. Hiratsuka City Museum, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. The Open University of Japan)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-5] (entry) Paleoenvironments by using ostracod assemblages during the past 3000 years in southwestern Taiwan
 *SHUANGNING TANG¹, Ryuji KENMOTSU¹, Katsura YAMADA¹, Andrew Tien-Shun Lin² (1. Shinshu Univ., 2. National Central Univ.)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-6] (entry) Paleoenvironmental change in Paleo-Tokyo Bay during MIS 5e inferred from fossil foraminiferal and ostracode assemblages of the Pleistocene Kioroshi Formation, Shimosa Group, northern Chiba Prefecture, central Japan
 *Mai HARASHIMA¹, Tsutomu NAKAZAWA², Hirokazu OZAWA³, Minoru KANEKO, Hiroyuki ISHIKAWA, Masahiro NOMURA⁴, Sachiko AGEMATSU¹ (1. University of Tsukuba, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Nihon University, 4. Surugadai University)
 4:00 PM - 6:30 PM
- [R21-P-7] (entry) Stratigraphic correlation of Quaternary marine deposits beneath the Tokushima Plain inferred from electric conductivity and fossil pollen analyses of the Bando observation well core, western Japan

*Yoshiki SATO¹, Misao HONGO², Kiyohide MIZUNO¹, Rei NAKASHIMA¹ (1. GSJ, AIST, 2. Alps Technical Research Co.)

4:00 PM - 6:30 PM

[R21-P-8] (entry) Sedimentary processes of diatom valves estimated from the fragmentation rate and coexistence rate of both valves in Lake Kitaura, Ibaraki Prefecture, Japan.

*Kento Kumisaka^{1,2}, Yusuke Okazaki¹, Naofumi Yamaguchi³ (1. Kyushu University, 2. National Research Institute of Police Science, 3. Ibaraki University)

4:00 PM - 6:30 PM

Investigation of the Paleo-Lake Kutchan : Stratigraphy of the late Pleistocene Makkaribetsu Formation in the Kutchan, Hokkaido, Japan

*Tsumoru Sagayama^{1,2}, Fusa Hoshino^{1,3}, Yukio Izima, Reisuke Kondo⁴, Tatsuo Sekine¹, Takashi Inoue, Ryo Odagiri⁵, Yosuke Miyairi⁴, Yusuke Yokoyama⁴

1. Hokkaido Research Center of Geology, 2. Earth Science Co. Ltd., 3. Hokkaido University Museum, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5. Kutchan Museum of Natural History

はじめに 蝦夷富士とも称される羊蹄山（標高1,898 m）の周辺では、古くから淡水生珪藻土の分布が報告されている（河島・素木，1941など）。既存報告から，更新世の時代の異なる2つの湖が存在した可能性があり，新しい湖（古倶知安湖）は上部更新統の真狩別層堆積時である．形成時代などを検証するために，放射性炭素年代（以下，¹⁴C年代）測定と火山灰，花粉および珪藻の分析を行った．

地質露頭と試料 調査した地質露頭はG-1，G-2，G-3およびG-4である．G-1は嵯峨山ほか（2020）で報告された倶知安町市街の約3 km南の露頭で，¹⁴C年代測定用の試料KC-1（木片）はスコリア（層厚40 cm）直上の泥炭から採取した．G-2は尻別川左岸に位置し，全体の厚さは約4.5 mで，下位より砂礫，泥炭および粘土がほぼ一連に堆積し，それらを不整合で氾濫原堆積物の砂礫が覆う．¹⁴C年代測定の試料KC-2（木片）は上記泥炭から採取した．粘土から花粉分析用試料のP20-1，P20-2およびP20-3を，珪藻分析の試料D19-1とD19-2をそれぞれ採取した．G-3はポイントサン川左岸に位置する露頭で，標高は約210 mである．下位より厚さ約1.5 mの凝灰質粘土，スコリア薄層を挟在する厚さ1.85 mの泥炭，厚さ約3 mの軽石質砂・細砂互層が累重する．粘土から珪藻分析用試料D20-1を，泥炭のほぼ中央部から¹⁴C年代測定の試料KC-3（木片）と花粉分析用試料のP20-5をそれぞれ採取した．G-4は羊蹄山北麓に位置し，露頭G-1の1.2 km東方の土取場で，作業広場面の標高は199 mである．火山灰と軽石からなり，斜層理を呈する堆積物で，層厚は約15 mである．火山灰分析用試料は作業広場面より約1 m上で採取した．

測定・分析の結果と考察 ¹⁴C年代測定値（1σ range）は露頭G-1のKC-1（採取標高178.3 m）で45,750-45,000 cal BP（42,042±385 yr BP），露頭G-2のKC-2（採取標高169 m）で48,050-46,750 cal BP（44,175±472 yr BP），露頭G-3のKC-3（採取標高208.9 m）で44,500-43,750 cal BP（40,578±336 yr BP）が得られた．火山灰分析では露頭G-4の試料は火山ガラスがほぼ80 %を占め，起原は支笏軽石流堆積物（Spfl；支笏火砕流）の可能性が高い．花粉分析では下位よりA帯はPiceaが74 %，Abiesが24 %で，B帯はPiceaが84～85 %で，AlnusとBetulaを伴う．C帯はPiceaが29～48 %で，CYPERACEAEが8～35%の出現となり，D帯ではPiceaが48～86 %，E帯ではPiceaが57%で，Pinus（Hap.），Larix，Quercusを伴いCYPERACEAEが14 %出現する．¹⁴C年代値から得られた約3,280年間は冷涼な環境が続いたと推定される．珪藻分析では，露頭G-2の粘土からは湖沼沼沢湿地指標種群の浮遊性淡水生種Aulacoseira ambigua（Grun.）Simonsenが多産する．堆積環境はCyclotella comta（Ehr.）Kützが多く産したG-1の縞状堆積物と同様に流れの静かな湖沼と考えられ，G-2からG-1にかけてはほぼ一連の堆積環境であったと推定される．一方，露頭G-3の粘土からは浮遊性は少なく，ほとんどが付着性淡水生種で，流れのある堆積環境が想像される．上澤・中川（2009）は羊蹄山西麓に分布する羊蹄岩屑なだれ堆積物は支笏火砕流（約4.1万年前）の後に形成されたと述べている．更に上澤ほか（2016）は，約5万年前に始まった羊蹄山の火山活動では2回の山体崩壊が発生し，古い方は約3.8万年前としている．今回の検討では，最も古い¹⁴C年代値は露頭G-2の湖沼性堆積物直下の泥炭が約47,400 cal BPで，古倶知安湖の形成開始はこれ以前の時代と推定される．このため，羊蹄山の崩壊（約3.8万年前）は古倶知安湖出現の原因とは考えられず，他の地質現象を考える必要がある．なお，中川・星住（2010）では，「岩屑なだれ堆積物を支笏火砕流が覆う」としているが，上澤・中川（2009）に従えば正しくは「岩屑なだれ堆積物が支笏火砕流を覆う」である．

文献 河島千尋・素木洋一（1941）大日本窯業協會雑誌，49，209-222．中川光弘・星住リベカ（2010）日本地方地質誌1「北海道地方」，朝倉書店，302-303．嵯峨山 積ほか（2020）総合地質，4，1-7．上澤真平・中川光弘（2009）日本火山学会講演要旨集，42．上澤真平ほか（2016）日本地質学会第123年学術大会講演要旨，65．

Keywords: Paleo-Lake Kutchan , Late Pleistocene, Makkaribetsu Formation, Stratigraphy

Subsurface geology along the active fault found west of the Lake Nojiri-ko, northern part of Nagano Prefecture

*Yoshihiro TAKESHITA¹, Megumi SEKI², Yoichi KONDO², Kuniaki HANAOKA, Tadashi MIYASHITA, Chizuko NAKAGAWA³, Daisuke HIROUCHI¹, Geological Research Group for Nojiri-ko Excavation

1. Shinshu University, 2. Nojiriko Naumann Elephant Museum, 3. Togakushi Junior High School

長野県信濃町にある野尻湖西方において、西側隆起西傾斜の活断層露頭と変動地形が発見された（竹下ほか，2020；廣内・竹下，2020）。この露頭では約68～43kaに噴出堆積した黒姫・妙高火山起源のテフラ層が明瞭に断ち切られている。池尻川岩屑なだれ堆積物で構成される断層隆起側の丘陵を池尻川が先行谷化して流れており、明瞭な変動地形が認められる。

本研究では断層下盤側の池尻川低地において2地点のボーリング掘削調査を実施し、2本のコア（IJ19・IJ20）を採取した。その結果、池尻川低地には池尻川岩屑なだれ堆積物の上位にテフラ層を挟む水成層が最大で約14m堆積していること、さらに池尻川低地における堆積環境の急激な変化が4回あったことが明らかになった。本報告では池尻川低地の堆積環境を変化させた要因について議論する。

