

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05760

研究課題名(和文)バイカル湖最古堆積物域に発現するメタンハイドレートの多様性と生成機構の解明

研究課題名(英文) Studies on the multi-phase methane hydrate formation and its mechanisms at the ancient sediment/stratum in Lake Baikal, Russia

研究代表者

南 尚嗣 (Minami, Hirotugu)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：40241426

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：バイカル湖南湖盆南岸沖の最古堆積物存在域および比較調査域において、4年間の研究を実施した。湖底表層の形状を明らかにするための物理探査をこの水域で初めて実施し、詳細な湖底3次元マップの作成に成功した。南湖盆南岸沖の湖底泥火山と思われる形状の湖底の高まりにおいて、調査船の重力コアラーを用いて湖底表層堆積物コア採取を行った。その結果、南湖盆南岸沖において初めてとなる結晶構造型を含むメタンハイドレート存在サイトを発見した。堆積物コアの岩石学的解析結果およびガスと水の化学分析結果より、バイカル湖最古堆積物域に発現するメタンハイドレートの多様性とメタンハイドレート生成機構の特徴が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界で唯一メタンハイドレート(MH)の存在が確認されている淡水湖であるバイカル湖において、最古堆積物域に発現するMHの多様性と生成機構の解明を目的に、日本-ロシア-ベルギーの国際共同研究を実施した。湖底表層MH生成には湖底下の堆積物中でメタンが発生し湖底表層に輸送されることが必要であり、そのメタンは主として堆積物中の有機物が微生物が熱により分解されて発生する。従ってMHサイトの分布は湖底下の堆積物分布にコントロールされていると考えられるが不明な点が多い。

本研究ではバイカル湖南湖盆南岸沖で総合調査を行った結果、湖底表層MHの多様性と生成機構には最古堆積物が関係していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)： International collaborative research-field investigations were conducted at Lake Baikal, Russia, using research vessels to study subsurface methane hydrate formation at the ancient lacustrine sediment/stratum. Multibeam echosounder surveys and sub-bottom profiler surveys were conducted to prepare high-resolution bathymetric map at the study areas. Sediment core sampling operations were carried out at a mound/mud volcano-like bottom area.

Sub-surface methane hydrates containing not only microbial-methane but also thermogenic-methane were first retrieved off southern coast of the south basin. Hydrogen and oxygen isotopic anomalies observed in the sediment pore waters from the studied area suggests clay mineral dehydration at the depth.

All results obtained during this study suggest potential relationship between multiphase methane hydrate formation and the ancient sediment/stratum under the studied area.

研究分野：分析化学、環境化学、地球化学

キーワード：バイカル湖 メタンハイドレート 最古堆積物域 同位体分析 化学分析 国際共同研究

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

バイカル湖は、非在来型天然ガス資源として期待されるメタンハイドレート(MH)が存在する世界で唯一の淡水湖である。研究開始直前の2014年までにバイカル湖で報告された湖底表層型MH存在サイトは、37カ所であった。このうち28カ所は北見工業大学が主導しロシア科学アカデミーシベリア支部陸水学研究所およびベルギーゲント大学レナード海洋地質研究所との国際共同研究プロジェクトによって発見されたサイトである(Hachikubo et al., 2010; Minami et al., 2014, 2015; Sakagami et al., 2012)。

バイカル湖MHの結晶構造は、多くが微生物起源メタンを包有ガスの主成分とする構造型であるが、中央湖盆クワイキャニオン域では熱分解起源エタンを包有ガスの10%以上含む型MHも発見されており(Hachikubo et al., 2010; Kida et al., 2007)。深部から湖底表層に向かう湧昇ガスが2タイプ(微生物起源ガスと熱分解起源ガス)共存し混合していることが示された。研究代表者らはMH解離水を分離採取する方法を開発し、水分子を構成する水素および酸素のそれぞれの安定同位体比測定によって、MH生成起源が表層水ではなく、堆積物深部からの湧水であることを明らかにした(Minami et al., 2014)。しかし、クワイキャニオン域のみで構造型MHが発見する理由は不明だった。

