

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 25 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2016

課題番号：26300005

研究課題名(和文) 気候システム移行期における突発的環境変動

研究課題名(英文) Abrupt environmental changes in the transition of climatic regimes

研究代表者

柏谷 健二 (KASHIWAYA, Kenji)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・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) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究で得られた成果は以下の通りであるが、時間軸間の有機的結合の基本となる。
 1) 長期的時間軸：モンゴルダラハド古湖の解析結果からは後期更新世から完新世初期における大規模な環境変動、そしてその後の比較的安定な環境への移行が示された。2) 歴史的な時間軸：テルヒンツァガン湖のコア試料の解析結果では小氷期の初期と末期における顕著な環境変動、そして小氷期中の比較的安定な環境が示された。
 3) 観測時代：()北海道・渡島大沼湖沼 - 流域系における調査・解析結果では自然の現象および人為的活動に対応する顕著な変動が示された。()台湾南部・東源湖の調査・解析結果では、人為的地形変化に対応する環境変動が示された。

研究成果の概要(英文)：The results of this study are summarized in the three time windows: 1) Long-term time windows (-10,000 years); analytical results for lacustrine sediments and field survey in Darkhad paleo-lake in Mongolia show that pulse-like large fluctuations in environmental conditions were detected in the end of the late Pleistocene and in the beginning of the early Holocene and comparative stable conditions were shown afterwards. 2) Historical time windows (-1000 years); analytical results for Terhiin Tsagaan system in Mongolia show that large abrupt changes in sediment discharge were found in the early stage and late stage of the Little Ice Age. 3) Instrumental observation period (-150 years); analytical results for Onuma system in Hokkaido, Japan indicate that large environmental changes were detected not only in natural changes but artificial ones. Analytical results for Don-Yung Lake in Southern Taiwan show that artificial activity gave a significant effect on environmental changes.

研究分野：陸水物理学

キーワード：突発的環境変動 気候システム移行期 地表部の応答 堰き止め湖 東アジアの湖沼

1. 研究開始当初の背景

大きな環境変動とその地表部の応答に関する知見は近年の人為的な環境変動とその影響に関して大きな示唆を与えてくれる。従ってこの観点からの環境変動の解明は変動への対処に関する手がかりともなり得る。2011年春の東日本大地震は長期的環境変動にも大きな課題を投げかけることになった。突発的な長周期の現象を“想定外”として検討の対象外として無視することの危険性が如実に現れた。このことは、昨今の地球温暖化問題を、長期的環境変動の枠組みで捉えることが必要であることを強く示唆しているのである。時間スケールは多様であるが、温暖化に対する地球の応答あるいは地球生命の反応に関する知見は過去の記録以外からは得られないのであるから、過去の記録の正確な復元とそれをいかにプロセスに基づいて理解し、未来に生かすかということが極めて重要になる。何らかの法則性を求めて環境変動の推移を議論する場合には、規則的な氷期・間氷期サイクルを基本とする現行の地球環境システムの確立以降が対象となるが、移行期にはかなり突発的な変動を生じている。作今の大規模災害との比較から長期的気候変動解析に課せられた課題の一つは、移行期に見られる大規模な変動に関する知見を集約し、それらを今後の比較的短期の変動の対応にも積極的に活用することである。移行期には氷期(亜氷期)から間氷期(亜間氷期)、間氷期(亜間氷期)から氷期(亜氷期)等が考えられるが、いずれにも突発的な変動が認められている。例えば、最終氷期から後氷期(完新世)への移行期には突発的な大規模洪水や急激な寒の戻り(ヤンガ-ドリラス期)が発生している。またこの時期に発生している氷河湖決壊がもたらしたアルタイの洪水やミゾ-ラの洪水は破局的なものであり、まさに世界を一変するものであったと推定されている。これらの破局的なイベントに関する研究は主として地質学的手法を用いた過去の復元という観点から進められることが多かった。しかしながら、2004年スマトラ沖地震による津波、2008年四川大地震による大規模崩壊と堰き止め湖決壊洪水、2011年の東日本大地震による津波等のいわば“想定外”のイベントが頻発する現状は、過去の大規模なイベントを地球環境変動の復元という観点からだけではなく予測そして自然災害への対応という観点から再検討する必要があることを示している。これにはプロセスの理解が不可欠である。歴史的な突発的環境変動とその応答の解明や近年の人為的環境変動とその応答の解明はプロセスの理解の大きな契機となる。

