

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: Yositaka 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 SHIRAIISHI¹, 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 (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

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: Norihito 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

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

Chair: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 SHIRAIISHI¹, 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

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出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られることができる。

《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°C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°C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, $K_0=0.64\sim 0.80$ 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 $K_{0MAX}=0.90\sim 1.33$ 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.

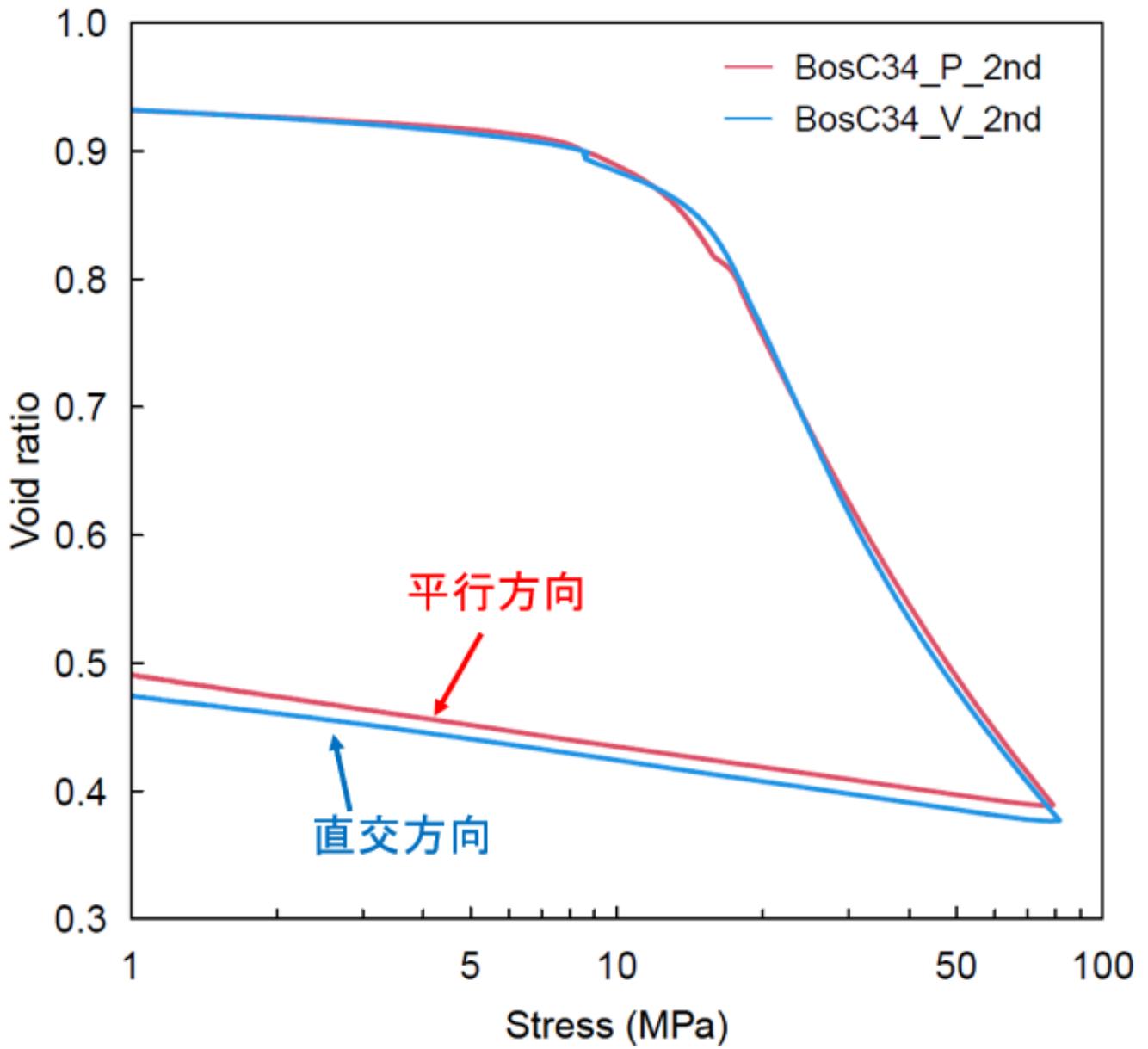
引用文献

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 SHIRAIISHI¹, 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、研究が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、マルチチャンネル反射法地震 (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

沖繩トラフの拡大は2 Ma以降とされ、南部沖繩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繩トラフ海底に海洋地殻は存在しないと報告されており、したがって沖繩トラフは、(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一つが熱流量である。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。一方その外側の沖繩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南側斜面から沖繩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いがたく、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、沖繩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、沖繩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 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

Oral | R14 [Regular Session]Tectonics

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

Chair: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、深浦町千畳敷にいたる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、東側で変化率が大き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 地質探鉱部門個人講演 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°C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同合わせ、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、小笠原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笠原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ま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)。このモデルは高圧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（高圧型）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、同時期の高圧型変成岩類（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、香東・色生・麦谷・高原川・赤滝・楨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（香東・色生）・麦谷タイプ（麦谷）・四万十タイプ（高原川・赤滝・楨尾）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のイザナグ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]にそって機械的双晶が形成される。これにともなって、方解石粒子は微小な剪断変形をこうむる。この双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、双晶の三次元的姿勢情報から双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。双晶の方向データを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双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、双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双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双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、応力を分離検出できることがわかった。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10¹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、双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