表層MH生成には、湖底下の堆積物中でメタンが発生し湖底表層部のMH生成箇所に輸送されることが必要である。メタンは主として堆積物中の有機物が微生物が熱により分解されて発生する。従って、MHサイトの分布とMHの結晶構造は湖底下の堆積物分布にコントロールされているものと考えられた。Mats(1993)は、クワイキャニオンと南湖盆南岸沖の水域にはバイカル湖で最古の堆積物が存在することを報告している。研究代表者らは2015年6-8月に南湖盆南岸沖で予備調査(物理探査およびコア解析)を行い、この領域が最古の堆積物と比較的新しい表層堆積物の共存域であることを確認した。そして湖底表層型MHサイトも発見した。そこで本申請において、バイカル湖南湖盆の南岸沖で本格的に総合調査を行い、MH生成と堆積物の関係を明らかにすることにより、MHの多様性とその生成機構を解明することを試みた。

<引用文献>

- ・Hachikubo et al., *Geo-Mar. Lett.*, **30**, 321-329 (2010).
- ・Kida et al., *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L24603 (2007).
- ・Mats, *Earth Sci. Rev.*, **34**, 81-118 (1993).
- ・Minami et al., *Geo-Mar. Lett.*, **34**, 241-251 (2014).
- ・Minami et al., *Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project II 2014 (MHP II-14)*, R/V G. U. Vereshchagin Cruise, VER-14-03, 166 pages (2015).
- ・Sakagami et al., *Geo-Mar. Lett.*, **32**, 465-472 (2012).

2. 研究の目的

本研究では、バイカル湖南湖盆の南岸沖湖底の最古堆積物存在域を対象に、(1)湖底3次元マップの作成(マルチビームエコーサウンダー物理探査)、(2)マップ情報に基づく湖底表層堆積物コアの採取、(3)採取コアの化学分析(ガス/水の化学成分分析、同位体組成解析など)と土質分析(強度、含水比など)、(4)バイカル湖において研究代表者らがこれまでに発見した他のMHサイトとの比較、を通してMHの多様性とその生成機構と堆積物との関係の解明を目的とした。予備調査では南湖盆の南岸沖の水域において、限定された範囲ではあるが、初めてとなるマルチビーム物理探査に成功した。その結果、本研究調査において湖底3次元マップ作成の可能性を見出すことができた。さらに3次元マップ情報に基づいて南湖盆の南岸沖において初めてMH存在域を発見した。クワイキャニオン域以外では初めてとなる結晶構造型MHの存在も発見され、本申請による本格的調査を通してMHの多様性とその生成機構の解明を目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、下記の3研究機関が実施する「日本・ロシア・ベルギーの国際共同研究」として行われた。調査にはロシア科学アカデミーシベリア支部陸水学研究所(LIN)が管理運営する調査船ティトフ号(物理探査を実施)と調査船ヴェルシャーギン号(湖底表層堆積物コア採取調査を実施)を用いた。取得データと採取コアは全て3研究機関が共有し、研究成果は共同発表した。

- ・日本(北見):北見工業大学 環境・エネルギー研究推進センター(KIT:代表、南教授・センター長(本研究代表者))
- ・ロシア(イルクーツク):ロシア科学アカデミーシベリア支部陸水学研究所(LIN:代表、クリストフ室長)
- ・ベルギー(ゲント):ゲント大学レナード海洋地質学研究所(RCMG:代表、デバティスト教授)

LINは、ロシア政府からの調査許可申請・取得および調査船運用や堆積物コア採取用コアラール操作を含むロジスティクスを担当し、研究面では音響探査、地震探査、堆積物コアの層序解析等を担当した。RCMGは、主として湖底地形解析を含む物理探査解析および過去のデータ収集解析を担当した。経費負担は、コストシェアを基本とした。各研究機関代表によるステアリング委員会を設けて、運営をした。