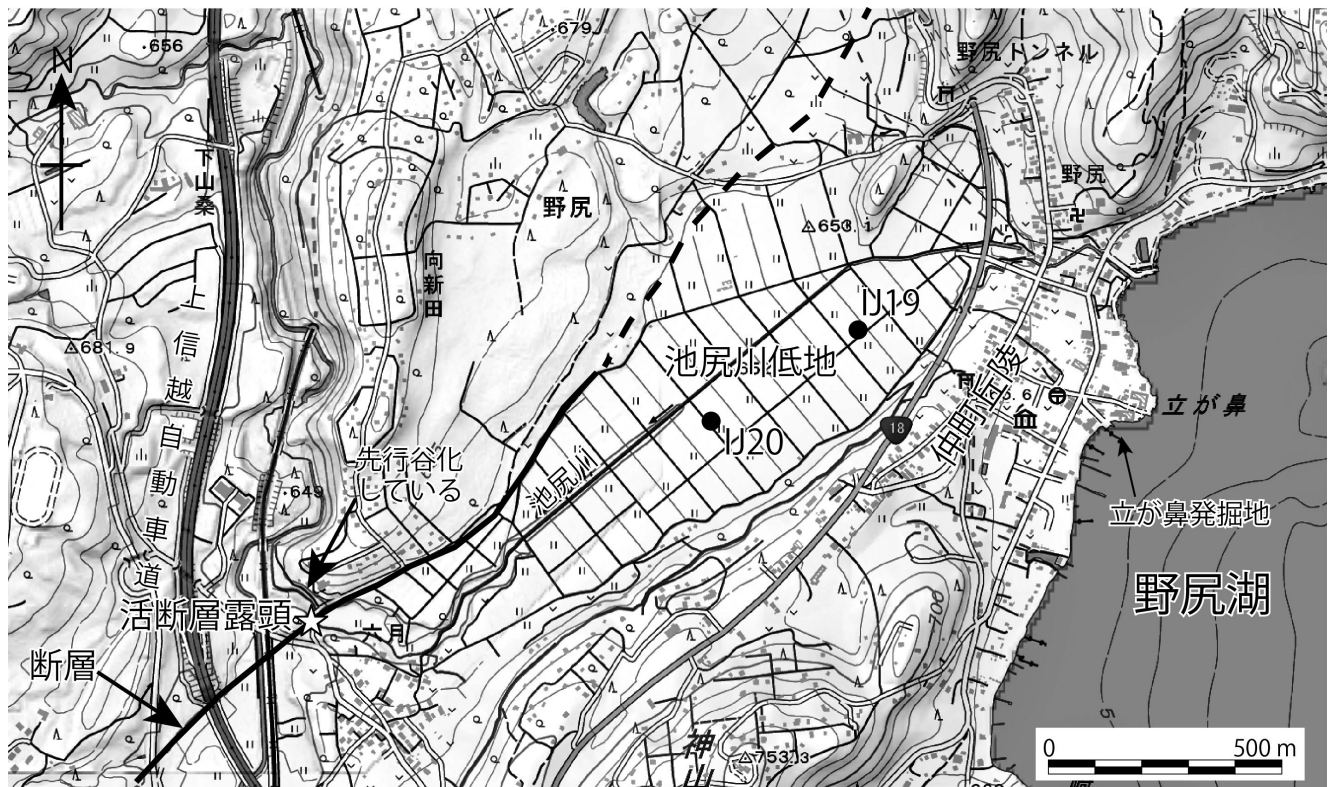
採取した2本のコアを半割し、柱状図を作成した。IJ19は層相に基づき5層準に区分できる。1) 地表から深度1.16mは主に泥炭層からなる。2) 深度1.16-1.76mは主に灰褐色シルト層からなる。3) 深度1.76～5.58mは主に泥炭層からなる。4) 深度5.56-8.97mは主に砂礫層からなる。5) 深度8.97-20.00mは安山岩礫を含む凝灰角礫層からなる。IJ20も層相に基づき5層準に区分できる。1) 地表から深度2.22mは主に泥炭層からなる。2) 深度2.22-4.84mは主に明灰褐色シルト層からなり、基底部は粗い砂層からなる。3) 深度4.87-8.00mは主に泥炭層からなり、ガラス質火山灰層と火山灰の薄層を数枚の挟み、基底部にはスコリア質火山礫が多く混じる。4) 8.00-13.81mは主に砂礫層からなり、テフラ層やその再堆積物が挟まれる。5) 深度13.81-18.00mは安山岩礫を含む凝灰角礫層からなる。

両コア中に挟まれるテフラ層について、野尻湖地質グループ（1984）で記載された野尻湖周辺のテフラ層（〔 〕で囲んだ名称）との対比を試みた。その結果、IJ19の深度1.98-2.03mのガラス質火山灰層は〔ヌカⅠ〕に、深度5.31-5.41mと5.42-5.53mの黒色スコリア層は〔赤スコ〕と〔青ヒゲ〕に、深度8.49-8.64mの灰色粗粒火山灰層と深度8.68-8.88mの赤褐色粗粒火山灰は、〔灰ザラ〕と〔レンガ〕にそれぞれ対比される。IJ20の深度5.68-5.63mのガラス質火山灰層は〔ヌカⅠ〕に、スコリア質火山礫が多く混じる層準（深度7.62-8.00m）は〔赤スコ〕と〔青ヒゲ〕に、深度8.25～8.08mの暗灰色スコリア質粗粒火山灰層は〔ドライカレー〕に、深度8.41～8.25mの紫灰色火山灰層は〔粉アズキ〕に、深度8.76～8.53mの黄灰色火山礫層は〔ブレッチャーゾーン〕に、深度9.73～9.15の灰色火山灰層と暗灰色スコリア層の互層は〔三点セット〕に、深度9.87～9.84mの黄白色軽石質火山灰層は〔黄ゴマ〕に、深度10.20～10.14mの黒色スコリア層は〔ノミ〕にそれぞれ対比される。また、IJ19とIJ20の凝灰角礫層は、池尻川岩屑なだれ堆積物に対比される。以上の対比からIJ19とIJ20の層相境界は同層準であり、堆積環境の変化が4回あったことを示している。

もっとも明瞭な層相境界は、IJ19の深度5.58mとIJ20の深度8.00mにある砂礫主体の地層と泥炭層の境界である。この境界は長橋・石山（2009）により約4.4万年前と推定された〔青ヒゲ〕の直下に位置する。砂礫が堆積する流水環境から泥炭の堆積する湿地の環境に変化する要因としては、岩屑なだれ、土石流、溶岩、火砕流、地すべりなどの堆積物による塞き止めや断層活動による下流部の隆起が考えられる。早津（2008）によると池尻川低地周辺には池尻川ラハール堆積物と駒爪岩屑なだれ堆積物が分布するが、池尻川ラハール堆積物は約6.1万年前の〔三点セット〕に対比される黒姫-大平スコリアの噴出にともなう堆積物、駒爪岩屑なだれ堆積物は完新世の堆積物であるため、〔青ヒゲ〕直下の層相境界と年代が異なる。また、池尻川流域には顕著な地すべり地形も認められない。このため池尻川低地において〔青ヒゲ〕直下で起きた堆積環境の変化は、堆積物や地すべりによる塞き止めではなく、断層による隆起が主な要因であると考えられる。

引用文献：早津（2008）妙高火山群，実業公報社，424p. 廣内・竹下（2020）日本活断層学会2020年度秋季学術大会講演予稿集，24-25. 長橋・石山（2009）野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，17，1-57. 野尻湖地質グループ（1984）地団研専報，27，23-44. 竹下ほか（2020）日本活断層学会2020年度秋季学術大会講演予稿集，22-23.

Keywords: Active fault, Lake Nojiri-ko, Subsurface geology, Tephra, Depositional environment



(entry) Paleoenvironmental reconstruction of the Kioroshi Formation, Shimousa Group in the Inzai Districts, Chiba prefecture

*Toshihide Kobuchi¹, Katsura Yamada¹

1. Shinshu University

【はじめに】千葉県北部には古東京湾（岡崎・増田，1992）と呼ばれる内湾で堆積した更新統下総層群が広く分布している。本層群の各層は海洋酸素同位体ステージ（MIS）に対比されており，木下層はMIS 5.5前後に相当すると考えられている（中里・佐藤，2001）。MIS 5.5は現在よりも温暖であった直近の期間であることから，様々な手法を用いて古環境推定がなされてきた（岡崎・増田，1992など）。しかし，具体的な水深や地域的な古環境変遷は不明な点が多い。そこで本研究では堆積相と貝形虫化石群集に基づき，木下層堆積時の古東京湾の古環境変遷を明らかにする事を目的とする。

【地質概説および堆積相】本研究地域は千葉県印西市南部である。ここには下位より，清川層，木下層，常総粘土，新期関東ローム層が分布する。清川層は調査地域東部にわずかに見られ，他の地層は全域に分布する。また，木下層は泥主体の木下層下部と砂主体の木下層上部に細分される。清川層と木下層は最大層厚約2 mの化石密集層が各1枚含まれる。岩相の特徴に基づいて清川層と木下層を区分し，堆積相Ⅰ～Ⅴの計5つが認識された。内湾性の貝化石が散在する泥主体の堆積相Ⅰは潟湖の湾央相，泥優勢の砂泥互層主体の堆積相Ⅱは三角州前置面下部相，大量の貝化石を含む化石密集層から構成される堆積相Ⅲは三角州前置面上部相，分級の良い中粒砂主体の堆積相Ⅳはデルタ頂置面相，無構造の泥からなる堆積相Ⅴは塩水湿地相とした。堆積相Ⅴは調査地域西部のみに見られる。清川層は下位より堆積相Ⅱ～Ⅳ，木下層は下位より堆積相Ⅰ～Ⅴに区分され，側方の変化より，三角州が東側（太平洋側）から西側（陸側）に前進する様子が確認された。