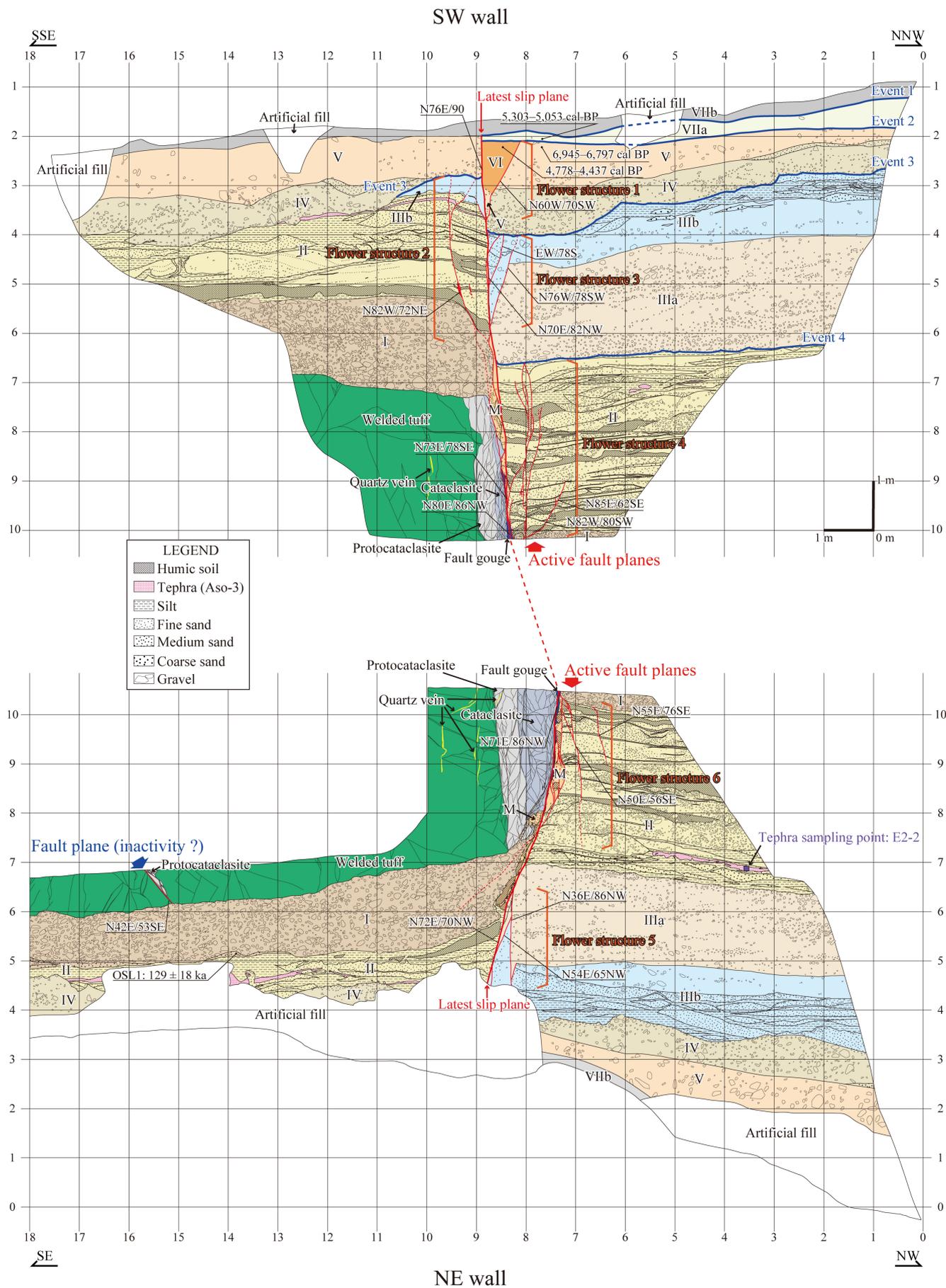
を抽出できていない可能性がむしろ高いと考えられる。

謝辞

本研究の内容は、¹⁴C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。

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



LEGEND

	Humic soil
	Tephra (Aso-3)
	Silt
	Fine sand
	Medium sand
	Coarse sand
	Gravel

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。

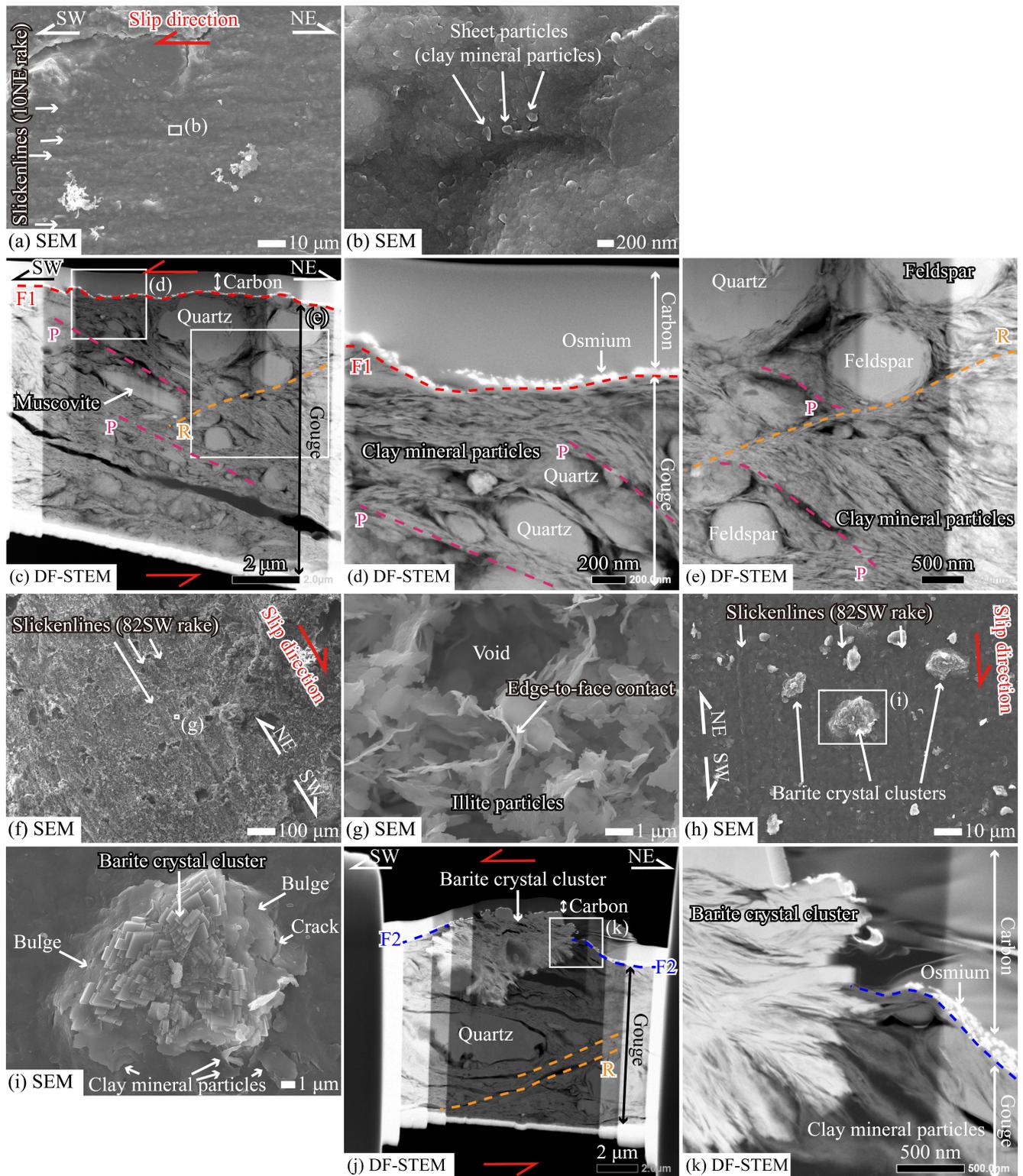
F2: SEM観察の結果、F2上には条線が認められ、多くのランダム配列するイライト粒子と、いくつかの重晶石が見られた（図f~i）。重晶石周辺のF2はバルジ状に盛り上がり、クラックを伴う。また、F2は2 μm程度の粘土鉱物粒子から構成されていた。STEM観察の結果、F2は重晶石を中心に凸状を呈し、重晶石に横断されていたことから（図jおよびk）、断層活動後（F2形成後）に重晶石が断層ガウジを押し広げながら晶出・成長することで、F2が凸状に変形し、クラックが形成されたと考えられる。