4. 研究成果

(1) 湖底表層解析およびコア解析の総括

湖底3次元マップの作成

MHが安定に存在する水深・水温条件等の文献値を基に、水深300 mより深い水域でマルチビームエコーサウンダー物理探査を実施した。3年間で約 1.8×10^3 km²の探査を完了し、詳細な湖底3次元マップの作成に成功した。バイカル湖最古堆積物域において、この領域が最古の堆積物と比較的新しい表層堆積物の共存域であることを明らかにした。

南湖盆南岸のケドロバヤ川沖合の湖底域において、泥火山と思われるような特徴的な高まり湖底形状を有する湖底域が存在することを発見した。南岸沖においてこのような湖底形状が発見されたのは初めてである。そこで、この水域を本研究の物理探査調査と湖底表層堆積物コア採取の最優先候補域とした。

3次元マップ情報に基づく湖底深部の物理探査および湖底表層堆積物コアの採取

3次元マップ情報解析の結果、湖底表面に特徴的な高まり形状を有する水域があることを発見した。そこで本研究ではこの水域において、湖底表層直下の深部堆積物情報を得るために、サブボトムプロファイラー物理探査を初めて実施した。その結果、この湖底の高まり域では深部から湖底面まで堆積層シグナルの消失が見られた。ガスを含む堆積物中の音波は散乱して反射シグナル強度が低下するので、深部からのメタン湧昇や湧水の存在による効果と解釈された。

そこで、この湖底の高まり域において湖底表層堆積物コア採取調査を実施した。コア採取には調査船の重力コアラーを用いた。採取された堆積物コアは調査船内で各種解析用のサブサンプリングと前処理および保存、そしてその場測定などを実施した。湖底表層堆積物コア採取の結果、南湖盆南岸沖において初めてMH存在サイトを発見し、MH試料および下記解析用の各種試料の採取に成功した (Hachikubo et al., 2016; Minami et al., 2017)。

堆積物コア解析および化学分析

堆積物コアの岩石学的解析結果と、この水域で実施したサブボトムプロファイラー探査結果より、この湖底の高まり域が泥火山(ケダー泥火山と命名された)であることがわかった。南湖盆南岸沖での泥火山発見は初めてである。

MHを分解させて採取したガスの炭化水素ガス組成($C_1/(C_2+C_3)$)をガスクロマトグラフで決定し、結晶構造を粉末X線回折装置で同定した結果、微生物起源ガスと熱分解起源ガスを含むこと、そして構造型MHが存在することを明らかにした。構造型MH存在サイトの発見は、南湖盆南岸沖において初めてである(八久保ら, 2016; 2017)。

湖底表層堆積物コア間隙水中の硫酸イオン濃度は、湖水中濃度とほぼ等しい濃度から深度とともに急激に低下する現象が、測定に用いたほぼ全ての湖底表層堆積物コアで見られた。特にMH含有コアでは、湖底面下深度0.5 mより浅い深度で硫酸イオン濃度が検出下限値未満であった。硫酸イオン濃度の低下は、堆積物中のメタンがバクテリアによって酸化分解される際に間隙水中の硫酸イオンを消費したためとの解釈が可能である。硫酸イオンが枯渇する湖底面下深度が浅いほど堆積物深部からのメタンフラックスが強いと考えられるので、南湖盆南岸のケドロバヤ川沖水域の湖底表層堆積物中では極めて強いメタンフラックスがあることが示唆された。

湖底面下深度に伴う堆積物コア間隙水の酸素同位体組成の変化と酸素同位体組成の変化は、両同位体組成が同期する挙動よりも、むしろ対称的な挙動が見られた。このことは間隙水が何らかの影響を受けたことを示唆する。この対称的な同位体組成は高い相関を持ち、この事実は間隙水に影響を及ぼす主たる要因が1つであることが示唆された。

