

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03300

研究課題名（和文）北海道周辺海域におけるメタンハイドレートの生成メカニズムと資源化アプローチ

研究課題名（英文）Mechanism of methane hydrate production and approaches for resource recovery in the sea around off Hokkaido

研究代表者

山下 聡 (YAMASHITA, Satoshi)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：00174673

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,070,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、北海道沖大陸斜面におけるメタンハイドレートの産状や生成環境を明らかにするとともに、資源としてのポテンシャルを評価するために、地震波探査、海底地形調査、ガスブルーム観測、原位置CPT試験、海底堆積物の採取と採取試料に対する各種分析試験等を行った。調査の結果、稚内沖日本海、オホーツク海網走沖、十勝沖及び日高沖太平洋において、海底からガスが湧出するガスブルームを300か所以上発見するとともに、複数の海域でメタンハイドレートの採取に成功した。また、資源としての採取において基礎資料となる海底地盤強度の直接測定を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北海道周辺の複数海域を対象として海洋調査を行い、実際に海底堆積物を採取し分析することによって、メタンハイドレートの賦存状況や生成メカニズムの解明を行った。また、オホーツク海網走沖や太平洋十勝沖において表層型メタンハイドレートの採取に成功した。研究結果から北海道周辺海域における表層型メタンハイドレートの賦存条件が明らかとなり、今後の資源開発のための貴重な成果が得られた。また、採取したメタンハイドレートから水素とカーボンナノチューブの生成に成功し、研究成果は脱炭素社会に対しても大きな貢献が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, to clarify the occurrence and formative environments of methane hydrate on the continental slope off the coast of Hokkaido and to evaluate its potential as a resource, seismic wave exploration, seafloor topography survey, gas plume observation, in-situ cone penetration test etc. were conducted. Moreover, we collected seafloor sediments and conducted various analytical tests for the collected samples. As a result of the survey, we found more than 300 gas plume points on the seafloor in the Japan Sea off Wakkanai, in the Sea of Okhotsk off Abashiri, in the Pacific Ocean off Tokachi and Hidaka, and collected methane hydrate in multiple sea areas. In addition, we directly measured the seafloor ground strength, which is the basic data when recovering as a resource.

研究分野：地盤工学

キーワード：メタンハイドレート 海洋探査 海洋資源 地盤工学 物性実験

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

メタンハイドレート (MH) は、将来のエネルギー資源の一つとして注目され、温度・圧力条件により安定に存在する領域 (HSZ: Hydrate Stability Zone) の下部に分布する深層型 (砂層孔隙充填型) とよばれる MH は、国内では東部南海トラフでの資源化プロジェクトが生産試験の段階に入っていた。北海道周辺海域においても、奥尻島沖、網走沖、日高沖、十勝沖などで深層型 MH の存在を示す指標とされる BSR (Bottom Simulating Reflector: 海底擬似反射面) が確認されている。一方、HSZ 上部の海底表層付近に存在する表層型 MH は、日本周辺海域では、上越沖など日本海東縁海域で存在が確認され試料が採取されている。北海道周辺海域においても、研究代表者ら中心となったオホーツク海網走沖での調査航海で複数回の MH の採取に成功している。

また、表層型 MH が海底表層付近に存在する地点においては、ハイドレート化できなかった過剰なメタンが海底表層から気泡となって湧出し、音響測深機などによって観測される。湧出ガス (ガスプルーム) が観測された地点において、海底表層堆積物をコアラーにより採取すると、堆積物中に様々な形状のハイドレートが採取される。2013 年に研究代表者が首席研究者として行った JAMSTEC 調査船「なつしま」による網走沖調査では、限られた範囲においても、200ヶ所以上のガスプルームを観測している (Yamashita et al., 2015)。さらに、2014 年には研究代表者が調査責任者として行った太平洋十勝沖での調査では、ガスプルームの観測とメタン由来の炭酸塩鉱物を採取し、十勝沖において表層型 MH の存在指標を初めて発見している。このように、北海道周辺海域は、表層型 MH が広く分布している可能性が高く、その分布状況を明らかにすることは将来の資源化に資する。