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、重晶石は粉砕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。

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

Chair: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境界層はハイエイタスで欠如していると思われる。それでもハイエイタスは短期的で、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393.5m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射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射虫・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射虫 *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桁程度低いため、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比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9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わり、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

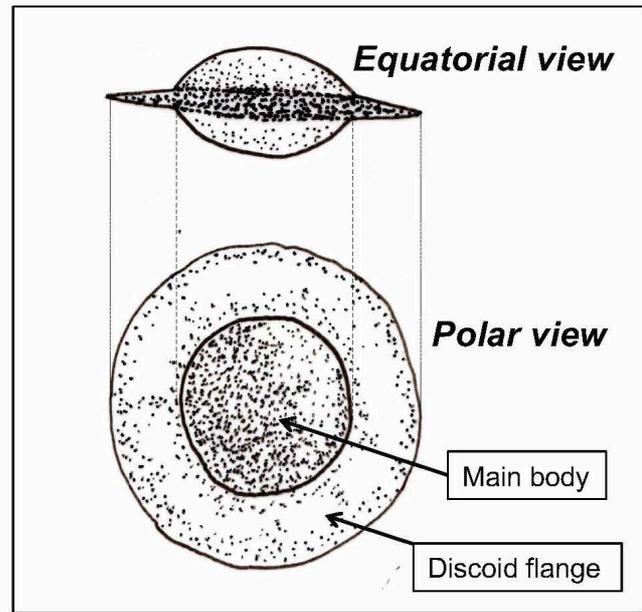
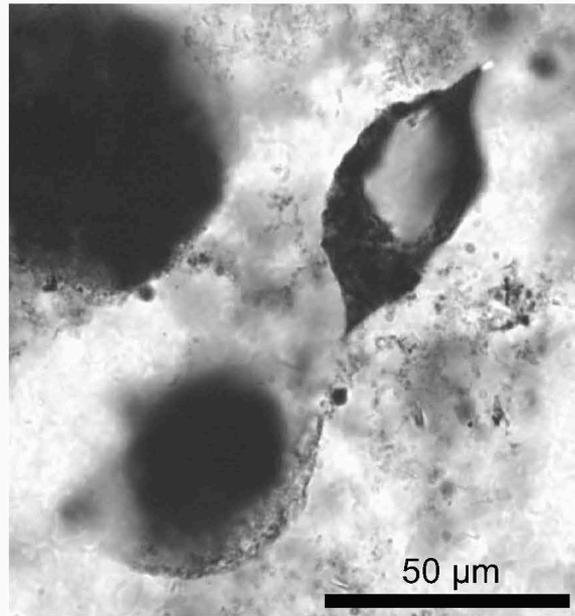
*Kenichiro Sugitani¹

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

*Takehige 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により、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气循環

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气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て、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に関連して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ことが方針に加えられた。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年のブレイクスルーは以下の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、逆王水のみの場合に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、遠洋性粘土で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>

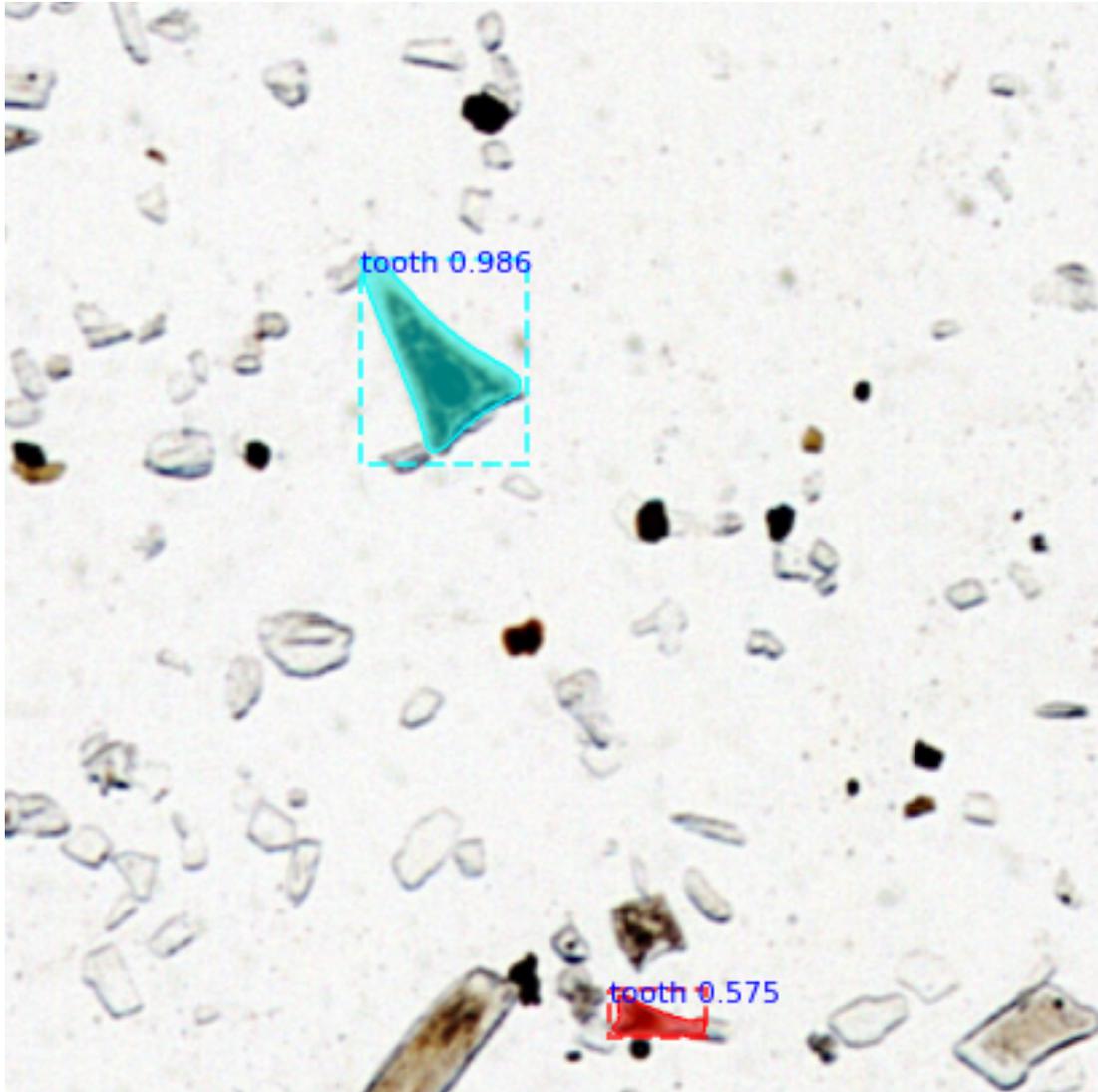
- [1] Kato et al. (2011) *Nature Geoscience* **4**, 535-539.
- [2] Iijima et al. (2016) *Geochemical Journal* **50**, 557-573.
- [3] Takaya et al. (2018) *Scientific Reports* **8**, 5763.
- [4] 安川ほか (2018) *地球化学* **52**, 171-210.
- [5] Mimura et al. (2019) *Journal of Asian Earth Sciences* **186**, 104059.
- [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るとともに、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空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空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、化学組成に基づ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}, Kakihata 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

