

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23240120

研究課題名(和文)湖沼 - 流域系に基づく東アジアの現在の地表プロセスと歴史的環境変動の解明

研究課題名(英文)Present earth-surface processes and historical environmental changes in East Asia inferred from lake-catchment systems

研究代表者

柏谷 健二 (Kashiwaya, Kenji)

金沢大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：30161029

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,400,000円

研究成果の概要(和文)：1) 中国東北部の湖沼 - 流域系の調査とコア試料分析から、後期完新世以降(約2800年前)の乾燥・寒冷化と約1000年前以降の人為的環境変動が明らかにされた。2) 台湾中央部の日月潭の湖沼堆積物の分析結果とその流域の調査から、後期完新世以降(約2500年前)の乾燥・寒冷化と約100年前のダム化による環境変動が明らかにされた。3) 北海道渡島大沼の湖沼 - 流域系の調査とコア試料分析から、1640年の大噴火以降の環境変動、そして戦後の人為的環境変動が明らかにできた。4) 金沢での池沼 - 流域系では観測資料およびセディメントトラップ試料の分析により、自然と人為による環境変動が識別できることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Analytical results for lacustrine sediments and lake-catchment system survey in East Asia (Mongol, China, Korea, Japan and Taiwan) reveal that: 1) gradual aridification (cooling) began in late-mid Holocene and artificial influences began at about 1000 yrs ago in Northeast China, 2) comparatively rapid aridification (cooling) began in late-mid Holocene and clear artificial influences were detected at about 100 yrs ago in central Taiwan, and 3) clear volcanic activity and post-environmental changes were detected since 1640 in the little ice age period and clear artificial changes after the world war 2nd were detected in lacustrine sediments of North Japan. Observation results in a small lake-catchment system in central Japan reveal that a combination of physical parameters may be available for identifying natural erosion-sedimentation processes from artificial ones.

研究分野：陸水地形学

キーワード：湖沼 - 流域系 東アジア 湖沼堆積物 歴史的環境変動 地表プロセス

1. 研究開始当初の背景

グローバルなシステムの変更(温暖化等)が懸念されている現在、環境変動の推定やその対応策には、現在や観測時代の資料のみならず、それ以前の環境記録の詳細な検討、観測の“限界”を超えた資・試料の入手・検討が不可欠である。即ち、観測記録と観測の“限界”を超えた記録を接続し、プロセスの理解に基づいて環境変動を解明し、それらを環境管理計画の中で活用する必要がある。現行の環境システム(間氷期)には中世温暖期・小氷期のようなサブシステムが含まれているが、東北アジアではこの時期の記録は、小氷期以降の急速な温暖化とともに、顕著な人為的な影響が推定される産業革命期や高度成長期を含む観測時代に繋がる。この地域には、モンゴルのように社会主義化と近年の都市集中化が大きな環境変動をもたらした地域と自然環境の変動に対応した応答が認められる地域が存在している。また、清朝末期以降における中国東北部や台湾の急速な人口増加・土地改変、近代における朝鮮半島の土地利用変化、日韓両国における戦後の高度経済成長そして近年における中国東北部・台湾の急激な経済発展・土地改変等と、現在進行形の大地の改変・都市化等を含め、これまでの数百年間に人間と自然の関わりに関するあらゆる環境の変化が認められる。従って、レジ-ム(サブシステム)の変更を含む自然の環境変化と人間の関わる諸環境課題を検討するためには、現在の観測・観察記録と過去の記録(代替資料等)の接続や空間的に異なる環境レジ-ム(サブシステム)を定量的に比較するための共通のトレ-サ-と測定システム(モニタリング装置、代替観測所)が不可欠である。ここで研究対象とする東北アジア地域では、多種多様な環境変動の存在とともに歴史時代の記録や観測時代の資料(旧満州・旧朝鮮・旧台湾を含む)が残され、さらに黄砂・火山灰(白頭山)等の共通のトレ-サ-が存在する。湖沼-流域系には、観測により現在のプロセスの知見が得られるばかりではなく、過去の自然変動や人為的な活動に関する情報が堆積物に記録されており、プロセスの理解に基づいて観測時代の記録と過去の記録(代替記録)が接続可能となるという大きな利点がある。