【貝形虫化石群集】調査地域内の10地点から合計48試料を採取し，31試料から38属91種の貝形虫化石が産出した。この中で，50個体以上産出した17試料を用いて，Q-modeクラスター解析を実施した。その結果，化石相A，Bが認識され，さらに，亜化石相A-1，A-2とB-1，B-2の4相に細分された。*Spinileberis furuyaensis*等の汽水種から構成されるA-1は水深2 m程度の汽水環境，*Spinileberis quadriaculeata*が多産するA-2は汽水域の水深2～7 m程度の潟湖，*Pontocythere subjaponica*などの河口～沿岸砂底種が卓越するB-1はB-2と比較して藻場が少ない湾沿岸砂底，*Sinoleberis tosaensis*等の沿岸種が優勢であるB-2は藻場が周囲に存在する外洋に近い浅海域であると推定された。亜化石相B-1は清川層に，亜化石相A-1とA-2は木下層下部，亜化石相B-2は木下層上部に見られた。

【考察】MIS7.3（温暖期）に堆積した清川層は産出貝形虫より，後述する木下層に比べ，周辺に藻場と岩礁地帯が少ない浅海砂底と推定される。貝化石が*Mizuhopecten tokyoensis*など木下層から産出する貝化石と比較して寒流系の種が多い点から，木下層堆積時よりも寒冷な気候であったと考えられる。その後，MIS6の海面低下に伴って清川層は陸化し，谷地形が形成され，MIS7からMIS6の海退期の堆積物がこの陸化の時に削剥された可能性が考えられる。MIS5では再び海が東部地域で形成されていた谷地形を埋めるように侵入し，谷埋め分布を示す木下層下部が堆積した。本層下部は堆積相Ⅰとなり，産出貝形虫から堆積環境は下位より汽水域の卓越する水深2 m程度から水深2～7 m程度と上方へ古水深の増加があったと推定できる。木下層上部は清川層堆積時と同様に三角州が前進する様子が見られる。産出した貝形虫化石から潮流の影響を受ける藻場と岩礁地帯が近傍に存在する湾央砂底と推定された。以上より，印西地域の木下層は潟湖から三角州と変化する点は岡崎・増田（1992）と一致する。これまで千葉県内の木下層下部の古水深は不明であったが，本研究によって初めて明らかとなった。

【引用文献】中里裕臣・佐藤弘幸（2001）第四紀研究，40，251–257．岡崎浩子・増田富士雄（1992）地質学雑誌，98，235–258．

Keywords: Shimousa Group, ostracod, Chiba prefecture, Kioroshi Formation, Quaternary

Paleoenvironments of the Koshiba Formation, Kazusa Group in the northern part of Miura Peninsula based on the fossil ostracod assemblages

*Mayuko Kato¹, Katsura Yamada¹, Atsushi Nozaki², Masayuki Utsunomiya³, Ryuichi Majima⁴

1. Shinshu University, 2. Hiratsuka City Museum, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. The Open University of Japan

はじめに

房総半島や三浦半島、多摩丘陵などには、後期鮮新世から中期更新世（2.65 Ma～0.45 Ma）の前弧海盆堆積物である上総層群が分布する。上総層群は堆積速度が非常に大きく、古環境の変化を高い時間分解能で検討することが可能である。房総半島に分布する上総層群はこれまで多数の研究がある一方で、三浦半島に分布する上総層群は分布範囲も狭く露出も限られることから研究は限られていた。しかし、近年の研究では、三浦半島に分布する上総層群の堆積年代が従来より最大で50万年程度古くなること（藤岡ほか, 2003）や、浮遊性有孔虫殻の酸素同位体を用いた分析により同位体比ステージ64～49に形成された地層が存在することが示された（Nozaki et al., 2014; 楠ほか, 2014）。しかしながら、同地域の古環境変遷は氷期・間氷期スケールでは復元されていない。そこで、本研究では三浦半島南部に分布する大船層と小柴層について、貝形虫化石群集を用いて、氷期・間氷期スケールでの古環境変化を明らかにすることを目的とした。

調査地域および手法

本研究地域は神奈川県横浜市南部に位置する「瀬上市民の森」自然公園である。当地域には、上総層群の下部から中部に相当する野島層、大船層、小柴層が東西に広がって分布する。当地域で掘削され酸素同位体比層序の確立に用いられたコアJ（Nozaki et al., 2014）より29試料、当地域の露頭から12試料の計41試料を用いた。ルートから得た試料は硫酸ナトリウム法およびナフサ法を用いて処理し、200個体を目安に貝形虫化石を拾い出した。

結果および考察

26試料から少なくとも34属67種の貝形虫化石が確認され、このうち15試料から30個体以上の貝形虫化石が産出した。優占種は、主に暖流影響下の沿岸砂底に普遍的に見られる（山田ほか, 2001; Irizuki, 2004など）*Schizocythere kishinouyei*や、現在の北海道西方沖およびオホーツク海沿岸などの底質堆積物から産出する好冷種の（小沢, 2006）*Laperousecythere robusta*などである。30個体以上産出した15試料を用いてクラスタ解析を行った結果、類似度およそ0.78の水準で3つの化石相に分けられた。化石相Aは*L. robusta*が41%を占め、次いで*S. kishinouyei*が産出し、寒冷な下部浅海帯を示唆した。化石相Bは*S. kishinouyei*が46%, *Neonesidea oligodentata*が12%, *Cytheropteron miurense*が9%を占め、温暖な上部浅海帯を示した。化石相Cは*S. kishinouyei*が37%, *Baffinicythere*属が12%, *N. oligodentata*が9%を占めることから、寒冷な上部浅海帯を示すと考えられた。MIS 57～49の当地域の堆積環境は全体を通して上部浅海帯であり、少なくとも3回の古水温変動が確認された。浮遊性有孔虫化石の酸素同位体曲線によるMISと比較すると、間氷期のピークでは温暖な環境が見られた。一方、氷期については、MIS54と52は寒冷、MIS50は温暖な環境が上部浅海帯に卓越していたことが推察された。

引用文献

- 藤岡導明・亀尾浩司・小林信宏, 2003, 地質学雑誌, 109, 166–178.
Irizuki, T., 2004. Geoscience Reports of Shimane University, 23, 65–77.
楠 稚枝・野崎 篤・岡田 誠・和田秀樹・間嶋隆一, 2014, 地質学雑誌, 109, 53–70.
Nozaki, A., Majima, R., Kameo, K., Sazai, S., Kouda, A., . . . Kitazato, H., 2014, Isl. Arc, 23, 157–179.
小沢広和, 2006, タクサ, 20, 26–40.
山田桂・入月俊明・中嶋祥江, 2001, 地質学雑誌, 107, 1–13.

Keywords: Ostracoda, Early Pleistocene, Miura Peninsula

(entry) Paleoenvironments by using ostracod assemblages during the past 3000 years in southwestern Taiwan

*SHUANGNING TANG¹, Ryuji KENMOTSU¹, Katsura YAMADA¹, Andrew Tien-Shun Lin²

1. Shinshu Univ., 2. National Central Univ.

I. はじめに：

完新世の気候は比較的安定で穏やかであると考えられてきたが、近年では4.2 kaイベントや小氷期などの数百年から数千年スケールでの急激な気候変動(RCC : Rapid Climate Change)が起きていたことが知られつつある(平林・横山, 2020)。台湾ではRCCを念頭においた研究が少なく、また貝形虫を用いた詳細な古環境復元がほとんど行われていない。台湾南部における完新世の古環境については、花粉記録を用いたバイオーム復元(Lee and Liew, 2010)がなされているが、過去2000年間のデータがまだ不十分である。そこで、本研究は台湾南部大鵬湾のボーリングコアを使い、貝形虫の群集変化から過去3000年間の台湾南部の古環境の復元を目的とした。

II. 研究地域の位置と試料：

大鵬湾は台湾南西部・屏東県に位置し、湾の東を流れる林辺川と西を流れる東港川の堆積物によって発達した砂州を持ち、台湾海峡と接続する閉鎖型ラグーンである。使用したコアは湾北部のDPW02とDPW05である。コアDPW02はコア長15 mで、下位からシルト、細粒砂、細粒砂と泥の互層、シルト、細粒砂と粘土から構成され、生物碎屑と炭質物を多く含む。炭質物の14C年代測定により、コア深度7.05 mで 535 cal. yr BP, コア深度14.70 mで 2,230 cal. yr BP の年代が得られた。コアDPW05はコア長約10 mで、下位から細粒砂、シルト、細粒砂とシルトから構成される。炭質物が多く見られ、14C年代測定により、コア深度9.36~9.40 mで 1,040 cal. yr BP, コア深度12.33 mで 1,875 cal. yr BPの年代が得られた。