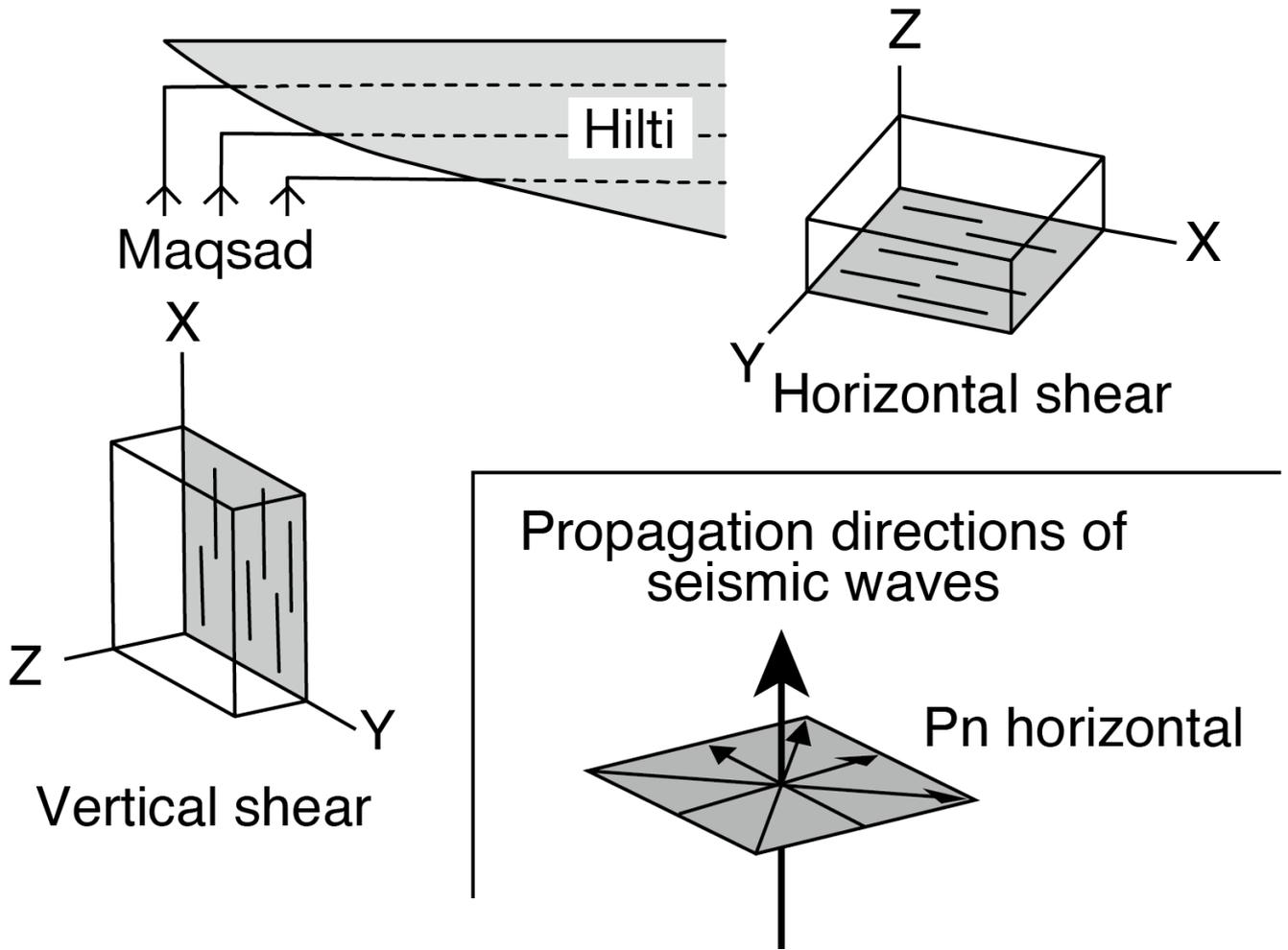
Microstructural analyses of coarse-grained peridotite in the vicinity of mantle diapir in Oman ophiolite: Implication for seismic anisotropy in lithospheric mantle

*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. Maqсад 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). Maqсад 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 V_p 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.

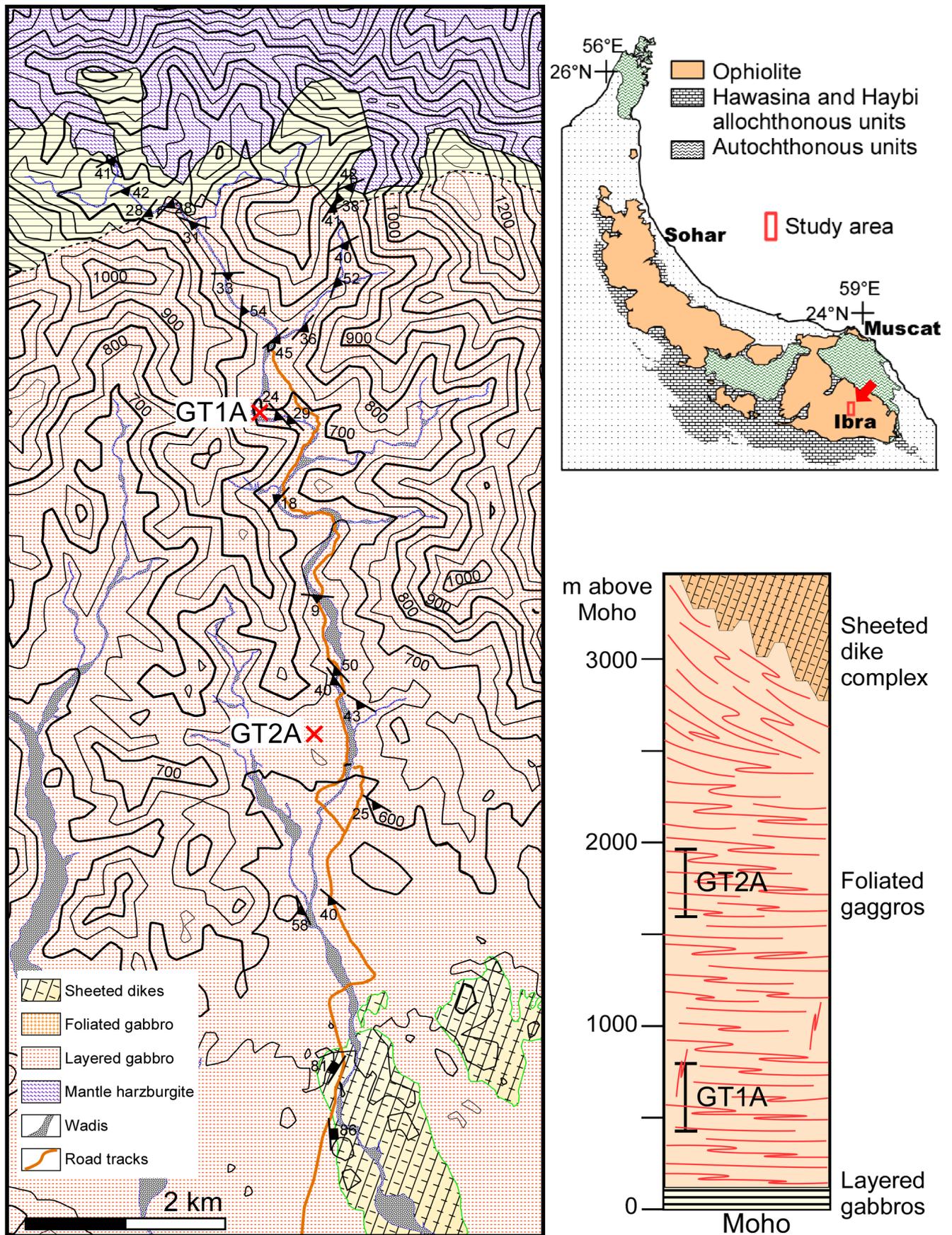
Cored samples are predominantly olivine gabbros with elongated olivine aggregates and clinopyroxene with quarter structures embedded in granoblastic plagioclase and large euhedral plagioclases with resorbed turbid cores. These textures suggest deformation under the presence of melt, which assisted complete 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 columner 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, 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