バイカル湖の他のMHサイトとの比較

湖底表層堆積物コア間隙水に見られる酸素および水素同位体組成の湖底面下深度に伴う変化挙動は、これまでにバイカル湖で報告された間隙水の特徴とは異なり、むしろ海底表層堆積物コア間隙水で報告されている海底下深部の約60 m以上の環境で粘土鉱物の脱水反応で生成した水の同位体組成の挙動と一致することがわかった。バイカル湖の他のMHサイトおよびMHが観察されない比較参照水域等を含むこれまでの堆積物および堆積物間隙水の研究報告において、湖底堆積物中での粘土鉱物の脱水に関する報告は無く、本研究で示唆された挙動が初めての報告である。

ケダー泥火山表層堆積物コア中で観察された熱分解ガスの存在と湖底堆積物深部由来の噴出物の存在、そして粘土鉱物の脱水由来と考えられる水の存在は、いずれも湖底下における深部から表層への流体(ガス・水・泥)の移動の可能性を示唆している。そして、これらの流体はケダー泥火山深部のバイカル湖最古堆積物に由来するとの解釈が可能である。本研究では、ケダー泥火山におけるMHの多様性とその生成機構にはバイカル湖最古の堆積物との関係が示唆されることを明らかにした (Minami et al., 2018)。

<引用文献>

・Hachikubo, A. et al., Double structure gas hydrates discovered at the southern basin

- of Lake Baikal, *13th Int. Conf. Gas Mar. Sediments*, Norway (2016).
- ・八久保晶弘ほか：バイカル湖南湖盆の結晶構造 型天然ガスハイドレート, *北海道の雪氷*, **35**, 95-98 (2016).
 - ・八久保晶弘ほか：天然ガスハイドレート生成時のメタン炭素安定同位体分別 -バイカル湖南湖盆のハイドレート含有湖底堆積物の例-, *北海道の雪氷*, **36**, 85-88 (2017).
 - ・Minami et al., *Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project 2016 (MHP-16), R/V G. U. Vereschagin Cruise, VER-16-03*, 143 pages (2017).
 - ・Minami et al., Hydrogen and oxygen isotopic anomalies in pore waters suggesting clay mineral dehydration at gas hydrate-bearing Kedr mud volcano, southern Lake Baikal, Russia, *Geo-Mar. Lett.*, **38**, 403-415 (2018).

(2) 2016 年度の調査成果

2016年8月21日から8月30日の期間中に、LIN所属の調査船ヴェルシャーギン号を用いて調査(VER-16-03 航海)をおこなった。6月の物理探査(LIN所属の調査船ティトフ号を用いて実施)によって作成された湖底3次元マップに基づき選択された水域において、重力コアラーを用いて湖底表層堆積物コア試料の採取を試みた。その結果、南湖盆南岸沖水域において新たに2カ所のMHを産するサイトを発見し、調査中に合計19本のMH含有堆積物コアの採取に成功した。

(3) 2017 年度の調査成果

2017年8月20日から8月29日の期間中に、LIN所属の調査船ヴェルシャーギン号を用いて調査(VER-17-03 航海)をおこなった。事前の物理探査(LIN所属の調査船ティトフ号を用いて実施)で作成した湖底3次元マップに基づき選択されたサイトにおいて、重力コアラーを用いて湖底表層堆積物コア試料の採取を試みた。その結果、南湖盆の中央湖盆近くを含む3カ所で新たにMHを産するサイトを発見し、合計7本のMH含有堆積物コアの採取に成功した。

(4) 2018 年度の調査成果

2018年8月7日から8月16日の期間中に、LIN所属の調査船ヴェルシャーギン号を用いて調査(VER-18-03 航海)をおこなった。事前の物理探査(LIN所属の調査船ティトフ号を用いて実施)で選択されたサイトにおいて、重力コアラーを用いて湖底表層堆積物コア試料の採取を試みた。その結果、南湖盆南岸沖において新たに2カ所のMHサイトを発見した。比較のための調査域においても新たに4カ所のMHサイトを発見し、調査中に合計11本のMH含有堆積物コアの採取に成功した。