III. 結果と考察：

DPW02から22試料、DPW05から23試料を使用して貝形虫群集解析を行った。DPW02の9試料とDPW05の19試料から12属17種の貝形虫が産出した。主に卓越する種は*Bicornucythere bisanensis*, *Hemicytheridea reticulata*, *Loxoconcha malayensis*, *Loxoconcha zhejiangensis*, *Sinocytheridea impressa*と*Paracyprina inujimensis*である。*B. bisanensis*は中国と日本の沿岸地域の水深10 m前後の汽水環境(Hong et al., 2019)や内湾泥底(池谷・塩崎, 1993)に生息している。*H. reticulata*はインド太平洋地域~東シナ海の非常に浅い海域で生息している(Hong et al., 2019)。*S. impressa*は本研究で最も多く産出した種である。この種は現在、インド沿岸~東シナ海の水深20 m以浅の低塩分で栄養豊富の環境に生息している(Hong et al., 2019)。*L. malayensis*はインド太平洋で知られる典型的な熱帯種である(Hong et al., 2019)。*L. zhejiangensis*と*P. inujimensis*は潮間帯種である(Hong et al., 2019 ; Smith and Kamiya, 2003)。DPW02ではコア深度730~731 cmで*H. reticulata*, コア深度1,281~1,282 cmで*S. impressa*が多産した。DPW05では、コア深度1,000~1,090 cm (約1,300~1,100年前)で、*B. bisanensis*, *S. impressa*, *L. malayensis*と*L. zhejiangensis*が多産し、温暖な内湾環境であったと考えられる。また、コア深度590~591 cm (約500年前)では*P. inujimensis*が多産し、水草が繁茂する浅いラグーン環境であったと考えられる。このことから、大鵬湾は過去3000年間で温暖の内湾環境から浅いラグーン環境に変化したと考えられる。

引用文献：

平林頌子, 横山祐典, 2020. 第四紀研究, 59, 129-157.

池谷仙之, 塩崎正道, 1993. 地質学論集, 39, 15-32.

Lee, C.Y., Liew, P.M., 2010. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 287, 58-66.

Hong, Y., Yasuhara, M., Iwatani, H., Mamo, B., 2019. Biogeosciences, 16, 585-604.

Smith, R. J. and Kamiya, T., 2003. Species Diversity, 8, 79-91.

Keywords: Quaternary, ostracod, Taiwan, alluvium, core research

(entry) Paleoenvironmental change in Paleo-Tokyo Bay during MIS 5e inferred from fossil foraminiferal and ostracode assemblages of the Pleistocene Kioroshi Formation, Shimosa Group, northern Chiba Prefecture, central Japan

*Mai HARASHIMA¹, Tsutomu NAKAZAWA², Hirokazu OZAWA³, Minoru KANEKO, Hiroyuki ISHIKAWA, Masahiro NOMURA⁴, Sachiko AGEMATSU¹

1. University of Tsukuba, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Nihon University, 4. Surugadai University

更新統下総層群木下層は最終間氷期（MIS5e）の浅海性堆積物からなり、谷埋め状に分布する泥層主体の下部と広範囲に分布する砂層主体の上部に分けられる（中澤・遠藤，2002；中澤・田辺，2011）。下部は開析谷システム，上部はバリアー島システムで形成されたことが明らかにされている（岡崎・増田，1992；中澤ほか，2006）。Nakazawa et al.（2017）は下総台地の木下層の堆積環境について明らかにするとともに，花粉化石からMIS5eを3期に分けた堆積年代を示した。そこで本研究では，木下層の古環境変遷をより詳細に推定するため，有孔虫化石および貝形虫化石を用いた古環境推定を行った。

使用した試料はNakazawa et al.（2017）で使用されたボーリングコア試料のうち，千葉県成田市松崎で掘削されたGS-NT-1（以下，成田コア）と，千葉県流山市西初石で掘削されたGS-NY-1（以下，流山コア）の2つのコアである。これらのコアは同一の開析谷内で掘削され，成田コアは外洋側，流山コアは河口側に位置している（Nakazawa et al., 2017）。成田コアについては41試料を処理し，このうち有孔虫化石は37試料から，貝形虫化石は34試料から産出した。底生有孔虫は60属108種，浮遊性有孔虫は8属35種，貝形虫化石は33属81種の産出が認められた。流山コアは40試料を処理し，このうち有孔虫化石は22試料，貝形虫化石は19試料から産出した。底生有孔虫化石は31属54種，浮遊性有孔虫は5属9種，貝形虫化石は38属77種の産出が認められた。有孔虫・貝形虫化石の産出状況から，成田コアおよび流山コアのそれぞれについて化石帯を区分し，古環境推定を行った。

成田コアは下位から上位に向かって，有孔虫化石群集はNTFo-I帯～NTFo-VII帯，貝形虫化石群集はNTOs-I帯～NTOs-V帯に分けられる。有孔虫，貝形虫ともに木下層の下部では内湾環境を示し，湾奥部の環境から上位に徐々に水深が増加し湾中央部に近くなるが，その後，一旦浅海化した。そして再び上位に向かって水深が増加したことが推定される。木下層上部では沿岸部の環境が推定され，有孔虫化石と貝形虫化石から推定される古環境変遷はおおよそ一致する。堆積相と比較すると，下部で浅海化した層準はNakazawa et al.（2017）の砂州相にあたり，砂州の後退による埋め立てが影響している可能性が考えられる。

流山コアは下位から上位に向かって，有孔虫化石群集はNYFo-I帯～NYFo-V帯，貝形虫化石群集はNYOs-I帯～NYOs-IV帯に分けられる。木下層の下部では単調に湾が大きくなり，上部になると内湾環境から沿岸部の環境へ変化したことが有孔虫化石と貝形虫化石の両者から推定される。Nakazawa et al.（2017）の堆積相と比較すると，化石群集より内湾から沿岸部へ環境が変化したことが推定される時期は，堆積相では開析谷システムの中央盆相からバリアー島システムの上げ潮デルタ相へ変化する時期と一致する。また，化石群集の解析により，中央盆相内をさらに3つに区分することができた。

全体的に有孔虫化石と貝形虫化石で推定される古環境，特に古水深はおおよそ一致し，堆積相とも矛盾のない結果となった。しかしながら，寒流の影響を示唆する有孔虫化石 *Buccella frigida* と，暖流の影響を強く受ける亜熱帯種の貝形虫化石 *Neomonocerotina delicata* の両者が多産する層準があり，古水温に矛盾が生じた。これは，木下層堆積時の千葉県沖が寒流と暖流が混じる環境であったため，寒暖の混じる群集になった可能性が考えられる。

成田コアと流山コアを比較すると，亜熱帯種の貝形虫 *N. delicata* が多産する層準が両者に認められ，成田コアのNTOs-IV帯と流山コアのNYOs-II帯が比較できる。Nakazawa et al.（2017）によれば，この層準は花粉化石群集からMIS5e前期と中期の境界付近に相当する。花粉化石群集からもこの時期は温暖な環境であることが推定されており，本研究の結果は花粉化石から得られる古環境とも矛盾しない。

文献

中澤ほか（2006）地質雑，112，349–368.

中澤・遠藤（2002）大宮地域の地質．5万分の1地質図幅．

中澤・田辺（2011）野田地域の地質．5万分の1地質図幅．

Nakazawa et al.（2017）Quat. Int., 456, 85–101.

岡崎・増田（1992）地質雑，98，235–258.

Keywords: foraminifers, ostracodes, Kioroshi Formation, MIS 5e, Paleo-Tokyo Bay

(entry) Stratigraphic correlation of Quaternary marine deposits beneath the Tokushima Plain inferred from electric conductivity and fossil pollen analyses of the Bando observation well core, western Japan

*Yoshiki SATO¹, Misao HONGO², Kiyohide MIZUNO¹, Rei NAKASHIMA¹

1. GSJ, AIST, 2. Alps Technical Research Co.

はじめに

徳島平野は最大幅約10 km、奥行き約75 kmの大きさを有する海岸平野である。大局的にみて、同平野は、北縁の中央構造線断層帯の活動で生じた堆積盆を、吉野川などの供給した土砂が埋積して形成されたと捉えられる。同平野の第四系地下地質は上位から順に徳島層と北島層の2層に大別され、それぞれ沖積層と、それ以前の更新統に対比されている (Kawamura, 2006; 川村・西山, 2019)。このうち、北島層は貝化石の有無から複数の海成層が含まれる可能性が指摘されているものの、これまで詳しい堆積年代や堆積環境は明らかにされていない。そこで、本研究では、徳島平野で掘削された長尺のボーリング・コア試料を用いて、堆積物懸濁液の電気伝導度 (EC) 測定と、花粉化石組成とに基づき、北島層中に含まれる海成層の認定と、それぞれの堆積時期について考察した。