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、島後の西部ではシヨシヨナイト (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、シヨシヨナイトを除き、Ba, Sr, Euに顕著な負異常がみられる。シヨシヨナイトは、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、日本海の高圧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°C、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-Teplce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SiO₂70wt.%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, SiO₂70wt.%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、古アジア海の最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、古アジア海の最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/epiiugs/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・仏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甌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。甌島列島は主に上甌島、中甌島および下甌島の3島からなる離島である。甌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、下甌島と一部上甌島に甌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)。しかし甌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、本稿では甌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甌島では比較的優白色で粗粒の花崗閃緑岩、上甌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、上甌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甌花崗閃緑岩帯南部と中部で2試料、上甌島花崗閃緑岩で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。これにより下甌島の花崗岩南部 (Kos-2) から 10.38 ± 0.50 Ma (MSWD=0.94, n=14), 同じく、下甌島花崗岩中部 (Kos-11) から 11.17 ± 0.53 Ma (MSWD=1.4, n=8), 上甌島花崗閃緑岩 (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。甌島花崗岩は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。甌島花崗岩から分離したジルコンはオシラトリー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甌島花崗岩はやや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。したがって甌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ック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±0.00005, 年代 19.8±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

Chair: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 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

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夕木川ルート 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°C付近の安定した値をとる。一方、氷期ではこれよりも2-3°C程度低くなり、MIS 38の後半では21°C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* や東柱類 *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

^{14}C 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 ^{14}C 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 deep-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 (2σ)	median	error (2σ)		
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, Jun'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 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.

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(C₁/C₂)、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°C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(60~100C)一

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つたと考えられる。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つた。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(C₁/C₂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%、C₁/C₂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 C/km)をもとに、熱分解ガスの生成条件(>80C)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

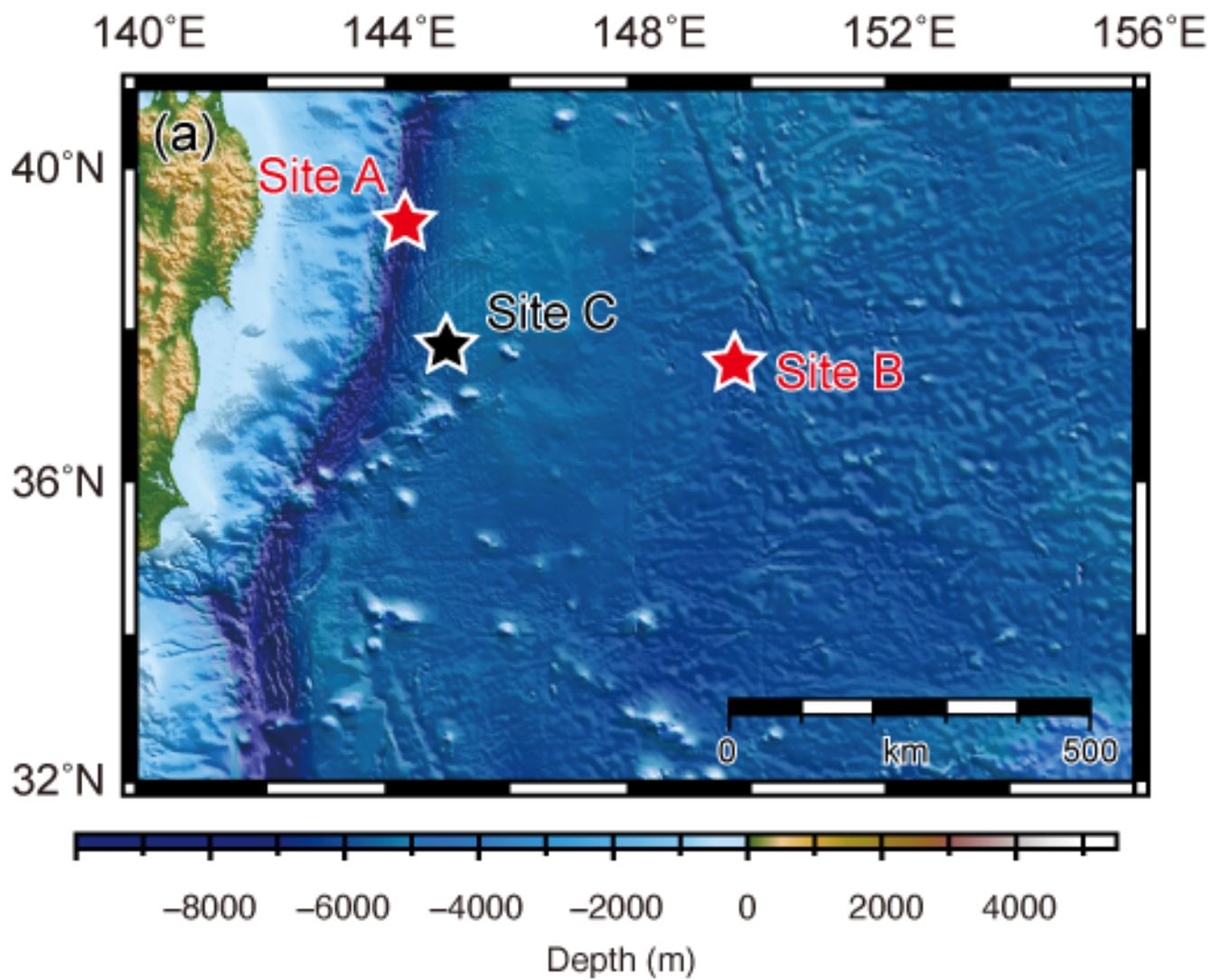
プチスポット火山を作るマグマは、60 kmより深部で形成されたとされる (Machida et al., 2017 Nature Communications, 8, 14302)。そのマグマ生成の規模はホットスポットよりも小さく、マグマ生成に伴う熱的な擾乱が少ないことが期待される。そのため、プチスポットマグマが地表に運んでくるマンツルのカケラであるマンツル捕獲岩は、地球深部マンツルの化学組成や流動様式に加えて熱状態に関する情報を引き出すのに適した研究対象であると言える。しかし、プチスポットで採取されるマンツル捕獲岩はサイズが最も大きいもので数cm程度しかなく、採取される量も少ないため研究を遂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(C¹⁴:4160±30yrBP~3460±30yrBP; 藤井ほか, 2017)と北秋田市の伊勢堂岱遺跡(C¹⁴:3760±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%, An18.6%, ひん岩(Po)15.7%, B(309個)はTf19.1%, Ry27.5%, An14.6%, Po21.4%, C(1281個)はTf18.4%, Ry20.4%, An26.8%, Po23.7%, D(535個)はTf32.9%, Ry21.3%, An20.9%, Po17.2%で米代川河床礫(100個; Tf16.3%, Ry20.0%, An27.5%, Po28.7%)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A24.4cm, B19.5cm, C22.3cm, D18.7cm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。