(5) 2019 年度の調査成果

2019年8月20日から8月29日の期間中に、LIN所属の調査船ヴェルシャーギン号を用いて調査(VER-19-03 航海)をおこなった。事前の物理探査(LIN所属の調査船ティトフ号を用いて実施)で選択されたサイトにおいて、重力コアラーを用いて湖底表層堆積物コア試料の採取を試みた。その結果、比較のための調査域において新たに6カ所のGHサイトを発見し、合計11本のMH含有堆積物コアの採取に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Manakov A.Y., O.M. Khlystov, A. Hachikubo, H. Minami, S. Yamashita, A. Khabuev, A.G. Ogienko, A.V. Ildyakov, G.V. Kalmychkov and T.V. Rodionova	4. 巻 60
2. 論文標題 Structural studies of Lake Baikal natural gas hydrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Structural Chemistry	6. 最初と最後の頁 1437-1455
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1134/S0022476619090087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kononov, E.E., O.M. Khlystov, A.V. Kazakov, A.V. Khabuev, M. De Batist, L. Naudts and H. Minami	4. 巻 524
2. 論文標題 The lake floor morphology of the Southern Baikal rift basin as a result of Holocene and late Pleistocene seismogenic and gravitational processes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quaternary International	6. 最初と最後の頁 115-121
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Khlystov, O.M., J. Poort, A. Mazzini, G.G. Akhmanov, H. Minami, A. Hachikubo, A.V. Khabuev, A.V. Kazakov, M. De Batist, L. Naudts, A.G. Chensky and S.S. Vorobeva	4. 巻 102
2. 論文標題 Shallow-rooted mud volcanism in Lake Baikal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine and Petroleum Geology	6. 最初と最後の頁 580-589
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.01.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Khlystov O.M., A.V. Khabuev, H. Minami, A. Hachikubo, A.A. Krylov	4. 巻 1
2. 論文標題 Gas hydrates in Lake Baikal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Limnology and Freshwater Biology	6. 最初と最後の頁 66-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.31951/2658-3518-2018-A-1-66	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Morgunova, I.P., P.B. Semenov, A.A. Krylov, A.V. Kursheva, I.V. Litvinenko, S.A. Malyshev, H. Minami, A. Hachikubo, T. I. Zenskaya, O. M. Khlystov	4. 巻 13
2. 論文標題 Hydrocarbon molecular markers in bottom sediments of focused fluid discharge zones of Lake Baikal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika (in Russian)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17353/2070-5379/40_2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Krylov, A.A., A. Hachikubo, H. Minami, T.V. Pogodaeva, T.I. Zenskaya, M.G. Krzhizhanovskaya, J. Poort, O. M. Khlystov	4. 巻 107
2. 論文標題 Authigenic rhodochrosite from a gas hydrate-bearing structure in Lake Baikal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 2011-2022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00531-018-1584-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Minami, H., A. Hachikubo, S. Yamashita, H. Sakagami, R. Kasashima, M. Konishi, H. Shoji, N. Takahashi, T. Pogodaeva, A. Krylov, A. Khabuev, A. Kazakov, M. De Batist, L. Naudts, A. Chensky, N. Gubin, O. Khlystov	4. 巻 38
2. 論文標題 Hydrogen and oxygen isotopic anomalies in pore waters suggesting clay mineral dehydration at gas hydrate-bearing Kedr mud volcano, southern Lake Baikal, Russia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geo-Marine Letters	6. 最初と最後の頁 403-415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00367-018-0542-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Khlystov, O.M., E.E. Kononov, H. Minami, A.V. Kazakov, A.V. Khabuev, N.A. Gubin, A.G. Chenskii	4. 巻 39
2. 論文標題 New Evidence on the Relief of the Southern Underwater Slope in the South Baikal Basin	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geography and Natural Resources	6. 最初と最後の頁 33-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1134/S1875372818010055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Khlystov, O.M., H. Minami, A. Hachikubo, S. Yamashita, M. De Batist, L. Nauds, A. V. Khabuev, A. G. Chenskiy, N. A. Gubin, S. S. Vorobyeva	4. 巻 8
