

令和元年6月6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：2016～2018

課題番号：16H05643

研究課題名(和文) 塩湖の消長過程の解明による水資源と環境変動の関係調査

研究課題名(英文) Relationship between water resource and environmental change investigated by saline lake level changes

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：モンゴル南部に位置する、オルゴイ湖、ブーンツァガン湖、オログ湖を対象に研究を進め、50cm以下の短いコアの分析結果と地域の気象データとの比較を行った。その結果、気温や風の強さ、降水量と粒径、炭酸塩含有量、有機物含有量との相関が見られたが、地域によってそれぞれ特徴を持っていた。ドローンによる地形調査を行い、古汀線の確認や流入河川の形状調査を行った。古湖沼汀線の調査および採集した試料の年代測定を実施して水位が高い時代がいつであったかを調べた。オルゴイ湖およびオログ湖では長尺コアの取得を行なった。ブーンツァガン湖は湖沼の面積および深度が大きいため、結氷時といえども長尺コアの採集は困難であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アジアやアフリカ大陸内部では、乾燥化・砂漠化が急速に進んでおり、地球温暖化の影響が懸念されている。乾燥化は当該地域の気温・降水量だけでなく、流域の水利用によっても影響を受け、より深刻化する。水量の変化は水質にも影響を及ぼす。本研究では、現在は乾燥地域であるがかつては水が豊かな湖沼地帯であったと思われる地域において、いつどのように湖の水位変化が起こったかを調査し、かつそれをグローバルな気候変動と比較することで、乾燥化の原因を明らかにすることを目指したものである。

研究成果の概要(英文)：Sediment cores about 30 cm long from Boontsagaan, Orog, and Olgoi lakes, were analyzed, and results were compared to meteorological data (air temperature, precipitation, and wind strength). Grain size, organic matter content, and carbonate content are correlated to meteorological data, but their correlation characteristics are area dependent. Geographical survey was carried out with drone and paleoshoreline and channel morphology was investigated. Samples collected from the outcrops at paleoshorelines were dated to know the time when lake level was high. Long cores more than 10 m were successfully obtained from Ology and Orog lakes, but Boon Tsagaan lake is too large to achieve intact ice thickness for drilling even in high winter.

研究分野：地球環境学

キーワード：湖沼堆積物 古環境変動 モンゴル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

第四紀の環境変動研究の重要な柱のひとつに湖沼堆積物を用いたものがある。湖沼堆積物はその立地によって様々なタイプの情報を保持しており、例えば琵琶湖やバイカル湖などの大規模な淡水湖は、日射量変動に支配される全地球環境変動の記録媒体として多くの研究・調査が進んでいる(例えば Kashiwaya et al., 2003, Takemura, 1990, 公文, 2013 など)。

一方アラル海の例のように、内陸の塩湖は環境変動に対して劇的な反応を示す。集水域の降水量の変動や温度に依存する蒸発、あるいは水利用により、湖水の化学組成が変化し、湖内生成物も変化するため(例えば Murakami et al., 2008)、堆積物中に保存されたそれらの情報を引き出す事により、周辺地域の水資源の広がりの変化を復元できる。