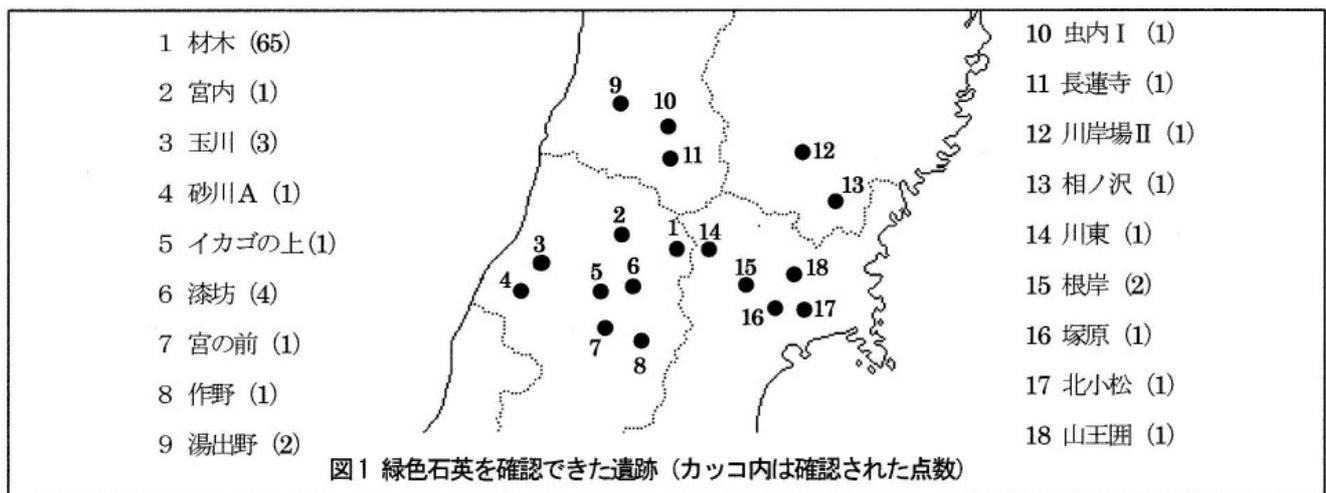
分布状況や確認できた遺跡の時期から、緑色石英は、勾玉や小玉などに加工され、縄文時代晩期に東北地方中南部地域を中心に流通していたことが明らかになってきた。出土数はヒスイと比べても少なく、緑色石英製の勾玉が墓坑から出土している例もあることから、緑色石英は当時、ヒスイと同じように価値の高い希少品として扱われていた可能性が高い。発掘品や地権者所有のものを含め、現在65点の緑色石英が確認されている材木遺跡は、緑色石英を用いた玉類の生産・流通の拠点集落であったと考えられる。

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（フォッサマグナム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一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

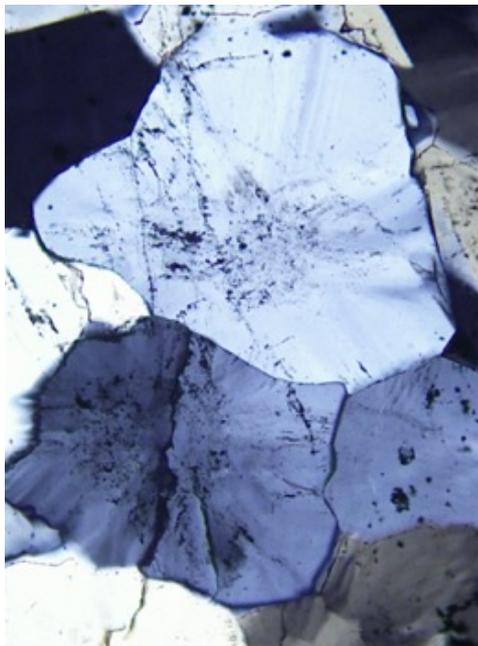


図1 放射状の波動消光(横幅0.9mm)

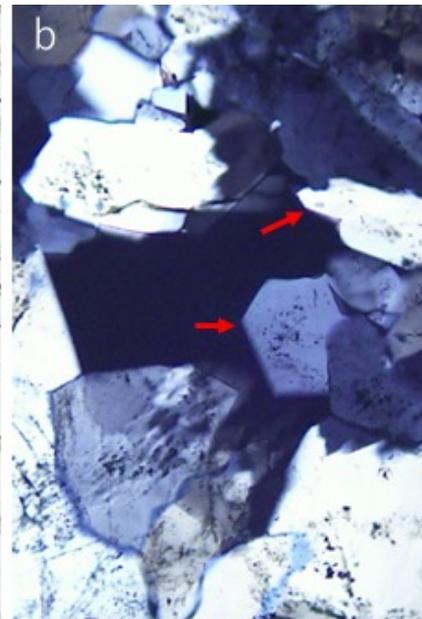


図2 空隙内に自形の石英が晶出している。a:オープンニコール, b:クロスニコール。(横幅0.3mm)

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柘木の寿賀神社には、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く。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。