試料と方法

本研究では板東観測井コアを対象とした。このコアは地質調査所によって1995年に掘削された掘削深度502 mの試料である。掘削当時に層相記載、花粉分析 (計14点) および古地磁気測定 (計14点) が実施されており、その結果からコア試料中に複数の氷期・間氷期サイクルが保存されている可能性と、深度339~440 mに Brunhes-Matsuyama境界が位置する可能性が指摘されている (松本・荒井, 2021)。本研究では、掘削深度90 m以深の地層から採取した計64点のEC測定と、計8点の追加の花粉化石分析を実施した。

結果と考察

EC測定の結果、海成層 (0.6 mS/cm以上の測定値が連続的に得られた層準) が計5層準 (M1: 深度93.4~102.45 m, M2: 228.08~237.00 m, M3: 258.83~263.98 m, M4: 288.06~288.60 m, M5: 305.50 m) で見いだされた。また、これよりもさらに下位には、連続性が悪いものの0.6 mS/cm以上の測定値を示す層準が計4層準 (深度326.48 m, 339.43 m, 368.98 m, 437.92 m) で見いだされた。

次に、既存・新規の花粉分析結果に基づき、大阪湾周辺の花粉化石層序 (本郷, 2009など) との対比から、これらの海成層の堆積年代を検討した。まず、M1層準は、サルスベリ属 *Lagerstroemia* の花粉化石が最大で約15%と多産することから、海洋酸素同位体ステージ[MIS]5に堆積したと考えられる。また、M3層準ではコナラ属アカガシ亜属 *Quercus* (Subgen. *Cyclobalanopsis*) が約76%と極めて高率で産出することから、MIS11に対比される。

仮にこれらの層序対比が正しいとすると、両層準に挟まれるM2層準はMIS7または9に対比される。M2層準では下部から上部に花粉化石組成が変化し、下部ではトウヒ属 *Picea* やモミ属 *Abies* など、上部ではマツ属 *Pinus*、クマシデ属 *Carpinus*/アサダ属 *Ostrya*、ブナ属 *Fagus* が多く産出する。また、スギ属 *Cryptomeria* など低率ながら随伴する。これらの組成の特徴は本郷 (2009) のPinaceae - *Cryptomeria* 超帯下部と類似し、M2層準がMIS9に対比される可能性を示唆する。他方、M4およびM5層準は、いずれもB-M境界よりも上位であることを考慮すると、MIS13, 15, 17のいずれかに対比されると考えられる。このうちM4層準は、*Q.* (Subgen. *Cyclobalanopsis*) がほとんど産出せず、*Picea*, *Cryptomeria*, ヒノキ科Cupressaceaeが多産する特徴から、MIS13に対比される可能性が高い。M5層準は花粉化石の産出数が少ないものの、メタセコイア属 *Metasequoia* や *Q.* (Subgen. *Cyclobalanopsis*) を低率ながら伴うこと、*Cryptomeria* が多産すること、下位に比べてコナラ属コナラ亜属 *Quercus* (Subgen. *Lepidobalanus*) が低率であることから、MIS15に対比される可

能性が示唆される。深度437.92 mはQ. (Subgen. *Lepidobalanus*) が優勢で逆帯磁することから、MIS19より古い可能性が高い。

引用文献

本郷美佐緒 (2009) 地質学雑誌 **115**, 64–79.

Kawamura, N. (2006) *Journal of Geosciences, Osaka City University* **49**, 103–117.

川村教一・西山賢一 (2019) 地質学雑誌 **125**, 87–105.

松本則夫・荒井 正 (2021) 地質調査総合センター研究資料集, no. 713, 地質調査総合センター.

Keywords: Median Tectonic Line Fault Zone, pollen biostratigraphy, electric conductivity analysis, Kitajima Formation, Yoshino River

(entry) Sedimentary processes of diatom valves estimated from the fragmentation rate and coexistence rate of both valves in Lake Kitaura, Ibaraki Prefecture, Japan.

*Kento Kumisaka^{1,2}, Yusuke Okazaki¹, Naofumi Yamaguchi³

1. Kyushu University, 2. National Research Institute of Police Science, 3. Ibaraki University

植物プランクトンの珪藻は、陸水から海洋までの幅広い水環境に汎世界的に分布している。種ごとに形態の異なる珪藻の生物源オパール殻は堆積物中に保存され、珪藻遺骸群集は過去の水環境を反映する。ただし、珪藻遺骸群集から古環境を復元する際には、珪藻殻の現地性・異地性を評価する必要がある。特に、陸水域や沿岸域の珪藻遺骸群集に異地性の個体が含まれることが知られているが、その運搬・堆積過程に関する知見は限られている。本研究では、陸水域における珪藻殻の運搬・堆積過程を理解するため、茨城県北浦の珪藻殻の現地性・異地性の評価を行った。珪藻殻の現地性・異地性の指標として、殻の破片化率（小杉, 1986）と両殻共存率（Sawai, 2001）を用いた。破片化率は種の総殻数のうちの破片の割合で表し、両殻共存率は珪藻1個体が有する2個の殻（上半被殻と下半被殻）が共に産出する割合である。

北浦において2014年8月から9月に重力式採泥器により採取した計22地点の表層堆積物を使用した。各堆積物試料は、有機物分解後に、懸濁液をカバーガラス上に滴下し自然乾燥した後、マウントメディアで封入しプレパラートを作製した。プレパラートを光学顕微鏡（倍率1000倍）で観察し、種ないし属を同定した上で各試料につき300殻の珪藻殻を計数し、出現頻度、破片化率、両殻共存率を算出した。このとき、出現した珪藻を浮遊性、一時浮遊性、付着性の3グループに分けた。

顕微鏡観察の結果、流入河川である巴川、鉾田川、山田川および雁通川の河口周辺で付着性種が増加していた。北浦で出現頻度が高かった珪藻は、湖水中に群体を形成する*Aulacoseira*属を中心とした浮遊性種であった。*Aulacoseira*属の破片化率は流入河川の河口付近で増加したものの、全測点で20%以下であった。種別では*A. granulate*の破片化率は、水深および湖岸からの距離に負の相関を示した。その理由として、湖岸から離れた水深の比較的深い場で生息した*A. granulate*の殻が湖岸の浅い場へ運搬されたことで破片化したと考えた。湖心付近において*Aulacoseira*属の破片化率が減少したことは、湖水の鉛直混合が破片化率を増加させないことを示唆している。

流入河川の河口周辺で付着性種の出現頻度が増加したことは、珪藻殻の運搬過程における河川的重要性を示している。そこで、上下殻で殻構造の異なる*Cocconeis placentula*および*Planothidium lanceolatum*に着目し、河川から流入する付着性珪藻殻の運搬過程を明らかにするために両殻共存率を調べた。その結果、両殻共存率は種によって異なる傾向を示した。すなわち、*C. placentula*の両殻共存率は、流入河川から離れるにしたがって増加し、さらに距離が離れると減少に転じた。一方で、*P. lanceolatum*の両殻共存率は流入河川の河口域で最も高かった。また、*C. placentula*の破片化率・両殻共存率と平均粒径、水深、湖岸からの距離との相関係数のうち、破片化率と湖岸からの距離の間に正の相関が示された。一方、*P. lanceolatum*は破片化率・両殻共存率ともに平均粒径、水深、湖岸からの距離との相関を示さなかった。この違いは、両種の形態と付着の状態によって説明できる。*Cocconeis placentula*は下半被殻で基質に付着するため、下半被殻は基質付近に残存しやすく、上半被殻は流されやすい。このため、生息場から離れるにしたがい両殻共存率は低下した。一方、*P. lanceolatum*は細胞から分泌した粘着質の茎で基質に付着するため、被殻が容易に分離し選択的に下半被殻が残る傾向がなかった。また、*C. placentula*の両殻共存率が高い試料のスミアスライドの観察から、植物片に付着した被殻が多く見つかった。上記の結果から、植物片に付着した*C. placentula*が、河口付近の強い水流で流されて両殻共存率が低下したことが示唆された。この時、運搬距離の増加に伴い破片化が促進されたことが、破片化率と湖岸からの距離の正の相関が認められた理由であろう。*Planothidium lanceolatum*は巴川および鉾田川の河口で特に多産するため河口付近でのみ両殻共存率が高く、運搬距離の増加にしたがって被殻が容易に分離し、両殻共存率が低下した。また、巴川および鉾田川河口から離れると稀産となり、湖岸から距離等との相関が認められなかった。

参考文献

小杉. 1986. *Diatom*, **2**, 169-174.

Sawai, Y. 2001. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **173**, 125-141.