申請者が参画したモンゴルの湖沼・古湖沼における掘削で得たコア試料で、塩湖に関連して面白い環境変動記録が見つかりしている。例えばフスグル湖では炭酸塩鉱物の量が温暖・寒冷のサイクルによって異なっており、水体の化学組成が変動している可能性が示されている。またフスグル湖の西隣のダルハド盆地は、かつては氷河によってせき止められた大きな湖であったものの(Krivosnogov et al., 2005)、現在は小規模の池が局所的に分布するのみである。ここから採取された古湖沼堆積物のコアの分析では、自生鉱物として炭酸塩鉱物あるいはジブサムが生じている時期があった。(Krivosnogov et al., 2012)。自生鉱物種の変動から、環境によって塩湖から淡水湖へと大きく湖水の化学組成が変化しており、塩湖の時代でもその組成は様々変動していた事が示唆されている。さらに南の乾燥域に下ると北部に比して平坦な土地が広がり、この地域にもオルゴイ湖、ブーンツァガン湖、オログ湖などの湖が分布している。この地域は地球温暖化の影響による砂漠化が懸念され、最南端のオログ湖では 2007 年に湖がいったん消失している(Kang et al., 2012)。また、最北のオルゴイ湖とブーンツァガン湖は河川でつながり、途中、野天堀の鉱山があり水・土壌汚染が懸念されている。ブーンツァガン湖の北側やオログ湖の間には平坦地に湖成層が広がっており、現在より湿潤で地域の水の量が多かった時代には、複数の湖がつながって大きな湖が形成されていた可能性がある。

2. 研究の目的

モンゴル南西部の乾燥地帯には平坦な地形が広がり、そこに点在する塩湖は、地域の湿潤・乾燥の変化に伴い水体量が変動し分離合体する。水体量の変動は湖水のイオン強度や化学組成を変動させその結果自生鉱物種が変化する。現在異なる特徴を持つ複数の湖も、水量が多く湖がつながっていた時期には共通の湖水化学組成・自生鉱物組み合わせを示していたはずである。そこで複数の塩湖からコア試料を採取し自生鉱物種の変動を明らかにし、その自生鉱物を直接年代決定して堆積年代を求め同時空間で複数の湖を比較する事により、湖の分離合体プロセス、すなわち過去の地域の水体の増加・減少史を明らかにする。結果を全地球変動や人間活動による水利用履歴と比較する事により、環境変動がこの地域の水資源に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

モンゴル南部に分布する、3つの塩湖(オルゴイ湖、ブーンツァガン湖、オログ湖)よりコア試料を採取する。コアの取得場所の決定のために、湖水深調査や予備的な1m弱の長さのコア採取・分析による堆積相の確認を行う。また地形調査を実施し、古水深が深かった時の汀線を探しその岩相調査や年代決定を行い、水位が高かった時期を調べる

4. 研究成果

(1)オルゴイ湖の調査では、湖深を調べおおよその水深図を作成した。また湖内の水の組成を調べた。それに基づきオルゴイ湖は南湖と北湖に分けることができ、北湖盆の方が水深が深く(1.5mくらい)かつ塩濃度が高い傾向があった。またドローンによる地形調査を行い、古汀線の確認や流入河川の形状調査を行い、かつてはかなりの水量が流れていたことが認められ、この内容については論文としてまとめた。

(2)またオルゴイ湖、ブーンツァガン湖、オログ湖から得た短いコアの分析を実施した。特に210-Pbによる精密な堆積年代の決定に基づき、堆積物の粒径や物理量特性の深さに対する変動を年代に対する変動に置き換え地域の気象データとの比較を行った。オルゴイ湖では平均的な気温が上昇すると粒径が粗くなる傾向が見られた。またブーンツァガン湖やオログ湖では風が強いと粒径が荒くなる傾向が見られた。またオルゴイ湖では気温の低下と自生鉱物由来と思われる塩酸可溶物の濃度上昇に相関がみられ一方オログ湖では降水量の増加と有機物濃度および塩酸可溶物濃度に正の相関が見られた。この成果については論文を投稿中である。

(3)古湖沼汀線の調査および試料採集を行い、年代測定を実施して水位が高い時代がいつであったかを調べた。その結果、オルゴイ湖では約1300年~1600年前に水位の高い時代があったと解釈できた。またブーンツァガン湖では約8000年から5000年前に水位の高い時代があったがその期間も水位の変動は著しく少なくとも3度は水位が低下していたことが岩相の変化より解釈された。