一方、MH の主成分であるメタンは二酸化炭素の 20 倍もの温室効果のあるガスでもあり、MH の分布・集積形態・生成/解離動態を解明することは、地球規模の環境変動の解明にも重要な役割を果たす。また、エネルギー資源として採取した際の海底地盤の沈下、掘削時の泥水循環による掘削孔周辺の温度上昇、地球環境変動に伴う海水温上昇などによって MH が分解し、地盤沈下や海底地すべりを引き起こす恐れもある。このように、MH は、資源、環境、災害という 3 つの側面で人類社会と密接な関わりを持っている。

2. 研究の目的

将来のエネルギー資源として期待されている MH は、北海道周辺海域においても存在が指摘され、網走沖のオホーツク海では研究代表者らが唯一表層型の MH の採取に成功している。また、十勝沖においても表層型 MH の存在の確証を明らかにしている。

本研究では、北海道周辺海域全体を対象として、広範囲の物理探査および海底堆積物の採取・解析を行い、調査・解析から、MH の産状・生成メカニズムを明らかにするとともに、原位置コーン貫入試験等を行うことによって、MH 含有海底地盤の力学的特性と安定性について海底地形・地質を考慮した評価を行い、北海道周辺海域での表層型 MH の資源としてのポテンシャルと生成・分布メカニズムを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 海洋調査

研究期間内において、図 1 に示す北海道周辺海域において、12 回の海洋調査を実施した。

①HKY17, 18, 19 調査

2017 年 6 月 (HKY17)、2018 年 6 月 (HKY18)、2019 年 7 月 (HKY19) に北海道立総合研究機構 (道総研) 稚内水産試験場調査船「北洋丸」による調査を日本海稚内沖及びオホーツク海枝幸沖において行った。行った調査は、計量魚群探知機による海底地形・ガスプルーム観測、コアリングによる海底堆積物の採取・分析、原位置コーン貫入試験 (CPT)、水中カメラによる海底面観察等である。

②1KY17 調査

2017 年 7 月に海洋エンジニアリング(株)調査船「第一開洋丸」による調査をオホーツク海網走沖において行った。行った調査は、遠隔操作無人探査機 (ROV) による潜航調査及び海底湧出ガス採取・分析等である。

③HKS17, 18, 20 調査

2017 年 9 月 (HKS17)、2018 年 9 月 (HKS18)、2020 年 9 月 (HKS20) に道総研釧路水産試験場調査船「北辰丸」による調査をオホーツク海網走沖において行った。行った調査は、計量魚群探知機による海底地形・ガスプルーム観測、コアリングによる海底堆積物の採取・分析、CPT 試験等である。

④C046, C061, C080, C095 調査

2017 年 11 月 (C046)、2018 年 11 月 (C061)、2019 年

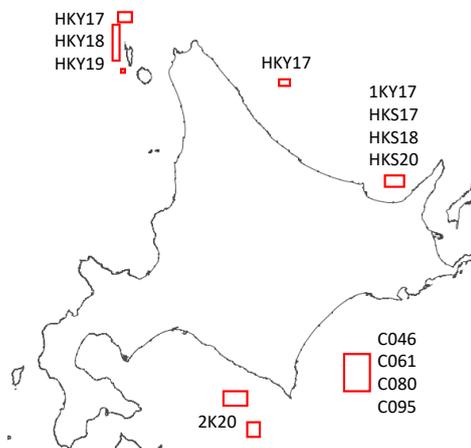


図 1 北海道周辺海域での調査範囲

11月 (C080), 2020年11月 (C095) に北海道大学水産学部附属練習船「おしよろ丸」による調査実習を太平洋十勝沖において行った。行った調査は、マルチビーム音響測深機及び計量魚群探知機による海底地形・ガスプルーム観測, コアリングによる海底堆積物の採取・分析, CPT 試験等である。