Keywords: Diatom, Lake Kitaura, Autochthonous, Allochthonous

[3poster77-82] R22 [Regular Session]History of the Earth

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R22-P-1] Abrupt ice sheet thinning during Holocene in central Dronning Maud Land, East Antarctica

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Heitaro Kaneda³, Takushi Koyama⁴, Takeshige Ishiwa¹, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Motohiro Hirabayashi¹, Moto Kawamata^{1,5}, Team MDML (1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Chuo University, 4. Oita University, 5. CERl)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-2] (entry) Geochronology and geochemistry of the turbidites in the Flin Flon belt, Canada: Late Paleoproterozoic Earth's surface environment

*Kento Motomura¹, Shoichi Kiyokawa¹, Kenji Horie², Takashi Sano³, Mami Takehara² (1. Kyushu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. National Museum of Nature and Science)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-3] (entry) Formation of modern iron-ooidal sands in a shallow-marine hydrothermal environment at Nagahama Bay, Satsuma Iwo-Jima Island, Japan

*Awalina Aprilia Mitasari¹, Shoichi Kiyokawa¹ (1. Kyushu University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-4] Preliminary results of carbon isotopic compositions of individual graphite grains in the Early Archean sedimentary rocks from Labrador, Canada

*Motoko Igisu¹, Kentaro Tanaka², Naoto Takahata², Tsuyoshi Komiya², Yuji Sano³, Ken Takai¹ (1. JAMSTEC, 2. University of Tokyo, 3. Kochi University)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-5] (entry) Appearance of wet climate during the Eocene recorded in freshwater carbonate from Kyushu

*Aki Sakuma¹, Akihiro Kano¹, Yoshihiro Kakizaki¹, Hirokazu Kato¹, Sota Niki², Takafumi Hirata² (1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo)

4:00 PM - 6:30 PM

[R22-P-6] Oceanic phosphorus inventory and atmospheric O₂ levels during the Proterozoic and Phanerozoic eons constrained by a global redox budget model

*Kazumi OZAKI¹ (1. Toho University)

4:00 PM - 6:30 PM

Abrupt ice sheet thinning during Holocene in central Dronning Maud Land, East Antarctica

*Yusuke Suganuma^{1,2}, Heitaro Kaneda³, Takushi Koyama⁴, Takeshige Ishiwa¹, Jyun'ichi Okuno^{1,2}, Motohiro Hirabayashi¹, Moto Kawamata^{1,5}, Team MDML

1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. Chuo University, 4. Oita University, 5. CERl

近年、衛星観測などによって南極氷床の融解や流出の加速が相次いで報告され、近い将来の急激な海水準上昇が社会的に強く懸念されている。しかし、近年融解傾向の加速が顕著な西南極氷床や東南極氷床の一部に対して、東南極ドロンイングモードランド域は氷床質量の増加傾向を示すなど、その動態は南極全体において一様ではない。そもそも、南極氷床の質量収支は、降雪による涵養と沿岸での融解・崩壊によって主に支配されるが、そのメカニズムの理解と定量的な観測は容易ではなく、気候変動予測精度向上における課題となっている。一方、南極氷床周辺や内陸の露岩域から得られる地質学的なデータは、断片的ではあるものの、長期的な南極氷床の質量収支を理解する上で貴重な情報を提供する。その観点において、最終氷期における氷床量やその後の氷床変動過程の復元、そして氷床変動メカニズムの解明は重要な研究課題である。そこで我々は、東南極中央ドロンイングモードランドを対象として、とくに最終氷期以降の氷床変動の復元を試みた。その結果、現地での氷河地形調査と採取試料の表面露出年代から、当該地域における東南極氷床が約8~6 kaにかけて急激に高度を減じたことが明らかになった。この氷床量減少の規模とタイミングは、ドロンイングモードランド東端のリュツォホルム湾における氷床高度低下データ（9~6 ka）（Kawamata et al., 2020）ともおおそ一致することから、ドロンイングモードランドにおける普遍的な傾向であると考えられる。つまり、東南極ドロンイングモードランドでは、最終氷期では現在よりも氷床が厚く、広く分布しており、その後約9 kaから急激に氷床高度が低下し、約6 ka頃にはこの急激な氷床融解が停止したと考えられる。今回得られた東南極氷床変動データは、氷床モデルや気候・海洋モデルの較正や、これらを用いた将来予測の高精度化に資するものとなる。

Keywords: Antarctica Ice Sheet and Southern Ocean, Giant Reservoirs - Antarctic

(entry) Geochronology and geochemistry of the turbidites in the Flin Flon belt, Canada: Late Paleoproterozoic Earth's surface environment

*Kento Motomura¹, Shoichi Kiyokawa¹, Kenji Horie², Takashi Sano³, Mami Takehara²

1. Kyushu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. National Museum of Nature and Science

古原生代（25–16億年前）は地球表層環境が大きく変化した時代の1つである。中でも約24億年前に始まった大酸化事変（Great Oxidation Event; GOE）は地球史上最大の大気酸素濃度急上昇イベントであり、地球表層環境を大きく変えた(Lyons et al., 2014)。また22–20億年前の炭酸塩堆積物などからは、一次生産の活発化による+10%に及ぶ炭素同位体比の正異常（Lomagundi Event）が報告されており(e.g. Melezhik et al., 2007), 当時の海洋は酸化的環境であったことが示唆されている。しかしLomagundi Eventの終焉とその後の地球環境変動については未だ不明である。そこで本研究では、カナダ・フリントロン帯から得られた黒色頁岩を含むコア試料（TS07-01）について、ジルコンU-Pb年代分析による堆積年代の制約と、黒色頁岩中微量元素濃度分析による酸化還元状態の推定を行った。

研究対象のフリントロン帯には約19.2–18.4億年前に形成された火成岩・堆積岩が保存されている（Lucas et al., 1996）。約18.8億年前の島弧–島弧衝突を境に、衝突前の海洋プレート、島弧火成岩、堆積岩などから構成されるAmisk collage(19.2–18.8億年前)と衝突後の陸上堆積岩から構成されるMissi Group(~18.4億年前)が識別されている。また、フリントロン帯には断層に挟まれたタービダイトが各地に点在する。本研究で分析試料とした掘削コアはマニトバ州フリントロン北東に位置するEmbury湖から得られており、約440mのタービダイト性砂岩–黒色頁岩互層部と約10mの流紋岩（Rhyolite unit）から構成される。先行研究において、Embury湖に分布する砂岩–黒色頁岩互層は衝突に伴って形成された背弧海盆の堆積物（18.4億年前；Burntwood Group）のクリッペであると考えられてきた（Ordóñez-Calderón et al., 2016）。またMotomura et al. (2020)では、コア試料（TS07-01）に含まれる黒色頁岩中の全硫黄–全有機炭素比（TS/TOC）が現世の淡水堆積物の値と同等である事から（~0.04）、硫酸イオンに乏しく、硫酸還元菌の活動が著しく制限された環境であったことを示した。

コア試料（TS07-01）中の砂岩–黒色頁岩互層部は褶曲により上下が大きく4度入れ替わっており、それぞれN1 (~20 m), R1 (~240 m), N2 (~10 m), R2 (~50 m), N3(~120 m) unitを識別した。Rhyolite unitとN3 unitの境界付近は約30mにわたって強い変形を被っている。砂岩は主要鉱物として石英や斜長石を含み、副成分鉱物としてジルコン、アパタイト、チタン酸化物等を含む。黒色頁岩はシルトサイズの石英粒子と粘土鉱物、微量の黄鉄鉱を含む。

U–Pb年代分析の結果、流紋岩から分離したジルコンについて、 1880.4 ± 3.7 Ma ($n=81$, MSWD=0.92), 1882.6 ± 4.8 Ma ($n=49$, MSWD=0.94)の年代を得た。流紋岩と接するN3 unit中の砂岩から分離されたジルコンは 1862.2 ± 2.6 Ma ($n=151$, MSWD=0.77)を示した。

N1 unit中の黒色頁岩の元素濃度分析（Mn, V, Cr, Ni, U）により、それぞれMn: 200–500 ppm, V: 80–200 ppm, Cr: 60–200 ppm, Ni: 20–60 ppm, U: 2–6 ppmの結果を得た。これらのRedox-sensitive elements（特にV, Cr, U）は砕屑物指標としたAlとの強い相関を示す（ $R^2 > 0.7$ ）。一方でMnやNiはPAASに比べて低い濃集度（ $Mn_{EF}, Ni_{EF} < 0.8$ ）を示す。このことから、堆積環境はMnの酸化や、V, U等の還元が起こらない貧酸素環境（suboxic）であると推定した。この結果はLomagundi Event後に大気酸素濃度が減少した可能性を示す。

参考文献

- Lucas et al., 1996, *GSA Bulletin*, **108**, 602–629.
Lyons et al., 2014, *Nature*, **506**, 307–315.
Melezhik et al., 2007, *Geology*, **35**, 655–658.
Motomura et al., 2020, *Island Arc*, **29**, e12343.