(4)またオルゴイ湖およびオログ湖では長尺コアの取得を行なった。オルゴイ湖では下部に河川性の礫層にあたった。ブーンツァガン湖は湖沼の面積および深度が大きいため、結氷時といえども中央での試料採集が困難であることが判明した。予察的にはオルゴイ湖の長尺試料の年代決定を進めた。その結果、オルゴイ湖長尺試料はおおよそ完新世に渡る試料であった。この試

料の分析はプロジェクトの目的に入っていないため、今後新たにプロジェクトを立てて、分析を進めたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- (1) Noritaka Endo, Yusuke Matsumura, Noriko Hasebe, Davaadorj Davaasuren, Paleolake reconstruction and estimation of paleo-inflow in the Olgoi Basin, Mongolia, based on GIS and hydraulic analyses *Island Arc*, 28, e12299, DOI: 10.1111/iar.12299, 2019
- (2) Tsetsgee Solongo, Keisuke Fukushi, Ochir Altansukh, Yoshio Takahashi, Akitoshi Akehi, Gankhurel Baasansuren, Yunden Ariuntungalag, Odgerel Enkhjin, Boldbaatar Davaajargal, Davaasuren Davaadorj and Noriko Hasebe, Distribution and Chemical Speciation of Molybdenum in River and Pond Sediments Affected by Mining Activity in Erdenet City, Mongolia, *Minerals*, 8, 288; doi:10.3390/min8070288, 2018
- (3) Hasegawa H., Ando H., Hasebe N., Ichinnorov N., Ohta T., Hasegawa T., Yamamoto M., Li G., Erdenetsogt, B., Murata T., Shinya H., Enerel G., Oyunjargal G., Munkhtsetseg O., Buyantegsh, B., Enkhbat, D., Suzuki N., Irino T., Yamamoto K., Kouchi Y., Orihashi Y., Heimhofer U, Depositional ages and characteristics of Middle–Upper Jurassic and Lower Cretaceous lacustrine deposits in southeastern Mongolia, *Island Arc*, 27, doi.org/10.1111/iar.12243, 2018
- (4) Manabu Ogata, Noriko Hasebe, Naoki Fujii, Minoru Yamakawa, Measurement of apparent dose rate factors by beta and gamma and alpha radiation efficiency for the precise thermoluminescence dating of calcite, *Journal of Mineralogical and Petrological Science*, 112, 336-345, 2017
- (5) Noriko Hasebe, Haruka Hayashi, Kazumi Ito, Manabu Ogata, Toshiyuki Shimada, Taeko Itono, Environmental regime change at around 500BCE found in sediment cores from Lake Yogo, Japan: Possible impact of agricultural use, *Catena*, Volume 159, December 2017, Pages 171-175, 2017

〔学会発表〕(計 33 件)

- (1) Uyangaa Udaanjargal, Noriko Hasebe, Keisuke Fukushi, Tanaka Yukiya, Davaadorj Davaasuren, Makoto Sambo, Baasansuren Gankhurel, Nagayoshi Katsuta, Shinya Ochiai, Tuvshin Gerelmaa, Characteristics of lake sediment from southern part of Mongolia and comparison to meteorological data, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30
- (2) 五十嵐 雄大, 長谷部 徳子, 勝田 長貴, 長谷川 精, Davaasuren Davaadorj, 田中 幸哉, Udaanjargal Uyangaa, 福士 圭介, Niiden Ichinnorov, モンゴルオルゴイ湖掘削試料の OSL 年代測定, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30
- (3) 大野 優美子, 内藤 さゆり, *勝田 長貴, 村上 拓馬, 落合 伸也, 長谷部 徳子, 川上 紳一, 後期更新世におけるモンゴル北部の環境変動復元: ダラハド盆地湖成層の化学分析, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30
- (4) 長谷部 徳子, 三寶 真, Udaanjargal Uyangaa, Ganbat Shuukaaz, 福士 圭介, 田中 幸哉, Davaasuren Davaadorj, モンゴル南部の湖の古水位変動, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30
- (5) 中村 麻也, 関根 康人, 福士 圭介, 長谷部 徳子, Davaadorj Davaasuren, 高橋 嘉夫, 長谷川 精, 小倉 拓郎, 森田 康暉, Tuvshin Gerelmaa, Dark Streak Features in Mongolia: Implications for Formation Mechanisms of Recurring Slope Lineae on Mars, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30
- (6) Solongo Tsetsgee, Keisuke Fukushi, Altansukh Ochir, Takahashi Yoshio, Ariuntungalag Yunden, Enkhjin Odgerel, Noriko Hasebe, Temporal observation of molybdenum concentrations in rivers from Erdenet mining area, Mongolia, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張, 2019.5.26-30