2. 研究の目的

突発的環境変動(自然および人為)とその地表部の応答を明らかにするために、氷河・豪

雨・地震・火山・人為等に起因する堰き止め湖(人口湖を含む)を対象として、その形成そして突発的な決壊・洪水を長期・短期の環境変動という観点から捉え、そのプロセス・推移を解明する。調査対象地は、氷河や土砂による堰き止め湖の形成と決壊を繰り返し、日射量による気候変動に敏感なモンゴル高原の湖沼・流域系、そして比較対象としての日本・台湾の湖沼・流域系である。ここでは、水文気候システムの変動、特にその移行期(最終氷期-後氷期、中世温暖期-小氷期-現在)に多発する諸現象を解明し、近年の諸現象(自然・人為)と比較し、環境変動とそれらに対応する諸現象の発生の関係を明らかにする。

3. 研究の方法

気候システム移行期に頻繁に認められる突発的な環境変動(洪水、土砂移動等)に関する詳細な情報を入手するという観点から、気候変動に敏感なユ-ラシア東部モンゴル高原における湖沼とその流域を対象とする。また、比較的資料が多く残されており、人為的な変動も含まれている地域として日本・台湾の湖沼・流域系を対象とする。

モンゴルでは高原北部のガラハド湖とその流域、高原中部のテルヒンツァガン湖とその流域である。また、近年の変動を明らかにするために南西部のオログ・オルゴイ湖も取り上げた。また、比較対象として北海渡島大沼と台湾の東源湖の調査・解析を進めた。調査解析手法は各湖沼からのコア採取とその分析、そして各湖沼・流域系の現地での地形・環境調査である。地形・環境調査には衛星データ等も活用した。

モンゴル;高原北部のガラハド湖とその流域、高原中部のテルヒンツァガン湖とその流域についてはこれまでに得られている資試料の分析・解析を中心に進められた。南西部のオログ・オルゴイ湖については3回の現地調査とコア試料の回収、セディメント・トラップ設置と回収が行われた。また、試料の分析も進められた。

渡島大沼;これまでに得られた資試料の分析・解析を進めるとともに、流域での堆積物の露頭調査を行った。

台湾・東源湖;3回の現地調査とコア試料の回収そして分析が進められた。

4. 研究成果

本研究で得られた成果の一部は以下の通りであるが、多様な時間軸間の調整・整合そして有機的結合は、今後の解析結果そして他から得られている資料との比較・検討を進めながら行うことになる。

(1)長期的時間軸:モンゴルガラハド古湖の解析結果が後期更新世から完新世初期における大規模(突発的)な環境変動(土砂流

入)を示しているが、その後は比較的緩やかな変動となる(図 1)。

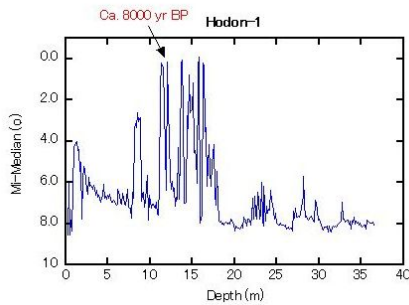


図-1 ダラハド湖で採取されたコアにおける鉱物粒径の変動

(2) 歴史的な時間軸：テルヒンツァガン湖では何本かのコア試料が採取されたが、年代が比較的明瞭なコアにおける過去 1000 年間の歴史時代の環境変動が示された。図 2 で示される輝度や含水比に認められる突発的な変動(ピーク)は比較的大きな乱泥流に対応するものと思われ、それぞれ小氷期の初期と末期に相当し、移行期における顕著な変動を示唆している可能性がある。

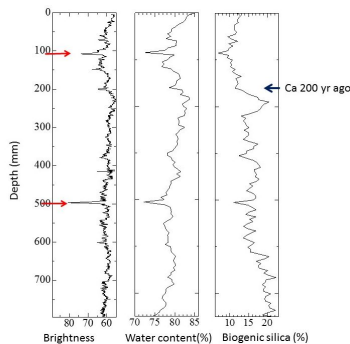


図-2 モンゴル・テルヒンツァガン湖における堆積物試料における物理量変動

(3) 観測時代：

火山性堰止湖である北海道・渡島大沼沼-流域系の調査では、コア試料の採取・分析の他に採水・水質分析が進められた。観測時代に対応するコア試料からは自然の現象(火山活動、豪雨等)の他に人為的活動に対応する変動を認めることができた(図 3)。

戦前に灌漑用に改変された可能性のある台湾南部・東源湖では何本かコア試料の採取が行われた。絶対年代はそれ程明瞭ではないが、改変は物理量の明瞭な変動(状態の移行)に示唆されているようである(図 4 中、約 30 cm 付近)。