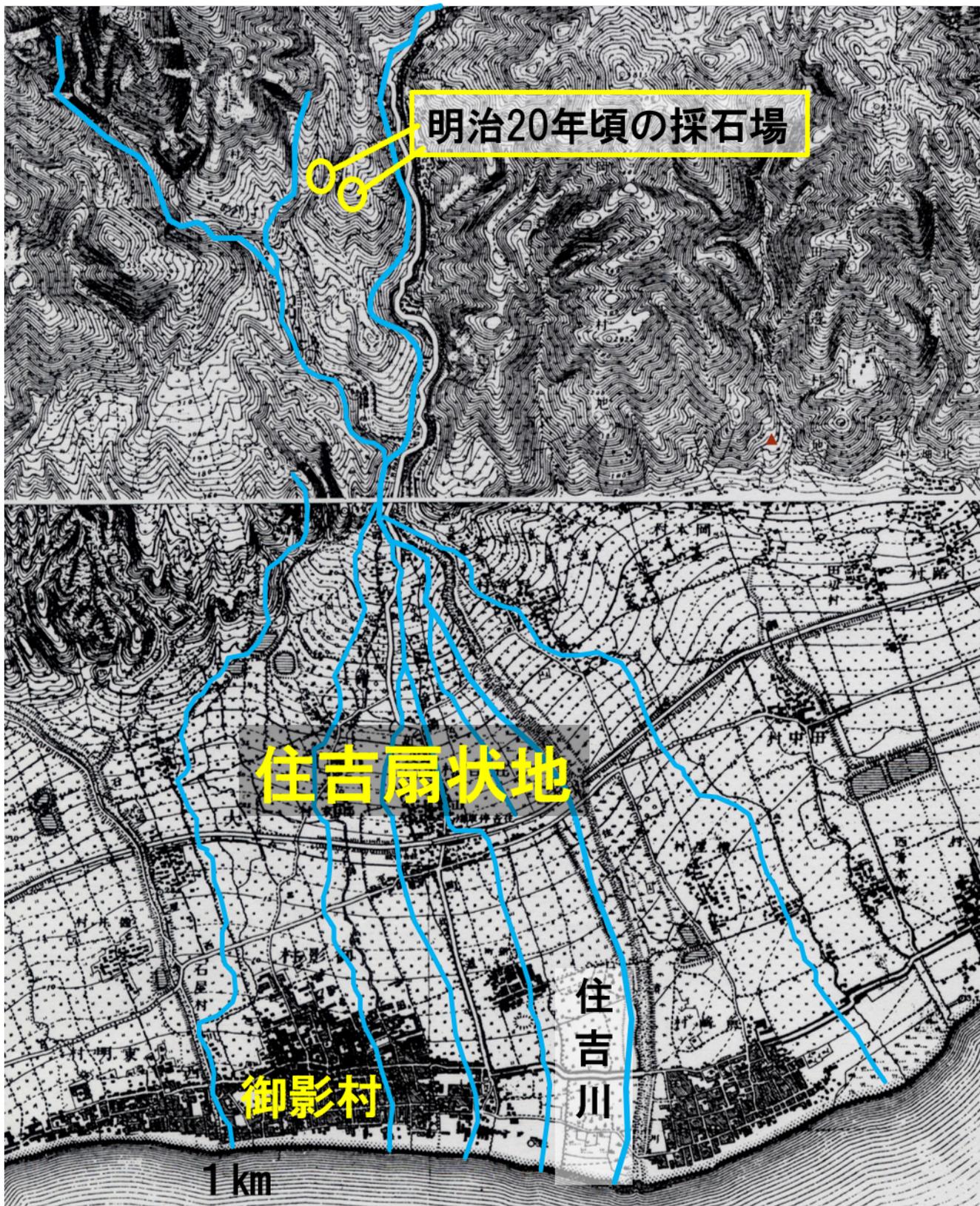
現在、六甲花崗岩を採石している場所はなく、1カ所で住吉川河床の岩塊を採取しているのみである。下図に示した2万分の1仮製地形図神戸及び六甲山（兵庫県立人と自然の博物館所蔵）では、住吉川上流の山中の2ヶ所で採石場が記されているのみで、大量に出回っている六甲花崗岩全体から見ると少ない。六甲山地の花崗岩は徳川大坂城築城に際して大量の石材が供給されたとされ、その残石は大名の刻印を記された「刻印石」や石割の過程を示す「矢穴石」として現地に多く存在するが、その大半は東方の芦屋川流域から西宮に至る地域で、その多くは尾根部に存在する花崗岩のコアストーンや過去の土石流による岩塊である。

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渓谷からなり、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渓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、滝や渓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渓谷は、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渓谷に立地するため、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)年に存廃の危機に陥った。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渓谷を活かして、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 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

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鉍物組成を記載し、（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、重鉍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—印西市～八千代市について—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 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

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, Adataro 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