- (7) 長谷川 精,野間 七瀬,勝田 長貴,村山 雅史,田村 亨,出穂 雅実,イチノロフ N.,
ダウドルジ D.,長谷部 徳子,笹岡 美穂,岩井 雅夫,モンゴル南西部オログ湖堆積物から
復元される最終氷期~完新世の古環境変動とホモ・サピエンス定着との関係性,日本地球
惑星科学連合 2019 年大会,幕張,2019.5.26-30
- (8) Hitoshi Hasegawa, Nanase Noma, Nagayoshi Katsuta, Masafumi Murayama, Toru Tamura,
Masami Izuho, Niiden Ichinnorov, Jaahanaa Davaadorj, Noriko Hasebe, Masao Iwai,
Paleoenvironmental reconstruction of southwestern Mongolia during MIS 3: new
evidence from lake sediment record, INQUA2019, 25-31 July 2019, Dublin, Ireland
- (9) M. Nakamura, Y. Sekine, K. Fukushi, N. Hasebe, D. Davaadorj, Y. Takahashi, H.
Hasegawa, T. Ogura, K. Morida, Dark streak features in Mongolia as terrestrial
analogues of recurrent slope lineae on Mars, Lunar and Planetary Science Conference,
18-22 March, 2019, Texas, USA
- (10) M. Nakamura, Y. Sekine, K. Fukushi, N. Hasebe, D. Davaadorj, Y. Takahashi, H.
Hasegawa, T. Ogura, K. Morida, G. Tuvshin, TERRESTRIAL RECURRING SLOPE LINEAE IN
MONGOLIA: ITS FORMATION MECHANISM AND IMPLICATIONS FOR MARS, 9th International
Conference of Mars, July 22-25 2019, California, USA
- (11) 五十嵐雄大, Uyangaa Udaanjargal, 長谷部徳子, 長谷川精, Niiden Ichinnorov, 勝
田長貴, Davaadorj Davaasuren, モンゴルオルゴイ湖掘削試料の蓄積線量測定, 第 35 回
ESR 応用計測研究会・2018 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 43 回フィッション・
トラック研究会合同研究会, 神戸市 2018.11.28-30
- (12) 三寶真琴, Uyangaa Udaanjargal, 長谷部徳子, 福士 圭介, 田中幸哉, Davaadorj
Davaasuren, モンゴル南部の古湖沼堆積物におけるルミネッセンス年代測定, 第 35 回 ESR
応用計測研究会・2018 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 43 回フィッション・トラ
ック研究会合同研究会, 神戸市 2018.11.28-30
- (13) Solongo TSETSGEE, Keisuke FUKUSHI, Altansukh OCHIR, Takahashi YOSHIO, Akitoshi
AKEHI, Baasansuren GANKHUREL, Davaadorj DAVAASUREN, Noriko HASEBE, Distribution and
chemical speciation of molybdenum in river and pond sediments affected by mining
activity in Erdenet city, Mongolia, The 15th East Eurasia International Workshop
on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East
Eurasia, Busan, Korea, 2018.10.8-12
- (14) Uyangaa U., Hasebe N., Davaadoj D., Makoto S., Fukushi K., Tanaka Y., Baasansuren
G., Katsuta, Tuvshin G., Characteristics of lake sediment from southern part of
Mongolia and comparison to meteorological data, The 15th East Eurasia International
Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in
East Eurasia, Busan, Korea, 2018.10.8-12
- (15) Uyangaa Udaanjargal, Noriko Hasebe, Davaadorj Davaasuren, Fukushi Keisuke,
Tanaka Yukiya, Katsuta Nagayoshi, Makoto Sambo, Baasansuren Gankhurel,
Characteristics of lake sediment from Olgoi, Orog and Boontsagaan in Mongolia and
comparison to meteorological data, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張,
2018.5.20-24
- (16) Solongo Tsetsgee, Fukushi Keisuke, Altansukh Ochir, Takahashi Yoshio, Akitoshi
Akehi, Baasansuren Gankhurel, Davaadorj Davaasuren, Noriko Hasebe, Distribution
and chemical speciation of molybdenum in river and pond sediments affected by mining
activity in Erdenet city, Mongolia, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張,
2018.5.20-24
- (17) 中村 麻也, 関根 康人, 福士 圭介, 渋谷 岳造, 長谷部 徳子, ダバドルジ ジャハナ,
高橋 嘉夫, 初期火星における化学風化の評価に向けた実験的・地質学的研究, 日本地球
惑星科学連合 2018 年大会, 幕張, 2018.5.20-24
- (18) 千田 拓史, 関根 康人, 福士 圭介, 松宮 春奈, Solongo Tsetsgee, 長谷部 徳子,
Davaasuren Davaadorj, Hydrology of Subsaline Lakes in Southern Mongolia: A
Terrestrial Analog Study for Lacustrine Environments and Chloride Depositions on