2. 研究の目的

本研究では偏西風や東アジアモンスーンの影響を強く受け、亜寒帯から亜熱帯、乾燥地帯から湿潤地帯まで含む東北アジア地域において、観測時代から歴史時代の自然環境の変動、特に寒冷-温暖、温暖-寒冷等の大きな移行期における変動と人間活動が環境に及ぼす影響(自然災害等を含む)を明らかにし、今世末に予想されている大きな温暖化等を含む今後百年から千年の環境変動と人間活動との調和の手がかりを得ることを目的とする。そのために、観測により現在のプロセスの理解が得られるばかりではなく、これ

までの自然変動や人為的な活動に関する情報が堆積物に記録され、プロセスの理解に基づいて観測時代の記録と過去の記録(代替記録)が接続可能となる湖沼-流域系という“測定システム”を利用して観測および“観測の限界”を超えた環境資料の接続・整備・確立を試みる。

そして、それを利用し、環境変動の実態の解明と今後の予測・対応に資する知見の獲得を目指す。

3. 研究の方法

本研究は東アジアモンスーンの影響を受ける日本・韓国・台湾・中国東北部・モンゴルでのいくつかの湖沼-流域系を“代替観測所”として位置づけ、そこでの調査・観測と試資料の分析・解析を行い、観測資料と代替資料の接続、いわば観測資料と観測の限界を超えた資料の結合を試みる。いずれの湖沼-流域系でも流域調査(地形・植生・土壌等)、観測(水文・気象等)、堆積物試料採取(セディメントトラップによる連続採取およびコア試料採取)を行い、空中写真・衛星画像、各種文書記録等の

収集を進める。調査および観測では主として浸食・土砂移動等の流域プロセスの解明を狙いとし、観測および堆積物採取(セディメントトラップ)では環境指標(プロキシ)の導入を進め、各種プロセス(イベント)と短期変動を明らかにし、コア試料による環境変動との対応を確立する。また、同位体分析等を通じて黄砂・火山灰のトレ-サビリティの検討も行う。さらに、長尺コア試料の採取、空中写真・衛星画像および各種文書記録の収集は導入された環境指標の観測時代・歴史時代における多角的な検証を目的とし、環境指標のより長期における有効性の検討に用いられる。

対象地域

日本：現在観測を進めている金沢滝谷池、立山泥鱒池(いずれも過去100年前後の記録を保持)の他に数百年以上の歴史を有する余呉湖(滋賀県北部)と北海道・渡島大沼とその流域を調査対象地とした。

中国東北部：対象地域は吉林省の鏡泊湖と黒龍江省の興凱湖である。ここでは中国科学院南京地理湖沼研究所の沈吉所長を中心としたグル-プとの共同調査を進めた。

韓国：調査地は韓国中部提川にある義林池およびその流域、そしてソウルのソンドン池とその流域である。ここでの研究は韓国地質資源研究院梁東潤部長を中心としたグル-プと共同研究を進めた。ソウルでの調査は慶熙大学校田中幸哉教授のグル-プと共同研究であるが、調査地での調査・観測が行われた。

台湾：調査地対象は台湾中央部の日月潭およびその流域である。ここでの調査研究は国立台湾大学の林俊全教授を中心としたグル-プとの共同研究が進められた。

モンゴル：中部のテルヒンツァガン・ウツギ湖とその流域を対象として、モンゴル科学アカデミ - 地理研究所のバッチシグ・リーダー - を中心とするグループとの共同研究が行われた。

4. 研究成果

本研究で得られた試資料、成果は以下の通りであるが、東北アジアにおける諸結果の有機的結合は、今後の解析結果を踏まえて進められることになる。

1) 日本での調査：渡島大沼湖沼 - 流域系の調査では、コア試料の採取・分析および採水・分析が進められた。コア試料より1640年の大噴火以降の環境変動、そして戦後の人為的環境変動が明らかにできた。