⑤2K20 調査

2020年10月に海洋エンジニアリング(株)調査船「第二開洋丸」による調査を太平洋日高沖において行った。行った調査は、マルチビーム音響測深機及び計量魚群探知機による海底地形・ガスプルーム観測, コアリングによる海底堆積物の採取・分析等である。

(2) 各種船上試験と室内試験

各海洋調査では、コアリングにより採取した海底堆積物に対して、力学特性を求めるための船上試験, 物理試験, 間隙水や溶存ガスに対する水分析やガス分析試験等を行った。

(3) 掘削技術性能評価のための模擬 MH 地盤の作製

表層型 MH の回収技術開発において、海洋産出試験を実施する以前に、陸上で MH を模擬した地盤を作製し、回収技術性能確認試験を行うことが計画されている。そこで、100%MH を模擬した地盤として大型氷試験体の製作方法を検討し、試作するとともに力学特性の評価を行った。

4. 研究成果

(1) 海洋調査結果

①海底地形とガスプルーム観測結果

それぞれの海洋調査において、マルチビーム音響測深機や計量魚群探知機によるガスプルーム観測を行った。稚内沖の調査範囲で観測されたガスプルーム地点は約 20 地点, 網走沖では過去の調査も含めて 250 地点以上, 十勝沖では約 50 地点, 日高沖では 5 地点であった。図 2 には、一例として太平洋十勝沖の同一範囲で行った、「おしよろ丸」による C061, C080, C095 調査で観測されたガスプルーム観測位置を × で示している。調査海域において、断層付近や海底谷, マウンド地形頂部など、地形に特徴が見られる地点において、ガスプルームが観測された。どの調査海域においても、観測地点は、断層付近に列状に観測された例が多かった。また、観測海域の中で網走沖での観測数が最も多かった。これは、他海域と比較して地殻熱流量が高く BSR 深度が浅いことと、海底堆積物の堆積速度が速いため、堆積物中の有機物が多くメタンを生成・湧出しやすい環境のためと考えられる。

②ROV 調査結果

北海道網走沖のオホーツク海の水深 550m 程度の海山頂部及び水深 750m 程度の海底谷の 2 地点において、ROV による潜航調査 (1KY17) を行った。図 3 は、水深 550m 程度の海山頂部の東西 200m, 南北 100m 程度の範囲での潜航調査で得られたバクテリアマットやガス湧出口の地点を示している。バクテリアマットは、観察範囲全域でみられたが、特に観測範囲の東側に多く分布していた。また、ガスの湧出口も調査範囲の東側で主として確認された。図中には計量魚群探知機やマルチビーム音響測深機によって観測されたガスプルームの中心位置を示しているが、実際の湧出口地点とは一致していない。これは、計量魚群探知機では航走測線上の位置のみ把握可能であり、マルチビーム音響測深機においても航走測線横方向の距離精度の問題によるものと考えられる。図 4 には、計量魚群探知機によって観測された観測地点付近におけるガスプルームの画像を示している。画像では海山頂部全体からガスプルームが湧出しているように捉えられるが、実際の湧出口は多数あり、それらが一つのガスプルームとして観測される。この範囲内では過去の調査において、2 地点でコアラーにより MH が採取されているが、MH が採取された地点 (●) とガス湧出口 (+) は一致