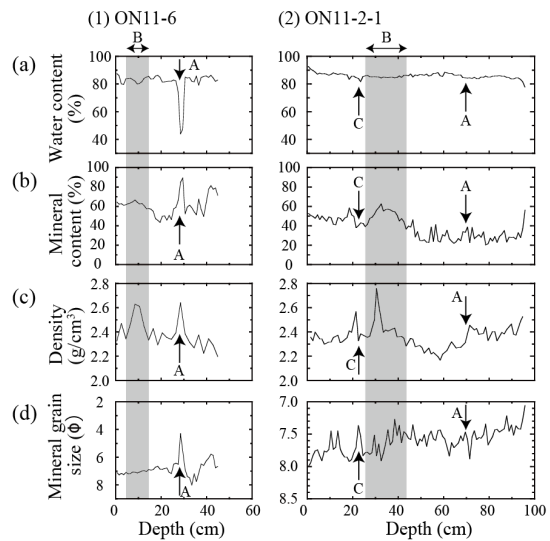


図 3 (a) 含水比 (%), (b) 鉱物含有量 (%), (c) 密度 (g/cm³) and (d) 鉱物粒径(φ). A ; 1929 年駒ヶ岳噴火、B ; 地形改変?、C ; 1975 年台風

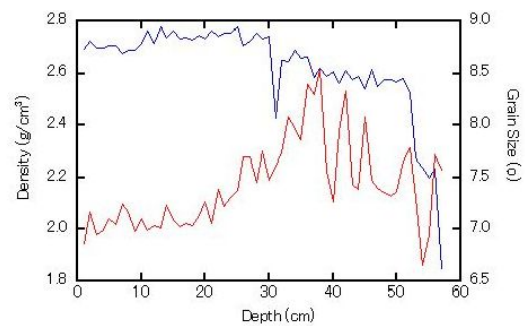


図 4 台湾東源湖における堆積物資料の物理量変動

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

1. Sun, W., Shen, J., Zhang, E., Hasebe, N., Kashiwaya, K., Chen, R., Itono, T., Stable nitrogen isotope record of lacustrine sediments in Lake Onuma (Northern Japan) indicates regional hydrological variability during the past four centuries, Quaternary International, 査読有, 397, 2016, 307-316
2. Noritaka Endo, Simple stochastic cellular automaton model for starved beds and implication about formation of sand topographic features in terms of sand flux, Progress in Earth and Planetary Science, 査読有, 3:28, 2016, 1-11, DOI 10.1186/s40645-016-0102-9.

3. 増田富士雄・遠藤徳孝 他 2 名、京都木津川の増水時に形成されたサンドリボン

とそれに付随する一方向流ベッド、地形、
査読有、37、2016、345-361

4 . Fukushi K. 他 4 名, Arsenate sorption on monohydrocalcite by coprecipitation during transformation to aragonite, *Journal of Hazardous Materials*, 査読有, 304, 2016, 110-117

5 . Fukushi K. and Fukiage T., Prediction of intrinsic cesium desorption from Na-smectite in mixed cation solutions. *Environmental Science and Technology*, 査読有, 49, 2015, 10398-10404

6 . 福土圭介, 準安定相の相転移現象を利用した廃水からの有害無機陰イオン除去、北陸経済研究、査読無、2015年7月号、2015、42-43

7 . 福土圭介, モンゴル古代湖沼堆積物から認められたモノハイドロカルサイト：古環境指標・環境浄化材料として役割、日本海域研究、査読無、46、2015、107-123

8 . Fukushi K., Sakai H., Itono T., Tamura A. and Arai S., Desorption of intrinsic Cesium from Smectite: Inhibitive Effects of Clay Particle Organization on Cesium Desorption, *Environmental Science and Technology*, 査読有, 48, 2014, 10743-10749

9 . Munemoto T., Fukushi K. 他 2 名, Redistribution of Pb during transformation of monohydrocalcite to aragonite. *Chemical Geology*, 査読有, 387, 2014, 133-143

10 . Aoi, Y., Fukushi, K., Itono, T., Kitadai, N., Kashiwaya, K., 他 3 名, Distribution and mineralogy of radioactive Cs in reservoir sediment contaminated by the Fukushima nuclear accident. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 査読有, 109, 2014, 23-27

11 . Manabu Ogata, Noriko Hasebe, Ayako Inagaki, Noritake Endo, Advanced Java-based application to process thermoluminescence digital color images, *The Science Reports of Kanazawa University*, 査読有, 58, 2014, 1-12

〔学会発表〕(計 37 件)