Early Mars , 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 , 幕張 , 2018.5.20-24

- (1 9) T. Chida, Y. Sekine, K. Fukushi, H. Matsumiya, N. Hasebe, and D. Davaadorj, Hydrology of Subsaline Lakes in Southern Mongolia: A Terrestrial Analog Study for Lacustrine Environments and Chloride Depositions on Early Mars, Lunar and Planetary Science Conference , The Woodlands, Texas March 19-23, 2018
- (2 0) 三寶真琴, Uyangaa Udaanjargal, 長谷部徳子 福士 圭介, 田中幸哉, Davaadorj Davaasuren, モンゴルの湖沼堆積物におけるルミネッセンス年代測定, 第 34 回 ESR 応用計測研究会・2017 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 42 回フィッション・トラック研究会合同研究会, 立川市 2018.2.10-12
- (2 1) Uyangaa.U・Hasebe.N・Davaadoj.D Makoto.S・Fukushi.K・Tanaka.Y・Baasansuren.G・Katsuta N・Tuvshin.G, Characteristics of lake sediment from Olgoy, Orog and Boontsagaan in Mongolia and comparison to meteorological data, 第 34 回 ESR 応用計測研究会・2017 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 42 回フィッション・トラック研究会合同研究会, 立川市 2018.2.10-12
- (2 2) Hasebe N., Udaanjargal U., Sambo M., Davaasuren D., Fukushi K., Tanaka Y., Gankhurel B., Katsuta Y., Kashivaya K., Lake level change in southwestern Mongolia: preliminary results from Olgoy, Orog and Boontsagaan lakes, The 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia, Novosibirsk-Russian Altai, Russia, 2017.9.15-21
- (2 3) Matsumura Y., Endo N., Hasebe N., Davaasuren D., Paleohydrology of Olgoi Basin, headwater of Valley of the Gobi lakes, Mongolia, The 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia, Novosibirsk-Russian Altai, Russia, 2017.9.15-21
- (2 4) Solong T., Altansukh O., Fukushi K., Akitoshi A., Baasansuren G., Davaadorj D. Hasebe N., Distribution of heavy metals in water and sediment affected by mining activity in Erdenet city, Mongolia: A preliminary result, The 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia, Novosibirsk-Russian Altai, Russia, 2017.9.15-21
- (2 5) Uyangaa U., Hasebe N., Tanaka Y., Makoto S., Davaadoj D., Fukushi K., Paleoenvironmental research in southern part of Mongolia by lake sediment analysis, The 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia, Novosibirsk-Russian Altai, Russia, 2017.9.15-21
- (2 6) Uyangaa Udaanjargal, Noriko Hasebe, Davaadorj Davaasuren, Makoto Sambo, Yukiya Tanaka, Keisuke Fukushi, The paleo environmental research in southern part of Mongolia by lake sediment analysis, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017.5.20-25
- (2 7) 松村 優佑, 遠藤 徳孝, 長谷部 徳子, Davaasuren Davaadorj, Consideration of paleolake and paleo-inflow in Olgoi basin, upstream of Valley of the Gobi Lakes, Mongolia, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017.5.20-25
- (2 8) 今井 英吾, ガンフレル パーサンスレン, ウダンジャルガル ウヤンガ, 福士 圭介, ダバスレル ダバドルジ, 長谷部 徳子, 柏谷 健二, モンゴル塩湖におけるヒ素とウランの固液分配挙動, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017.5.20-25
- (2 9) Noriko Hasebe, Uyangaa Udaanjargal, Makoto Sambo, Davaadoj Davaasuren, Keisuke Fukushi, Yukita Tanaka, Baasansuren Gankhrel, Yoshinaga Katsuta, Kenji Kashiwaya, Lake level change in southwestern Mongolia: Preliminary results from Olgoy, Orog and Boontsagaan lakes in Mongolia, The 3rd Aisan Association for Quaternary Research, 4-8 September, 2017, Jeju Island, Korea
- (3 0) Uyangaa.U, Hasebe.N, Makoto.S, Davaadoj.D, The sedimentary feature of Lake Olgoy, Orog and Boontsagaan in Mongolia, 第 33 回 ESR 応用計測研究会・2016 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 41 回フィッション・トラック研究会合同研究会, 奈良