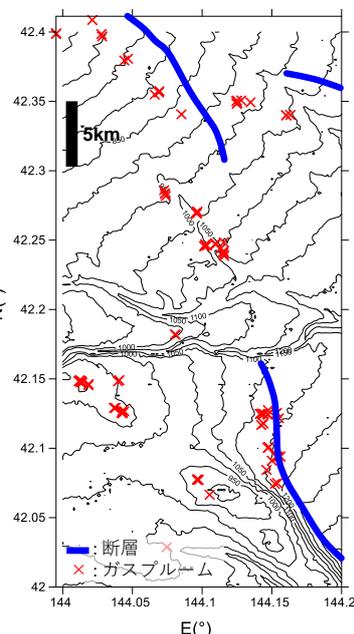


図 2 太平洋十勝沖でのガスプルーム観測地点

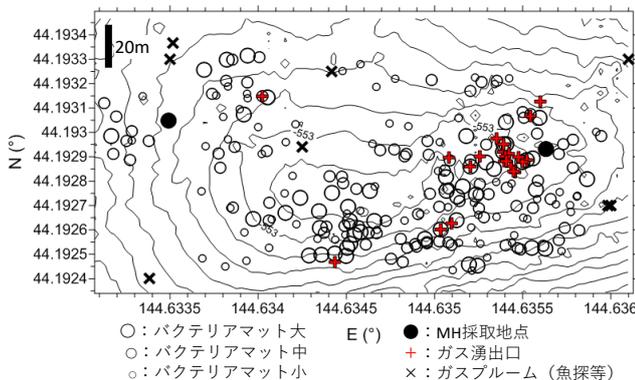


図 3 ROV 調査で確認された海底湧出ガス地点

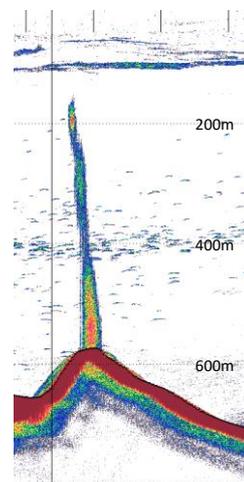


図 4 計量魚群探知機により観測されたガスプルーム

しておらず、湧出口付近のみに MH が存在しているのではないことも分かる。言い換えれば、MH が広範囲に分布していることも示唆している。

調査地点において、湧出ガスを直接回収した。回収したガスを分析したところ、ガス中のメタンの割合は 99.9%以上で、微生物分解起源のメタンであることが分かった。また、噴出孔付近を ROV のマニピュレータで掘削したところ、ガスとともに MH の小片が上昇する様子も見られ、MH が表層付近から存在していることも確認された。調査地点一帯には、カーボネートの集合体も多数確認された。カーボネート集合体やガス湧出口付近には多くのカニ類も観察された。プッシュコアラを用いて、海底表層堆積物を 20cm 程度採取したところ、採取した堆積物中にシロウリガイの生体個体が採取された。オホーツク海南部において生体個体が採取されたのは初めてと思われる。

(2) 海底堆積物の採取と土質試験結果

ガスプルームが観測された地点や海底地形に特徴が見られる地点において、コアラを用いて海底表層堆積物の採取を行った。使用したコアラは重力式コアラ (GC, 長さ 2, 4m) と水圧式コアラ (HC, 長さ 2, 4m) である。

船上に引き上げたコアは、内管を 1m ごとに切断した後で半割し、10~40cm 間隔で、含水比測定のための試料採取、小型コーン貫入試験 (コーン先端角 30°, コーン直径 9mm, 貫入深 16.8mm)、小型ベーンせん断試験 (ベーン幅 10mm, 高さ 20mm, 貫入深 30mm) を行った。また、採取した堆積物間隙水に溶存しているガスの分析や間隙水の分析も行っている。

コアリング地点の近傍において CPT 試験も行っている。CPT 試験機は、重錘部、延長ロッド、CPT 計測ユニットからなり、最大 5m 程度までの貫入が可能である。コーンの先端角は 60°, 直径は 36mm である。計測ユニットには、先端抵抗測定用のロードセル、間隙水圧センサ、傾斜計チップが内蔵されている。また、重錘部に深度計を取り付け、水圧の変化から貫入深を推定した。

図 5 は試験結果の一例として、網走沖と十勝沖の各 1 地点で採取した試料から求めた含水比 w 、船上試験から求めたコーン貫入抵抗 q_c とベーンせん断強さ τ_v 、近傍で行った CPT 試験によるコーン貫入抵抗 $q_{c(CPT)}$ を海底面からの深度に対してプロットしたものである。また、 q_c と τ_v の図において、青線で示したのは、別途室内で作製した乱れのない試料に対して、船上で行った試験と CPT 試験を行い、その相関式 (渋谷ら, 2018) を用いて CPT 試験結果から船上試験結果を推定したものである。