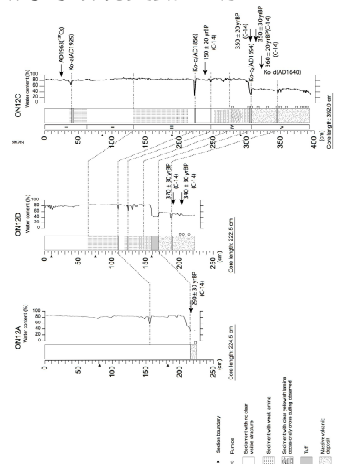


図-1 大沼で採取されたコアの柱状図

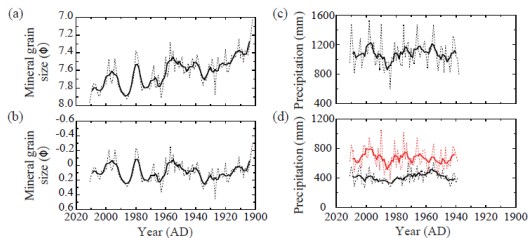


図-2 物理量の変動 (a; original, b; detrend)と降水量の変動 (c; annual, d; seasonal: red, summer, black, winter)

金沢での池沼 - 流域系（滝谷池）では観測資料およびセディメントトラップ試料の分析により、自然と人為による環境変動が識別されるようになった。2) 中国東北部での調査：興凱湖でのコア試料の採取と分析より完新世の環境（2800yrBP以降の乾燥化）および近年（1000yrBP以降）の人為的環境変動が明らかになった（南京地理湖沼研究所と共同）。3) 韓国での調査：義林池池沼 - 流域系での観測と堆積物試料の分析が進められた（韓国地質資源研究院との共同調査）。4) 台湾での調査：日月潭湖沼 - 流域系の調査および堆積物（コア試料）

の分析より後期更新世、完新世そして近年における人為的な環境変動が明らかになった（国立台湾大との共同調査）

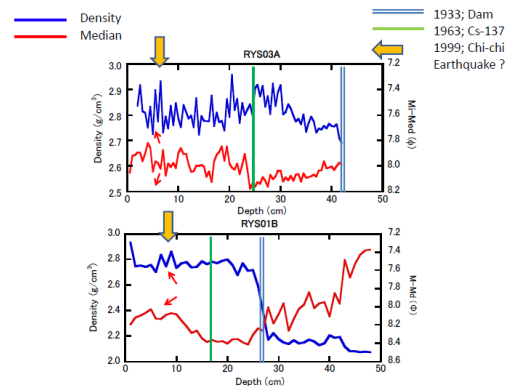


図-3 台湾日月潭における堆積物資料の物理量変動

5) モンゴルでの調査：調査湖沼 - 流域系（テルヒンツァガン・ウツギ）で地形調査と堆積物（コア試料；テルヒンツァガン・ウツギ）の採取・分析より近過去における水文環境の変動が明らかになった（モンゴル科学アカデミ - 地理研究所との共同調査）。

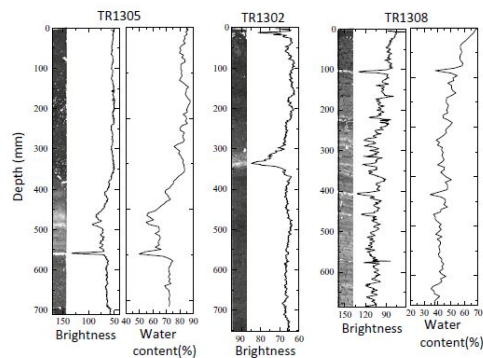


図-4 モンゴル・テルヒンツァガン湖における堆積物資料の物理量変動

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 51 件)

1. Gang Li, Hisao Ando, Hitoshi Hasegawa, Masanobu Yamamoto, Takashi Hasegawa, Tohru Ohta, Noriko Hasebe, and Niiden Ichinnorov, Confirmation of a Middle Jurassic age for the Eedemt Formation in Dundgobi Province, southeast Mongolia: constraints from the discovery of new spinicaudatans (clam shrimps), *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 2014, 査読有
DOI: 10.1080/03115518.2014.870834
2. Fukushi K., Sakai H., Itono T., Tamura A. and Arai S. (2014) Desorption of intrinsic Cesium from Smectite: Inhibitive Effects of Clay Particle Organization on Cesium Desorption. *Environmental Science and*