2. 論文標題 Age of Mud Breccia from Mud Volcanoes in Academician Ridge, Lake Baikal	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geodynamics & Tectonophysics (in Russian)	6. 最初と最後の頁 923-932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5800/GT-2017-8-4-0324	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Krylov, A.A., O.M. Khlystov, A. Hachikubo, H. Minami, T.V. Pogodaeva, T.I. Zemskaia, M.G. Krzhizhanovskaya, L.E. Muzafarova, R.Zh. Atanyazov	4. 巻 12
2. 論文標題 Mechanism of authigenic rhodochrosite formation in the near-bottom sediments of the Saint-Petersburg-2 gas-hydrate-bearing structure (central basin of the Baikal Lake)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika (in Russian)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17353/2070-5379/8_2017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kalmychkov, G.V., B.G. Pokrovsky, A. Hachikubo, O.M. Khlystov	4. 巻 52
2. 論文標題 Geochemical Characteristics of Methane from Sediments of the Underwater High Posolskaya Bank (Lake Baikal)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lithology and Mineral Resources	6. 最初と最後の頁 102-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1134/S0024490217020055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Khlystov, O.M., E.E. Kononov, H. Minami, A.V. Kazakov, A.V. Khabuev, N.A. Gubin, D.A. Chenskii, A.G. Chenskii, and A.N. Sutorin	4. 巻 5
2. 論文標題 Topography and genesis of the Murinskaya Banka underwater upland (southern Baikal)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geography and Natural Resources	6. 最初と最後の頁 109-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21782/GiPR0206-1619-2016-5(109-116)	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計25件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 松田 純平、菊池 優樹、八久保 晶弘、O. Khlystov、G. Kalmychkov、M. De Batist、坂上 寛敏、南 尚嗣、山下 聡
2. 発表標題 バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Krylov, A., A. Hachikubo, H. Minami, J. Poort, M. Krzhizhanovskaya, A. Khabuev, E. Logvina, O. Khlystov
2. 発表標題 Crystallization of siderites extremely enriched with ^{13}C isotope: Lake Baikal, Eastern Siberia
3. 学会等名 14th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mazzini, A., O. Khlystov, J. Poort, G. Akhmanov, H. Minami, A. Hachikubo, M. De Batist
2. 発表標題 A special type of mud volcanism in Lake Baikal
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八久保 晶弘、柿崎 圭人、奥田 駿、O. Khlystov、G. Kalmychkov、A. Manakov、M. De Batist、坂上 寛敏、南 尚嗣、山下 聡
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆Kedr泥火山の天然ガスハイドレートのエタン濃縮過程
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池 優樹, 八久保 晶弘, O. Khlystov, G. Kalmychkov, M. De Batist, Y. K. Jin, A. Obzhurov, 坂上 寛敏, 南 尚嗣, 山下 聡
2. 発表標題 海底・湖底におけるメタン生成環境の比較 オホーツク海、日本海およびバイカル湖の例
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南 尚嗣, 八久保 晶弘, 山下 聡, 坂上 寛敏, 笠島 陵, 小西 正朗, 庄子 仁, 高橋 信夫, O. Khlystov, T. Pogodaeva, M. De Batist, L. Naudts
2. 発表標題 バイカル湖ケダゲ泥火山ガスハイドレート含有堆積物コア間隙水の水素および酸素同位体組成の異常
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2018年冬季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八久保晶弘、柿崎圭人、松田純平、菊池優樹、坂上寛敏、南 尚嗣、山下 聡、Oleg Khlystov、Gennadiy Kalmychkov、Marc De Batist
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆に産する天然ガスハイドレートの特徴について
3. 学会等名 第9回メタンハイドレート総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小関 貴弘, 八久保 晶弘, 菊池 優樹, 竹谷 敏
2. 発表標題 海底・湖底環境下におけるメタンハイドレートの水素同位体分別過程解明を目指した実験的研究
3. 学会等名 第9回メタンハイドレート総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小関 貴弘, 八久保 晶弘, 竹谷 敏
2. 発表標題 海底・湖底の温度環境における人工メタンハイドレートの安定同位体分別
3. 学会等名 雪氷研究大会2017・十日町
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八久保晶弘, 谷本純香, 山崎亮, 北桃生, Oleg Khlystov, Gennadiy Kalmychkov, Marc De Batist, 坂上寛敏, 南尚嗣, 山下聡
2. 発表標題 天然ガスハイドレート生成時のメタン炭素安定同位体分別 バイカル湖南湖盆のハイドレート含有湖底堆積物の例
3. 学会等名 日本雪氷学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八久保 晶弘、山崎 亮、北 桃生、竹谷 敏、Khlystov Oleg、Kalmychkov Gennadiy、Manakov Andrej、De Batist Marc、坂上 寛敏、南 尚嗣、山下 聡