1 . Kashiwaya, K., Natural and artificial earth surface processes printed in lacustrine sediments of East Asia, IGU Joint symposium, June 26, 2016, National Taiwan University (Taipei, Taiwan) (招待講演)

2 . Itono, T. 他, Present lake-catchment processes on the basis of instrumental observation in small lake-catchment systems, central Japan, The 13th East Eurasia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia,

October 14-17, 2016, 名護市産業支援センター (沖縄・名護)

3 . 柏谷健二 他, 湖沼堆積物情報と地表環境変動の定量的推定、日本地形学連合 2016 年秋季大会、2016 年 10 月 8 日、明治大学 (東京)

4 . 福土圭介, 地球表層物質による微量元素の取り込み過程：吸着とその先、第 14 回微生物-鉱物-水-大気相互作用研究会、2016 年 3 月 2-3 日、東京大学 (東京)

5 . Fukushi, K. 他, Prediction of intrinsic cesium desorption from Na-smectite in mixed cation solutions, The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-9) (招待講演), 2015 年 10 月 19-21 日、つくば国際会議場 (茨城・つくば)

6 . 福土圭介 他, 準安定相の相転移現象を利用した溶液からの微量陰イオン除去、日本鉱物科学会 2015 年年会、2015 年 9 月 25-27 日、東京大学 (東京)

7 . 朝日一成 他, 福島第一原発周辺に分布する粘土鉱物からのセシウム脱離挙動、日本地球化学会第 62 回年会、2015 年 9 月 16-18 日、横浜国立大学 (神奈川・横浜)

8 . 牛山智樹 他, 土壌鉱物への鉛吸着の予測モデル：鉄酸化物不在下での鉛の fate、日本地球化学会第 62 回年会、2015 年 9 月 16-18 日、横浜国立大学 (神奈川・横浜)

9 . 大西浩之 他, 酸化物表面へのアミノ酸の吸着、日本地球化学会第 62 回年会、2015 年 9 月 16-18 日、横浜国立大学 (神奈川・横浜)

10 . Noritaka Endo, Simple cellular automaton model for bed with sparse sand, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

11 . Yuki Tsuzuki 他, Development stages of river basins in model experiments, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

12 . Reiko Genno 他, Profile of graded river and a role of knickpoints : laboratory experiment, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

13 . Kashiwaya, K., Earth surface dynamics inferred from lake-catchment systems in East Asia, 12th East Eurasia

International Workshop (基調講演), September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

14 .Piziki, P.Z. 他, Preliminary results from Lake Kitakata, Japan, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

15 .Imai, E. 他, Water chemistries and sediment mineralogies of some salt lakes (Olgoi, Boon Tsagaan and Orog) in Mongolia, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

16 .Asahi, K.他, Cesium desorption from clay minerals distributed around the Fukushima Daiichi nuclear power plant, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

17 .Aoi Y.他, Sedimentation processes of radioactive Cs contaminated soil in storage reservoirs in Iwaki, Fukushima prefecture, The 12th East Eurasia International Workshop; Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, September 4-8, 2015, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

18 .福土圭介、イオン吸着のモデリング(招待講演) 第59回粘土科学討論会、2015年9月2-4日、山口大学(山口)

19 .福土圭介 他、モノハイドロカルサイト(CaCO₃.H₂O)の生成条件: フブスグル湖の水質変動復元に向けて、日本BICER協議会年会、2015年6月13日、京都府立大学(京都)

20 .福土圭介 他、モノハイドロカルサイト(CaCO₃.H₂O)の生成条件: バイカル集水域古代湖の水質変動復元に向けて、地球惑星科学連合2015年大会(招待講演) 2015年5月25-27日、千葉幕張メッセ(千葉)

21 .朝日一成 他、福島第一原発周辺に分布する粘土鉱物からのセシウム(133Csおよび137Cs)の脱離挙動、地球惑星科学連合2015年大会(招待講演) 2015年5月25-27日、千葉幕張メッセ(千葉)

22 .青井裕介 他、福島県いわき市ため池における放射性Cs汚染土壌の堆積過程、地球惑星科学連合2015年大会(招待講演) 2015年5月25-27日、千葉幕張メッセ(千葉)

23 .小形学 他、Mn²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺を添加した合成方解石の熱ルミネッセンス特性、平成26年度FT・ESR・ルミネッセンス合同研究会、

2015年2月27日-3月1日、山形大学(山形)
24 . Itono, T. 他, Estimation of sedimentation processes on the basis of long-term observation in small lake-catchment systems, central Japan, The 11th East Eurasia International Workshop Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, October 13-17, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