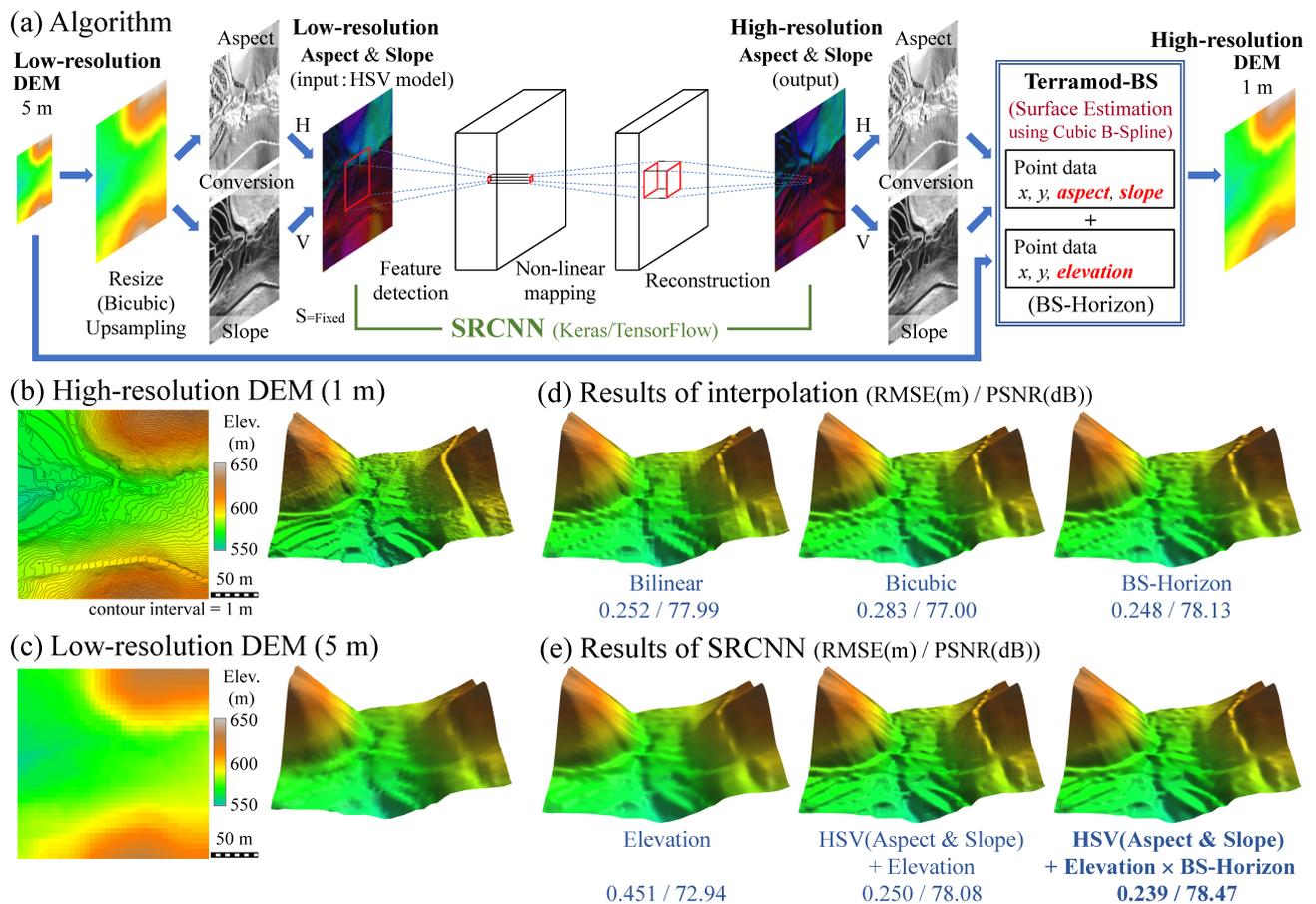


Figure 1. Algorithm and results. (a) Algorithm for spatial resolution improvement of DEM, (b) high-resolution DEM, (c) low-resolution DEM, (d) results of interpolation, (e) results of SRCNN.

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、機械学習に投入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となってしまうケースもある。従って、見た目ですぐ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なってくる。

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突入し、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、既に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 deposite and sharing in Geoscience

*Rie S. Hori¹

1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

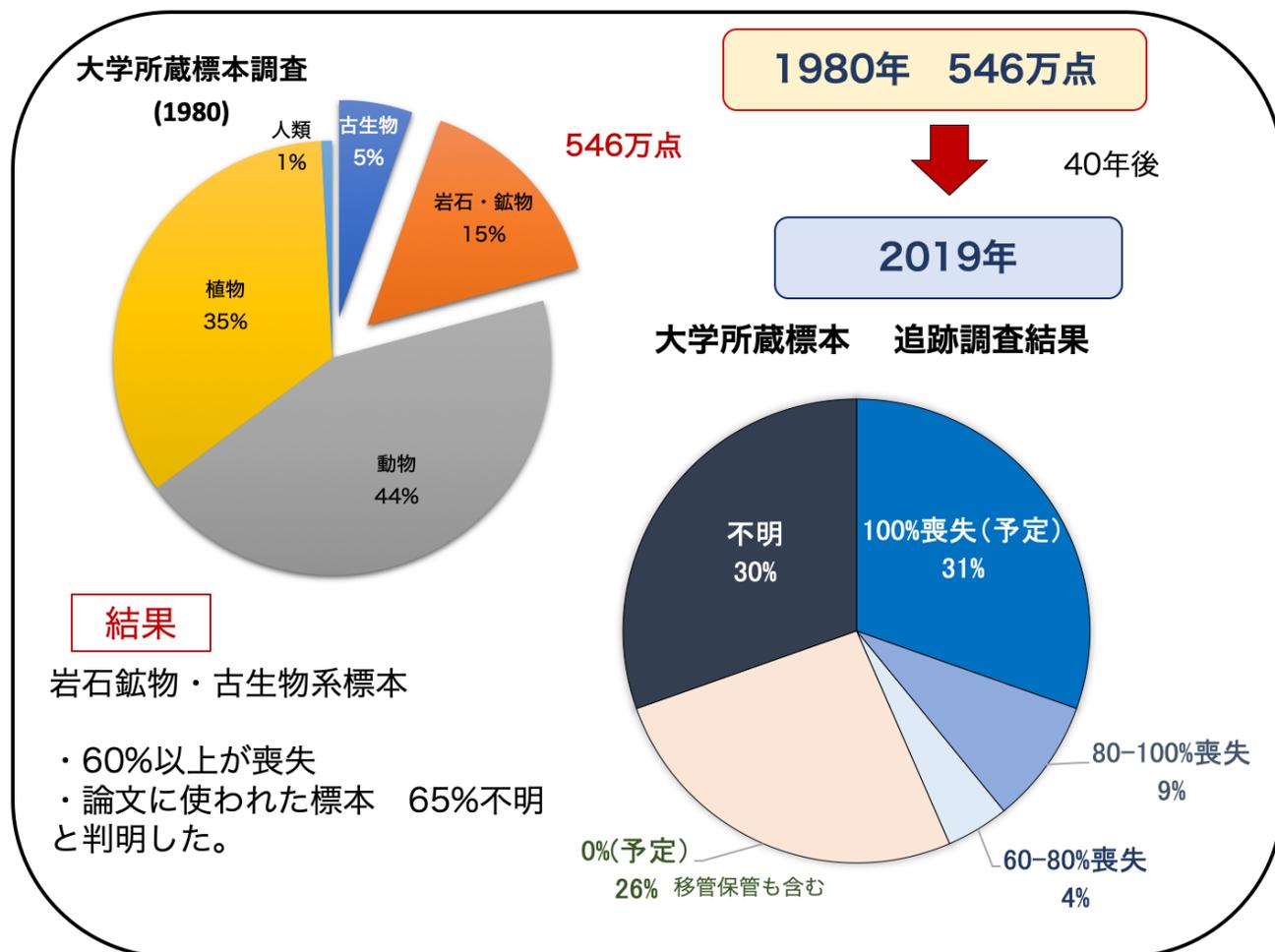
私の所属する愛媛大学の大学ミュージアムは、約10年前に設立され愛媛大学に所属する研究者の研究活動を紹介するポリシーのもと多様な展示を展開している。しかしながら、自然系や文化系標本・資料を保管するスペースが、昆虫標本以外はほとんど設けられていない。小松正幸元地質学会会長の貴重な北海道・飛騨外縁・イギリス等の岩石標本の多くが、退職後に大学に保管するスペースがなくご自宅に引き取られていった。記載鉱物学を専門とされていた皆川鉄雄元教授の標本は、見栄えする鉱物標本の一部は大学ミュージアムに展示されているが、ほとんどが大学理学部標本庫に、退職後整理されず残されている状態である。新たに赴任した助教が鋭意整理を試みているが、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（榎坂・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月に地球惑星系科学委員会地球・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

*Tsuayoshi 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ため、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