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆の湖底表層型ガスハイドレートの多様性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合-アメリカ地球物理学連合2017年合同大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笠島 陵、古水 晴、小林 聖哉、八久保 晶弘、坂上 寛敏、南 尚嗣、山下 聡、高橋 信夫、庄子 仁、Tatyana Pogodaeva、Oleg Khlystov、Lieven Naudts、Marc De Batist
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆ケダール泥火山ガスハイドレート含有堆積物コア間隙水の特徴
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2017年冬季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八久保晶弘、太田有香、森下裕士、Oleg Khlystov、Gennadiy Kalmychkov、Marc De Batist、坂上寛敏、南尚嗣、山下聡、高橋信夫、庄子仁
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆の結晶構造II 型天然ガスハイドレート
3. 学会等名 2016 年度日本雪氷学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 太田 有香、八久保 晶弘、Khlystov Oleg、Kalmychkov Gennadiy、De Batist Marc、坂上 寛敏、南 尚嗣、山下 聡、高橋 信夫、庄子 仁
2. 発表標題 バイカル湖天然ガスハイドレートの水和数の圧力依存性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笠島陵、押切望、八久保晶弘、坂上寛敏、南尚嗣、山下聡、高橋信夫、庄子仁、Tatyana Pogodaeva、Oleg Khlystov、Lieven Naudts、Marc De Batist
2. 発表標題 バイカル湖南湖盆南岸沖湖底表層ガスハイドレート含有堆積物コア間隙水の化学分析
3. 学会等名 日本分析化学会 第65年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古水晴、笠島陵、押切望、八久保晶弘、坂上寛敏、南尚嗣、山下聡、高橋信夫、庄子仁、Tatyana Pogodaeva、Oleg Khlystov、Lieven Naudts、Marc De Batist
2. 発表標題 バイカル湖中央湖盆表層堆積物コア間隙水のイオン濃度の比較
3. 学会等名 日本分析化学会 第65年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 南 尚嗣
2. 発表標題 化学で観る海底・湖底メタンハイドレート -北見工業大学の挑戦-
3. 学会等名 日本分析化学会 第65年会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minami H., A. Hachikubo, R. Kasashima, N. Oshikiri, H. Sakagami, S. Yamashita, H. Shoji, N. Takahashi, Y. K. Jin, B. Baranov and A. Obzhirov
2. 発表標題 Geochemical feature of pore waters from gas hydrate-bearing sediment cores retrieved at Tatarsky Trough off Sakhalin Island, Russia
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T.V. Pogodaeva, J. Poort, A.V. Khabuev, H. Minami, G. Aloisi, O.M. Khlystov
2. 発表標題 Chemical in and outflow at the Krasny Yar methane seep in Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Akihiro Hachikubo, Yuka Oota, Masaaki Konishi, Hirotohi Sakagami, Hirotsugu Minami, Satoshi Yamashita, Nobuo Takahashi, Hitoshi Shoji, Oleg Khlystov, Andrej Manakov, Gennadiy Kalmychkov and Marc De Batist
2. 発表標題 Double structure gas hydrates discovered at the southern basin of Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Krylov A.A., Khlystov O.M., Minami H., Hachikubo A., Sakagami H., Zetskaya T.I., Pogodaeva T.V., Logvina E.A., Kuznetsov A.B., Kalmychkov G.V., Ermakova, L.A.
2. 発表標題 Authigenic carbonates in the Gas Hydrates-bearing structures of the Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Khlystov O., Khabuev A., Minami H., Hachikubo A.
2. 発表標題 Distribution pattern of hydrate-bearing structures in Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Khlystov O.M., Minami H., Hachikubo A., Khabuev A.V., Vorobeva S.S., Poort J., Akhmanov G.G.
2. 発表標題 Gas source and formation depth of mud volcanoes in Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Poort Jeffrey, Khlystov Oleg, Pogodaeva Tatyana, Akhmanov Grigorii, Minami H., Davletshina Dinara, Khabuev Andrey, Aloisi Giovanni, Hachikubo A.
2. 発表標題 Fluid migrations at different scales in gas hydrate-rich seeps and mud volcanoes of Lake Baikal
3. 学会等名 13th International Conference on Gas in Marine Sediments (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 八久保 晶弘, 太田 有香, 竹谷 敏, O. Khlystov, G. Kalmychkov, A. Manakov, M. De Batist, 坂上 寛敏, 南 尚嗣, 山下 聡, 高橋 信夫, 庄子 仁
2. 発表標題 パイカル湖南湖盆Kedrovayaにおけるメタン・エタン混合ガスハイドレートの生成過程
3. 学会等名 日本雪氷学会雪氷研究大会2016
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 Minami, H., O. Khlystov, M. De Batist and A.P. Fedotov	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Environmental and Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami	5. 総ページ数 196
3. 書名 Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project III 2019 (MHP III-19), R/V G.U. Vereschagin Cruise, VER-19-03	