Keywords: Paleoproterozoic, U-Pb geochronology

(entry) Formation of modern iron-oidals in a shallow-marine hydrothermal environment at Nagahama Bay, Satsuma Iwo-Jima Island, Japan

*Awalina Aprilia Mitasari¹, Shoichi Kiyokawa¹

1. Kyushu University

Modern iron-oidals have been considered as one of the most important tools for investigating the history of the earth as its capacity to provides the analogy of the granular iron sedimentation in the ancient ocean. Interestingly, we found that such an ongoing formation process of iron-oidals can be observed at Nagahama Bay of Satsuma Iwo-Jima Island, 38 km south of Kyushu Island, Japan. The minimum influence from seawater (e.g. waves) due to the occurrence of breakwaters and the intense hydrothermal activities causes the water to become orange-brown in color with acidic (low pH), hot (high temperature), and containing a large amount of dissolved iron (generated by mixing volcanic fluids and seawater). These conditions lead to the precipitation of Fe-oxyhydroxide sediments on the floor of the bay; and iron-coated sands on the wharf and along the beach. Therefore, in order to understand the characteristics and formation of iron-oidals, we collect unlithified sand samples from 15 locations: west and east site of the fishing port, original river, the mouth of the river, 9 samples from the sandy beach, and 2 samples from the rocky beach. Sand grains are spheroidal in shape (oids) with a rust black-brown color, vary from 0.2 to 2 mm in diameter, and exhibit roundness from sub-angular to sub-rounded. Based on our petrography and FE-SEM/EDS data, we found that oidal sands are consist of volcanic rock fragments (basaltic and rhyolitic rocks) and free crystals (plagioclase, quartz, biotite) on the nucleus; and covered by concentric amorphous Fe-oxide cortex. Three types of Fe-oxide were observed: (1) covering the granules, (2) fracture filling, and (3) void filling. EDS analysis indicates that most of the amorphous Fe-oxide particles are mainly composed of Fe (~58-64%) and Si (~6-9%). Element mapping using FE-EPMA shows that the cortex is composed of Fe-rich which is almost uniform in each layer. Furthermore, high-Ca mineral inclusions in one layer can be a key layer for correlation. The microbial community is well documented in the form of cocci, rod, and filamentous morphology, which responsible for triggering the chemical precipitation of Fe-oxide through their metabolic activity hence results in the formation of iron-oidals.

Keywords: Ooids, Iron Ooidal Sands, Granular Iron Formation, Modern Analogy, Satsuma Iwo-Jima

Preliminary results of carbon isotopic compositions of individual graphite grains in the Early Archean sedimentary rocks from Labrador, Canada

*Motoko Igisu¹, Kentaro Tanaka², Naoto Takahata², Tsuyoshi Komiya², Yuji Sano³, Ken Takai¹

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

太古代（25億年前以前）堆積岩中の炭質物の研究は、地球の初期生命史を解明するための最も直接的かつ確実な方法である。地質記録から生命の痕跡を探索する強力な手段の一つは、堆積岩に保存された炭質物の化学組成を解読することである。従来、太古代堆積岩中の炭質物から生命活動を認定する指標として炭素の安定同位体比が用いられてきた（例えばSchidlowski, 2001）。Tashiro et al. (2017)は、カナダ・ラブラドル地域から採取された約39.5億年前の堆積岩中の炭酸塩と炭質物間に安定炭素同位体比のシフトがあること、炭質物から見積もった熟成温度が周囲の鉱物から得た変成温度と調和的であることを報告した。この報告は、地球最古の生命の痕跡を示唆するものとして注目を浴びた。しかし、炭素同位体比は主に全岩から得られたものであり、個々の炭質物については2試料からしか得られておらず、後の時代の有機物混入の問題がある。また、炭質物が堆積時に存在したか否かを判定するために重要な炭質物の熟成温度について、炭素同位体比を得た試料全ての熟成温度を算出した訳ではなく、データに不十分な点があった。

本研究では、地球最古の生命の痕跡を保持し得るカナダ・ラブラドル地域の炭質物に対し、薄片内での空間分布やラマンスペクトルを考慮し、初生的な炭質物の炭素同位体比を得ることを目的とする。演者らは、Tashiro et al. (2017)において全岩の炭素同位体比が報告された堆積岩29試料中のうち、ラマンスペクトルのデータが欠如していた22試料の顕微ラマン分光分析を行い、炭質物の熟成温度が母岩から見積もられた変成温度と調和的な炭質物と、それらより低い値をもつ炭質物が存在することを明らかにした（伊規須ほか, 2019）。本発表では、光学顕微鏡観察と顕微ラマン分光分析の結果から初生的な炭質物、すなわちグラファイトと判断した粒子に対し、二次イオン質量分析計（NanoSIMS）による炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）分析を行った予察的結果を報告する。

上述の堆積岩29試料の光学顕微鏡観察を行い、グラファイトを鉱物に包有されるもの・鉱物粒間に存在するものの2つに分類した。泥質岩4試料、チャートノジュール1試料、炭酸塩岩2試料を選定し、NanoSIMSでスポット分析した。その結果、鉱物粒間に存在するグラファイトの $\delta^{13}\text{C}$ は、基本的に全岩のそれを支持した。NanoSIMS分析ではプレスパッキングによって試料表面を洗浄し、スパッタリングによって試料表面から放出される二次イオンを検出するが、包有されるグラファイトでは、分析中に炭素のイオン強度が減少することがあった。これはグラファイトのサイズが長さ数 μm 幅1 μm 程度と極めて小さいためと考えられる。そのため、イメージング分析を適用し、プレスパッキングによる試料の消失を避け、イオンイメージの経時変化をもとに、イオン強度が安定した後のデータを取得することを試みた。イメージング分析の結果、包有されるグラファイトの $\delta^{13}\text{C}$ は-5%から-30%と見積もられた。包有されるグラファイトは泥質岩で観察される。泥質岩中で、粒間に存在するグラファイトの $\delta^{13}\text{C}$ は-15%から-25%であるため、包有されたグラファイトの方がより不均質な可能性がある。ただし、イメージング分析では、データ処理の設定を変更することで $\delta^{13}\text{C}$ の値に10%以上の差が生じる粒子や、繰り返し測定において $\delta^{13}\text{C}$ 値が安定しなかった粒子がある。今後、より正確な $\delta^{13}\text{C}$ 値を決定し、グラファイトの起源を推定するために、試料の再測定やデータ処理法の再検討等を行う必要がある。

Keywords: graphite, Early Archean, carbon isotopic compositions, NanoSIMS

(entry) Apperance of wet climate during the Eocene recorded in freshwater carbonate from Kyusyu

*Aki Sakuma¹, Akihiro Kano¹, Yoshihiro Kakizaki¹, Hirokazu Kato¹, Sota Niki², Takafumi Hirata²

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

新生代におけるアジア地域の気候変動は、約5000万年前に起きたインド亜大陸とユーラシア大陸の衝突によるヒマラヤ・チベット高原の隆起と関係することが示唆されてきた(e.g., Manabe and Terpstra, 1974)。東アジア夏季モンスーンの成立によって、東アジア沿岸地域は白亜紀の帯状気候分布から現在のアジアモンスーンの影響下にある気候分布へ変化し、湿潤化したと考えられるが、その時期は曖昧である。最近では、中国南部の低緯度地域において堆積物中の花粉群集や岩相の変化から始新世前期に湿潤化が起きたことが示された(Xie et al., 2020)。しかし、低緯度地域における気候変動は全球的な熱帯収束帯の影響も受けるため、始新世における東アジア沿岸地域の湿潤化とヒマラヤ・チベット高原の隆起の関係を評価するためには、中緯度地域での気候記録が必要である。

本研究では、始新世に東アジア沿岸域中緯度地域に位置していた九州地方の陸成層から産出する淡水成炭酸塩の産状と同位体比を調べ、その形成プロセスと気候条件を推定した。研究対象は、熊本県天草地方に分布する始新世初期の赤崎層と、佐賀県唐津地方に分布する始新世後期の芳の谷層である。これらの地層の野外調査を行って分析に用いる炭酸塩ノジュール試料を採取し、XRD分析による鉱物種の同定、薄片観察・EPMA分析による構造観察、酸素・同位体比分析による環境水の復元を行った。赤崎層は凝灰岩中のジルコン粒子の年代から始新世前期に堆積したことが分かっているが(Miyake et al., 2016)、芳の谷層は詳細な年代が不明なため、新たに凝灰岩試料を採取してジルコンのウラン-鉛年代測定から堆積年代を推定した(予察分析: 37 Ma)。赤崎層のノジュール試料はカルサイト・ドロマイト・石英が主な構成鉱物である。EPMAを用いて微細組織を観察したところ、ドロマイトは粒状のものと、皮膜状のものの2つのタイプがあることが分かった。いずれの場合でもドロマイトの沈殿の後にスパー状カルサイトが空隙を埋めるように沈殿しており、ドロマイトが二次沈殿物である可能性は低い。炭素同位体比は約 $-10 \pm 1\%$ の範囲に集中しており、炭素の起源は土壌有機物と大気二酸化炭素の混合であることが分かった。一方で、酸素同位体比は $-12 \sim -4\%$ と幅広い値をとり、ドロマイトとカルサイトの構成比率と相関を示した。ドロマイトが多いほど同位体比が高くなるという関係は、土壌中の蒸発作用の過程で最初にカルサイトが沈殿し、土壌水中の ^{16}O の優先的な蒸発とMg/Ca比の上昇が起こっていたと推測される。これらのノジュールの特徴や堆積構造からは、赤崎層のノジュールは土壌中で形成したものであると解釈される。一般に土壌成炭酸塩は年間降水量が1000mm以下の半乾燥～乾燥条件で形成することから(Zamanian et al., 2016)、始新世前期における天草地域は乾燥気候下に位置していたと考えられる。一方、芳の谷層のノジュール試料は主に石英・長石・シデライトを含み、鉄酸化物やパイライトも少量含んでいることが分かった。炭素同位体比が $1 \sim 13\%$ に達することが大きな特徴で、このような高い炭素同位体比は、メタン生成によって放出された高い炭素同位体比を持つ二酸化炭素を反映していると解釈される。酸素同位体比は $-6 \sim -2\%$ の範囲で変化し、シデライトの温度変換式から計算される環境水の同位体比は降水起源の同位体比であることを示す。このような特徴は湿地帯で沈殿するノジュールのものと一致しており(e.g., Pye et al., 1990)、石炭層の存在とも整合的である。したがって、始新世後期の唐津地域は年間を通じて湿地帯が存在するような湿潤気候下にあったことが示唆される。2つの地層のノジュールの鉱物・同位体的な特徴は、東アジア沿岸域中緯度地域においても始新世中期から後期にかけて湿潤化が起きたことを示唆する。

*参考文献

Manabe and Terpstra (1974). *Journal of the Atmospheric Sciences*, 31(1), 3-42.