図 5(a) に示す網走沖で採取された試料では、他の試料と含水比や粒度 (図 6) が同様であるにもかかわらずメタンハイドレート含有コアの船上試験による強度が他の試料よりも低くなっている。これは、MH が採取されたコアでは、堆積物中の間隙水にメタンが多く溶存しており、採取コアを船上に引き上げることによって溶存ガスが気泡化し、採取試料が乱され強度が低くなったものと考えられる。また、青線で示した CPT 試験から推定した船上試験結果は、MH 含有コアを除くと実際の船上試験結果と概ね一致している。

一方、図 5(b) に示す十勝沖で採取された試料では、CPT 試験から推定した船上試験での強度は、実際の船上試験による強度よりも高くなっている。これは、図 6 に示すように十勝沖で採取した試料の砂分が多いことに起因している。船上試験でのコーン貫入試験やベーンせん断試験は、粘性土など砂分の少ない試料に適用できる試験であり、砂分が多いと実際の強度よりも過少に評価されるためである。

このように、間隙水にメタンガスを多く溶存しており、コアの引き上げによって乱れが生じる場合や、砂分を多く含む地盤においては、原位置 CPT 試験によってより正確な海底地盤の強度を

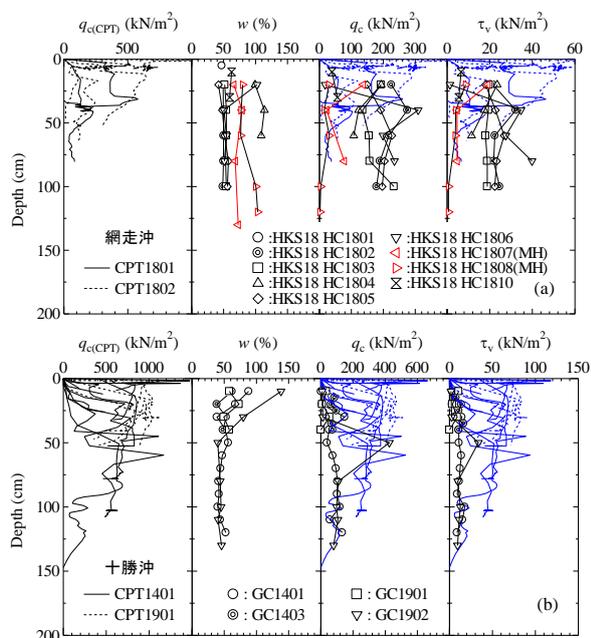


図 5 採取試料の含水比と船上試験結果の例 (a) 網走沖, (b) 十勝沖

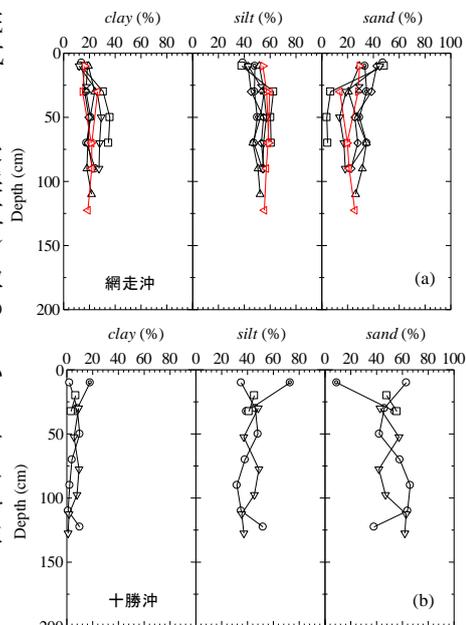


図 6 採取試料の粒度 (粘土分, シルト分, 砂分含有率) (a) 網走沖, (b) 十勝沖

測定できるといえる。

なお、北海道周辺海域において研究期間内で MH が採取されたのは、HKS18 調査でのオホーツク海網走沖及び C095 調査での太平洋十勝沖である。図 7 に一例として十勝沖で採取されたメタンハイドレートを示す。図には示していないが、