2017.3.1-4

(3 1) Eigo Imai, Baasansuren Gankhurel, Sugarjargal Tumur, Keisuke Fukushi, Nagayoshi Katsuta, Davaasuren Davaadorj, Noriko Hasebe, Yukiya Tanaka, Kenji Kashiwaya, Distribution of arsenic and uranium between lake waters and sediments in saline lakes in south Mongolia, 13th East Eurasia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia, Okinawa Japan, 2016.10.14-17

(3 2) 今井 英吾, Gankhurel BAASANSUREN, Tumur SUGARJARGAL, 福士 圭介, 勝田 長貴, DAVAASUREN Davaadorj, 長谷部 徳子, 田中 幸哉, 柏谷 健二, 南モンゴルの塩湖におけるヒ素とウランの固液分配挙動, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張, 2016.5.22-26

(3 3) 早川 翼, 勝田 長貴, 國分(齋藤) 陽子, 長谷部 徳子, 村上 拓馬, 宮田 佳樹, 長谷川 精, 長尾 誠也, 川上 紳一, 柏谷 健二, モンゴル西部の湖沼堆積物を用いた完新世後期の古環境変動解析, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張, 2016.5.22-26

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：福士圭介

ローマ字氏名：Kesuke Fukushi

所属研究機関名：金沢大学

部局名：環日本海域環境研究センター

職名：准教授

研究者番号 (8 桁): 90444207

研究分担者氏名：勝田長貴

ローマ字氏名：Kesuke Fukushi

所属研究機関名：岐阜大学

部局名：教育学部

職名：准教授

研究者番号 (8 桁): 70377985

(2)研究協力者

研究協力者氏名：田中幸哉

ローマ字氏名：Yukiya Tanaka

研究協力者氏名：長谷川精

ローマ字氏名：Hitoshi Hasegawa

研究協力者氏名：Davaadorj davaasuren

ローマ字氏名：Davaadorj davaasuren