- Technology, 48, 10743-10749, 査読有
<http://pubs.acs.org/toc/esthag/48/18>
3. Orkhonselenge, A., Krivonogov, S., Mino, K., Kashiwaya, K., Safonova, I. Y., Yamamoto, M., Kashima, K., Nakamura, T., Kim, J.Y., Holocene sedimentary records from Lake Borsog, eastern shore of Lake Khuvsgul, Mongolia, and their paleoenvironmental implications, *Quaternary International*, 290-291, 95-109, 2013, 査読有
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/10406182/290>
 4. Noriko Hasebe, Akihiro Tamura, Shoji Arai, Zeta equivalent fission-track dating using LA-ICP-MS and examples with simultaneous U-Pb dating, *Island Arc*, 22, 280-291, 2013 査読有
 DOI: 10.1111/iar.12040
 5. Fukushi, K. Hasegawa, Y. Maeda, K. Aoi, Y. Tamura, A. Arai, S. Yamamoto, Y. Aosai, D. Mizuno, T. (2013) Sorption of Eu(III) on granite: EPMA, LA-ICP-MS, batch and modeling studies. *Environmental Science and Technology*, 47, 12811-12818, 査読有
<http://pubs.acs.org/toc/esthag/47/22>
 6. Fukushi, K. Aoyama, K. Yang, C. Kitadai, N. and Nakashima, S. (2013) Surface complexation modeling for sulfate adsorption on ferrihydrite consistent with in-situ infrared spectroscopic observations. *Applied Geochemistry*, 36, 92-103, 査読有
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/08832927/36>
 7. Kanematsu M, Young T, Fukushi K., Green P, and Darby J (2013) Arsenic (III, V) adsorption on a goethite-based adsorbent in the presence of major co-existing ions: Modeling competitive adsorption consistent with spectroscopic and molecular evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 106, 404-428, 査読有
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00167037/106>
 8. Noritaka Endo, Murakami Takashi, and Norihiro Izumi, 2013, Measurements Concerning Generation of Rhomboid Rills in Flume Experiments: Froude Number and Sand-Topographic Feature. *Journal of the Physical Society of Japan*. 82 033401, 査読有
<http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.82.033401>
 9. Krivonogov, S., Yi, S. Kashiwaya, K., Hasebe, N. et al., Solved and unsolved problems of sedimentation, glaciation and paleolakes of the Darhad Basin, Northern Mongolia, *Quaternary Science Reviews*, 56, 142-163, 2012, 査読有
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02773791/56>
 10. Itono, T., Kashiwaya, K., Sakaguchi, A. (2012) Disastrous flood events found in lacustrine sediments from Lake Biwa: *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 33-4, 453-468, 査読有
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009554478>
 11. Hasebe N., Inagaki A, Endo N., Fukushi K., Ito K, Kashiwaya K. (2012) Thermoluminescence color image analysis of sediments from Lake Khuvsgul, Mongolia, and its potential to investigate paleoenvironmental change. *Quaternary Geochronology*, 10, 156-159, 査読有
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18711014/10>
 12. Kashiwaya, K., Lake-catchment systems and sediment information in Baikal district (Siberia and Mongolia), *Journal of Earth Environment*, 2(2011), 417-425, 査読有
<http://jee.ieecas.cn/en/oa/?q=2011>
 13. Orkhonselenge, A., Mino, K., Kashiwaya, K., Krivonogov, S., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Nakamura, T., Holocene hydro-environmental changes in northern Mongolia inferred from lacustrine sediments in Borsog Bay of Lake Khuvsgul, *Journal of Earth Environment*, 2 (2011), 457-461, 査読有
<http://jee.ieecas.cn/en/oa/?q=2011>
 14. Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Akihiro Hasebe, Narantsetseg TS, Oyunchimeg TS, Egor V. Ivanov, Kenji Kashiwaya, K-Ar age of basement basalt of HDP09 core from Lake Khuvsgul, Mongolia: Implication to estimate the beginning of Baikal rift zone, *Journal of Earth Environment*, 2(2011), 462-466, 査読有
<http://jee.ieecas.cn/en/oa/?q=2011>
- 〔学会発表〕(計 91 件)
1. Kashiwaya, K., Tectono-geomorphic information inferred from lake-catchment systems, 11th East Eurasia International Workshop, Nanjing, China, October, 2014 (基調講演)
 2. Noriko Hasebe, Preliminary report on Darkhad Drilling Project 2010-2014 and introduction of on-going joint projects, 1st International Conference on "Geological Issues of Mongolia and Adjacent Regions-2014"(GIMAR 2014) Ulaanbaatar, Mongolia, April 17-19, 2014, INVITED
 3. N. Hasebe, M. Ogata, N. Fujii, M. Yamakawa, T. Sato, K. Fujita, Thermoluminescence Dating of Calcite Veins in the Zambales Ophiolite, Luzon, Philippines, 14th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, Montréal, Canada, July 7-11, 2014