1. 著者名 Minami, H., O. Khlystov, M. De Batist and A.P. Fedotov	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Environmental and Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami	5. 総ページ数 189
3. 書名 Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project III 2018 (MHP III-18), R/V G.U. Vereschagin Cruise, VER-18-03	

1. 著者名 Minami, H., H. Shoji, O. Khlystov, M. De Batist, N. Takahashi and A.P. Fedotov	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Environmental and Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami	5. 総ページ数 134
3. 書名 Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project III 2017 (MHP III-17), R/V G.U. Vereschagin Cruise, VER-17-03	

1. 著者名 H. Minami, H. Shoji, O. Khlystov, M. De Batist, N. Takahashi and A.P. Fedotov	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Environmental and Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami	5. 総ページ数 143
3. 書名 Operation Report of Multi-phase Gas Hydrate Project III 2016 (MHP III-16), R/V G.U. Vereschagin Cruise, VER-16-03	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	庄子 仁 (SHOJI Hitoshi) (50201562)	北見工業大学・工学部・特任教授 (10106)	
連携研究者	山下 聡 (YAMASHITA Satoshi) (00174673)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	
連携研究者	八久保 晶弘 (HACHIKUBO Akihiro) (50312450)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	
連携研究者	小西 正朗 (KONISHI Masaaki) (90533860)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	
連携研究者	坂上 寛敏 (SAKAGAMI Hirotoshi) (70271757)	北見工業大学・工学部・助教 (10106)	