Xie et al. (2020). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 278, 104226.

Miyake et al. (2016). *Paleontological Research*, 20(4), 302-311

Zamanian et al. (2016). *Earth-Science Reviews*, 157, 1-17

Pye et al. (1990). *Sedimentology*, 37, 325-343

Keywords: Eocene, freshwater carbonate, Kyusyu

Oceanic phosphorus inventory and atmospheric O₂ levels during the Proterozoic and Phanerozoic eons constrained by a global redox budget model

*Kazumi OZAKI¹

1. Toho University

近年の地質学的・地球化学的手法の進展により、地球史を通じた大気中酸素濃度の変遷について大局的な描像が描かれるようになってきた。しかしながら、地質記録に基づく推定値には依然として大きな不確定性が残っており、オーダーレベルの議論に留まっているのが現状である。たとえば、原生代中期の時代（およそ18億年前から8億年前）の大気中酸素濃度については現在の0.1%~10%という程度でしか制約ができておらず、活発な議論が続いている。また、古生代カンブリア紀からオルドビス紀の酸素濃度についても、現在よりも有意に低かったという議論と現在と同程度であったという議論が対立している。氷床コアの存在しない100万年前よりも古い時代の大気組成を地質記録から復元することは難しく、また、たとえ正確な推定が可能になったとしても、その背後にある物質循環全体としての振る舞いを明らかにすることはできない。この点で、大気組成を規定する物質循環過程に着目した定量的研究が必要とされている。

大気中酸素濃度は、生成と消費の動的なバランス（酸化還元収支）によって決まっている。本研究では、大気中酸素量を規定する大気―海洋―地殻間での物質循環過程を包括的に考慮した数値モデルを開発し、酸素生成を規定するリン循環についての系統的な感度実験を行うことで、水圏でのリン濃度と大気中酸素濃度の間にどのような関係があるのかを定量的に調べた。開発された数値モデルは、海洋での生物地球化学過程を組み込んだモデルに大気光化学反応過程や陸域風化作用、および地殻リザーバーの応答が結合された全球酸化還元収支モデルである。このモデル開発によって、億年スケールで生じる地球表層環境の酸化還元状態を議論することが初めて可能となった。

陸域でのリン風化フラックスについての感度実験を行った結果、海洋リン濃度が低い状況ほど大気中酸素濃度が低くなることが示された。特に、両者の間には非線形関係が存在し、海洋中リン濃度が現在値の10%となる条件では大気中酸素濃度が現在値の1%程度にまで低下することが示された。また、海洋リン濃度が現在の3%を下回ると大気中酸素濃度が太古代レベルにまで低下することが示された。こうした結果は、海洋中リン濃度と大気中酸素濃度の間の関係を定量的に示した初めての結果であり、今後、地質記録から海洋中リン濃度の制約が進めば大気中酸素濃度に制約を与えることが可能となる。また、モデルの含むパラメータについてのモンテカルロシミュレーションを行った結果、大気中酸素濃度には典型的な二つの安定状態が存在する可能性が示された。一つは顕生代に対応する富酸素な大気海洋環境に対応しており、もう一つは現在の1%程度の大気酸素濃度に対応する。後者は原生代に想定される大気中酸素濃度に一致しており、原生代の低大気酸素濃度の状況が地球表層圏の物質循環の特性として説明できる可能性を示している。

発表では、上記結果に基づいて原生代から顕生代にわたる大気中酸素濃度変遷史について議論する予定である。

Keywords: Atmospheric O₂ level, Global redox budget, Biogeochemical cycles, Proterozoic, Phanerozoic

Poster | R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

[3poster83-83] R24 [Regular Session]Mineral resources and global material cycles

Mon. Sep 6, 2021 4:00 PM - 6:30 PM poster (poster)

[R24-P-1] (entry) Sr-Nd-Pb isotopic constrains on the polymetallic mineralization at the Toyoha deposit, Hokkaido, Japan

*Mizuki Ishida¹, Yuki Hieda¹, Shuhei Araki¹, Koichiro Fujinaga^{2,3}, Toru Shimizu⁴, Masaharu Tanimizu⁵, Hitomi Nakamura⁴, Hikaru Iwamori^{6,7}, Shiki Machida^{2,3}, Shigekazu Yoneda⁸, Kentaro Nakamura^{1,2}, Yasuhiro Kato^{3,1,2,7} (1. Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources (FRCER), School of Engineering, The University of Tokyo, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 5. Department of Applied Chemistry for Environment, School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University, 6. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 8. National Museum of Nature and Science, Department of Science and Engineering)

4:00 PM - 6:30 PM

(entry) Sr-Nd-Pb isotopic constrains on the polymetallic mineralization at the Toyoha deposit, Hokkaido, Japan

*Mizuki Ishida¹, Yuki Hieda¹, Shuhei Araki¹, Koichiro Fujinaga^{2,3}, Toru Shimizu⁴, Masaharu Tanimizu⁵, Hitomi Nakamura⁴, Hikaru Iwamori^{6,7}, Shiki Machida^{2,3}, Shigekazu Yoneda⁸, Kentaro Nakamura^{1,2}, Yasuhiro Kato^{3,1,2,7}

1. Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation (ORCeNG), Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources (FRCER), School of Engineering, The University of Tokyo, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 5. Department of Applied Chemistry for Environment, School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University, 6. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 8. National Museum of Nature and Science, Department of Science and Engineering

産業上重要な金属元素の中には、鉛、亜鉛などのベースメタルの鉱石の副産物 (by-product) として産するものがある (たとえば、インジウム、カドミウム、テルルなど)。副産物の元素は、すべてのベースメタルの鉱床に濃集しているわけではなく、資源量の評価や効率的な探査が難しいことが知られている。したがって、これらの副産物元素が、なぜ、どのような場合に鉱床に濃集するかのメカニズムの解明が、重要な課題となっている [1]。

レアメタルの1種であり、液晶や半導体に利用されるインジウムも、ベースメタルの副産物として産する元素の1つである。浅熱水性の鉛-亜鉛鉱床である北海道西部の豊羽鉱床は、1990年代には世界最大のインジウム鉱床として知られていた [2]。豊羽鉱床の鉱脈は、その走向や鉱物組み合わせにより前期脈と後期脈に分けられており、このうち後期脈は鉛-亜鉛に加えて、銀、銅、スズ、インジウムなどを産する [3]。豊羽鉱床の成因について、これまで様々な議論が行われてきたものの、後期脈の多金属鉱化作用の原因については不明な点が多い。後期脈に産する鉛、亜鉛、銀、銅、インジウムは全て親銅元素であり、これらの元素の起源物質の指標として、Pb同位体比は適していると考えられる。そこで本研究は、豊羽鉱床の鉱石中の硫化鉱物のPb同位体比と、豊羽鉱床周辺地域の岩石のSr-Nd-Pb同位体比を組み合わせることで、豊羽鉱床の鉱石中の金属元素の起源について制約することを目的とする。

豊羽鉱床の鉱石中の硫化鉱物 (方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱など) のPb同位体比は、前期脈後期脈ともに、豊羽地域の基盤岩である薄別層よりも低い²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pbおよび²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb比を示した。したがって、鉱石中のインジウムは、基盤岩に由来するものではないことが示唆される。また、前期脈のPb同位体比は、豊羽鉱山南方の無意根山溶岩の同位体比の範囲とほぼ一致することから、無意根山と同様の同位体比を持つマグマが、前期脈に金属元素を供給したと考えられる。これに対して後期脈は、前期脈や無意根山よりも幅広い²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb同位体比を示し、前期脈とは異なる金属元素のソースを持っていた可能性が高い。発表においては、後期脈に特徴的なこの金属元素のソースの候補について、周辺岩石のSr-Nd-Pb同位体比に基づいて制約するとともに、後期脈に多金属鉱化作用が生じた要因について考察を行う。

[1] Jowitt, S. et al. 2018. *Econ. Geol. Spec. Publ.* 21, 25-38.

[2] Ohta, E., 1991. *Min. Geol.* 41, 279-295.

[3] Yajima, J., Ohta, E., 1979. *Min. Geol.* 29, 291-306.

Keywords: epithermal deposit, indium, Jozankei district, lead isotope, magma