4. Noriko Hasebe, Kentaro Ito, Atsushi Matsuki, Takeshi Fukuma, AFM observation of natural zircon: Is alpha recoil dating possible?, The 14th International Conference On Thermochronology, Chamonix, France, 8-12 September 2014
5. Noriko Hasebe, Haruka Hayashi, Kazumi Ito and Kenji Kashiwaya, Sedimentary regime change in Lake Yogo, central Japan: Reconsideration based on new age data, 11th East East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, Nanjing, 13-17 September, 2014
6. Keisuke Fukushi, Nagayoshi Katsuta, Robert G. Jenkins, Yukiya Tanaka, Davaasuren Davaadorj, Ochirbat Batkhishig, Noriko Hasebe and Kenji Kashiwaya, Recent environmental changes in Terhiin Tsagaan Lake, Mongolia inferred from lacustrine sediment: Preliminary results, 11th East East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, Nanjing, 13-17 September, 2014
7. K. Kashiwaya, Present earth-surface processes and short- and long-term environmental changes inferred from lake-catchment systems, 10th East Eurasia Workshop on Present Earth-surface Processes and Long-term Environmental Changes, Kwangju, Korea, October 7-12, 2013.
8. 柏谷健二・林 俊全・共同研究グループ, 湖沼流域系から推定する東アジアの地表プロセスと環境変動 - 台湾・日月潭に関する予察的考察, 日本地形学連合 2013 年秋季大会, 仙台, 2013 年 9 月 13-14 日.
9. K. KASHIWAYA and East Asian Lake Drilling Project group (Japan, Taiwan, Mongolia, China, Korea), Earth-surface processes and environmental changes inferred from lake-catchment systems in East Asia—an introduction, LOICZ workshop, Taipei, Taiwan, May 15, 2013.
10. Itono, T., Kashiwaya, K., Ochiai, S., Yang, Y. and East Asian Lake Drilling Project group (Japan, Taiwan, Mongolia, China, Korea), Earth-surface processes and environmental changes inferred from lake-catchment systems in East Asia - a case of Lake Onuma, Hokkaido, Japan:- Regional Conference of the international Geographical Union, Kyoto, Japan, (August 4-9, 2013).
11. Itono T., Hasebe N., Kashiwaya K., Ochiai S., Onuma research group; Hydroenvironmental changes inferred from Lake Onuma sediments since the 1640 eruption of Hokkaido-Komagatake, Japan, 10th East Asia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2013.10. 7-12, Guangju, Korea
12. Hasebe N., Nakano Y., Miyamoto Y., Higashino T., Tamura A., Arai S., Kim J.Y.; Multi-geochronological study of Hakusan volcano, central Japan, 10th East Asia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2013.10. 7-12, Guangju, Korea
13. Darkhad Drilling Project Members (Presenter: Noriko Hasebe & Takayoshi Kawai), Three sedimentary cores from Darkhad Basin: Preliminary results, 10th East Asia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 2013.10. 7-12, Guangju, Korea
14. Fukushi, K. Aoi Y. Onishi H. Ushiyama T. Nagao S. Tomihara S. Distribution and Mineralogy of Radioactive Cesium in reservoir sediments from Iwaki, Fukushima Prefecture Japan, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Guwandju, Korea, 2013.10.7-12
15. Fukushi K. Yamashina Y. Aoi Y. Sakai H. Desorption behavior of cesium from smectite by major cations, The 23rd V.M. Goldschmidt Conference, Florence, Italy, 2013.8.26-30
16. Kashiwaya, K., Limno-geomorphological fluctuations and lake-catchment system, The 9th East Asia International Workshop, Kobe, Japan, 基調講演, 2012.Oct.8-13
17. 長谷部徳子・伊藤健太郎, 火山ガラスのフィッシュトラック年代測定法, 日本第四紀学会 2012 年大会, 熊谷, 2012.8.20-22
18. Hasebe, N., Ohishi, S. and Fukuma, T. Fission track observation and dating of zircon by atomic force microscope, 13th International Conference on Thermochronology, Guilin, 2012.8.24-28
19. Fukushi, K. "Uptake of toxic trace elements from solutions by minerals composed of ubiquitous elements" International Union of Materials Research Societies - International Conference on Electronic Materials 2012 (Yokohama, 9 月 23-28 日)
20. 遠藤徳孝・谷口圭輔・村上貴志・竹原幸生・東良慶, 三日月型砂丘列内の相対位置に関する一考察. 日本地質学会第 119 年学術大会. 2012 年 9 月 16 日大阪(大阪市大)