25 . Kashiwaya, K., Tectono-geomorphic information inferred from lake-catchment systems, 11th East Eurasia International Workshop(基調講演), October 13-17, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

26 .遠藤徳孝 他、宇宙線生成核種を用いた四万十川流域での旧河床離水年代測定の試み、日本地形学連合2014年秋季大会、2014年10月11-12日、奈良大学(奈良)

27 . Itono, T. 他, Reconstructing modern hydro-environmental fluctuations inferred from lacustrine sediments in Lake Onuma, Hokkaido, Japan, The Inaugural conference of IGU commission on "Geomorphology & Society", September 13-20, 2014, National Taiwan University (Taipei, Taiwan)

28 . Miura, K. 他, Thermal history analysis of the active fault by the UV-TL method, 11th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 13-17 September, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

29 . Fukushi, K. 他, Recent environmental changes in Terhiin Tsagaan Lake, Mongolia inferred from lacustrine sediment: Preliminary results, 11th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 13-17 September, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

30 . Ogata, M. 他, Thermoluminescence Property of calcite and its application Dating on Philippines calcite vein, 11th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 13-17 September, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

31 . Hasebe, N. 他, Sedimentary regime change in Lake Yogo, central Japan: Reconsideration based on new age data, 11th East Eurasia International Workshop:

Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, 13-17 September, 2014, Nanjing International Conference Center (Nanjing, China)

3 2 . Noriko Hasebe 他, AFM observation of natural zircon: Is alpha recoil dating possible?, The 14th International Conference On Thermochronology, 8-12 September 2014, Chamonix Mont-Blanc Congress Center (Chamonix, France)

3 3 . M. Ogata 他, Thermoluminescence property of calcite, 14th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, July 7-11, 2014, the New Residence Hall of McGill (Montréal, Canada)

3 4 . K. Miura 他, UV-TL dating of active fault gouge, 14th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, July 7-11, 2014, the New Residence Hall of McGill (Montréal, Canada)

3 5 . N. Hasebe 他, Thermoluminescence Dating of Calcite Veins in the Zambales Ophiolite, Luzon, Philippines, 14th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, July 7-11, 2014, the New Residence Hall of McGill (Montréal, Canada)

3 6 . 小形学 他, 方解石の熱ルミネセンス特性、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014.4.27-5.1、パシフィコ横浜 (神奈川・横浜)

3 7 . 長谷部徳子 他、原子間力顕微鏡によるジルコンの観察：フィッシュトラック？それとも リコイルトラック？、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014.4.27-5.1、パシフィコ横浜 (神奈川・横浜)

[図書](計5件)

1. Kashiwaya, K., Springer, Geomorphology of lake-catchment systems, in press, 頁数未定

2. Kashiwaya, K., Shen, J. and Kim, JY (eds.), Springer, Earth surface processes and environmental changes in East Asia - records from lake-catchment systems, 2015, 321(1-321)

3. Hasebe N. 他, Springer, Kashiwaya K., Shen J. and Kim J.Y. (eds.) Earth surface processes and environmental changes in East Asia - records from lake-catchment systems. 2015, 325(239-255)

4. Fukushi K. 他, Kashiwaya K., Shen J. and Kim J.Y. (eds.) Springer, Earth surface processes and environmental changes in East Asia - records from lake-catchment systems. 2015, 325(25-44)

5. Endo N. 他, Springer, (eds.) K.

Kashiwaya, J. Shen and J.Y. Kim, Earth surface processes and environmental changes in East Asia - records from lake-catchment systems. 2015, 325(307-321)

6. 研究組織

(1) 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

(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・教授
研究者番号：60272944

福士 圭介 (FUKUSHI, Keisuke)
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：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

勝田 長貴 (KATSUTA, Nagayoshi)
岐阜大学・教育学部・准教授
研究者番号：70377985

落合 伸也 (OCHIAI, Shinya)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・助教
研究者番号：10401936

糸野 妙子 (ITONO, Taeko)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・連携研究員
研究者番号：10749815

(3) 連携研究者

高原 光 (TAKAHARA, Hikaru)
京都府立大学・生命環境科学研究科・教授
研究者番号：30216775

酒井 英男 (SAKAI, Hideo)
富山大学・理学部・教授
研究者番号：30134993

(4) 研究協力者

中村 俊夫 (NAKAMURA, Toshio)
谷 幸則 (TANI, Yukinori)
河合 崇欣 (KAWAI, Takayoshi)
田中 幸哉 (TANAKA, Yukiya)
Krivonogov Sergey
Ochirbat Batkhisig