21. Kashiwaya, K.: Earth surface processes and environmental changes in lake-catchment systems, 国際ワークショップ「東北アジアにおける地表プロセス、自然災害そして歴史的環境変動」, 金沢、2011.9.1
22. Endo, N., Suzuki, T.: Flume experiment on deltaic topographies of fine sediments: relation between the shape and transport modes, 国際ワークショップ「東北アジアにおける地表プロセス、自然災害そして歴史的環境変動」, 金沢、2011.9.1
23. KASHIWAYA Kenji: Limno-geomorphological events printed in lacustrine sediments, The 8th East Asia International Workshop "Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia - Earth Surface Processes and Natural Hazards-", Chengdu, China, October 10-14, 2011
24. Fukushi, K., Munemoto, T., Sakai, M., Yagi, S., Nishiyama R., Shirai, R. and Kitadai, N., Monohydrocalcite: A promising remediation material for hazardous anions, The 8th East Asia International Workshop "Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia - Earth Surface Processes and Natural Hazards-", Chengdu, China, October 10-14, 2011
25. Endo, N. and Izumi, N., Theoretical Consideration about Rhomboid Rills, The 8th East Asia International Workshop "Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia - Earth Surface Processes and Natural Hazards-", Chengdu, China, October 10-14, 2011

〔図書〕(計 2 件)

1. Kashiwaya, K., Shen, J. and Kim, JY (eds.) "Earth surface processes and environmental changes in East Asia - records from lake-catchment systems", Springer, 2015, 321p (出版予定)
2. 福土圭介(分担執筆) 鉱物新活用第11委員会土壤中の鉱物におけるCs吸着に関するワーキンググループ(2014) 土壤中の鉱物におけるCs吸着ハンドブック、星雲社、155p

6. 研究組織

(1)研究代表者

柏谷 健二 (KASHIWAYA, Kenji)
金沢大学・名誉教授
研究者番号：30161029

(2)研究分担者

長谷部 徳子 (HASEBE, Noriko)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授
研究者番号：60272944

青木 賢人 (AOKI, Tatsuto)
金沢大学・人間科学系・准教授
研究者番号：30345649

福土 圭介 (FUKUSHI, Keisuke)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・准助教
研究者番号：90444207

遠藤 徳孝 (ENDO, Noritaka)
金沢大学・自然システム学系・助教
研究者番号：60314358

(3)連携研究者

山本 正儀 (YAMAMOTO, Masayoshi)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授
研究者番号：10121295

長尾 誠也 (NAGAO, Seiya)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授
研究者番号：20343014

斎藤 享治 (SAITO, Kyoji)
埼玉大学・教育学部・教授
研究者番号：60170495

鷹澤 好博 (GANZAWA, Yoshihiro)
北海道教育大学・函館校・教授
研究者番号：40161400

佐藤 努 (SATO, Tsutomu)
北海道大学・工学研究院・教授
研究者番号：10313636

飯田 肇 (IIDA, Hajime)
立山カルデラ砂防博物館・学芸課・課長
研究者番号：70574309

(3)研究協力者

梁 東潤 (YANG, Dong Yoon)

南 穎 (NAN, Ying)

李 春景 (LI, Chun-Jing)

田中 幸哉 (TANAKA, Yukiya)

Tumurhoo Dondov (DONDOV, Tumurhoo)

林 俊全 (LIN, Jiun Chuan)