図 7 十勝沖調査 (C095) で採取されたメタンハイドレート

十勝沖で採取された MH 含有コアの粒度は、網走沖で採取されたコアと同様、砂分が少ない試料であった。このことは、砂分が多い地盤では、透水(気)性が高いため、海底深部から湧出するガスが海底表層に留まり難く、MH として生成しづらい環境であると示唆される。

十勝沖で採取した MH に対しては、MH から取り出したメタンと触媒を用いて、二酸化炭素の発生を伴わないメタン-水素化反応(メタン直接改質)により、水素生成を行うことができた。さらに、メタンを構成する炭素は、カーボンナノチューブとして回収した。このことは、脱炭素社会において MH は有効なエネルギー資源となり得ることも示唆している。



図 8 水槽と完成した大型氷

(3) 100%MH を模擬した大型氷試験体の製作

表層型 MH の回収方法として現時点で考えられているのは、掘削装置による回収方法である。掘削技術の開発にあたっては、MH や堆積地盤の強度評価や安定性評価が不可欠である。また、掘削物の処理や海洋環境に及ぼす影響評価など、すぐに海洋産出試験を行うための課題は多い。その解決法の一つとして、陸上で MH を模擬した地盤を作製し、陸上回収試験を行う方法が考えられている。しかし、陸上で行うためには、MH と同様な強度特性を有する模擬地盤を作製する必要がある。そこで、MH を模擬した地盤として大型氷を代替とし、屋外で製作可能であるかを確認した。また、作製した氷の強度評価を行い、大型氷は MH の代替となり得るかを検討した。

① 大型氷塊の作製

大型氷の作製は、2018、2019 年度の冬季において行った。図 8 に氷製作に使用した水槽を示す。水槽の寸法は、縦 3m、横 3m、高さ 1m であり、北見工業大学構内に設置した。氷塊の作製方法は、事前に外気温で 0℃付近まで冷やした水を水槽に規定の高さ(5~10cm 間隔)まで入れ、外気温で凍らせ、凍っていることを確認してから再び既定の高さまで入れるということを繰り返した。氷の製作は、12 月上旬より開始し、2 月中旬には高さ 1m 程度の大型氷を作製することができた。

② 一軸圧縮試験

図 8 に示す大型氷からブロック状の氷を切断し、一軸圧縮試験用に直径 3cm、高さ 6cm の円柱供試体を成形した。一軸圧縮試験は、-5℃一定で冷凍庫内で行った。

図 9 は、一軸圧縮強さと空気含有率の関係を示したものである。図中には、Yoneda ら(2019)が求めた天然 MH の一軸圧縮強さも示している。図から、作製した氷の一軸圧縮強さは、天然 MH よりやや高いことが分かる。また、作製した氷には、気泡が含まれているため空気含有率が高くなっている。ただし、空気含有率の違いによる明確な強度差は確認できない。なお、天然 MH の空気含有率はゼロとして図中にプロットしている。このように、冬季に屋外で作製した氷は、天然 MH よりもやや強度が高い結果となったが、掘削試験を考えた場合、今回作製した氷塊を掘削できるのであれば MH 層の掘削も可能と言える。

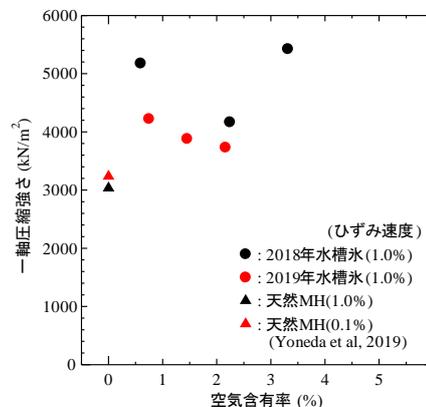


図 9 一軸圧縮強さと空気含有率の関係

<引用文献>

- ① Yamashita, S., Yamasaki, S., Ohshima, H., Kataoka, S.: Surveys of gas hydrates in the Okhotsk Sea offshore of Abashiri and soil properties of sea bottom sediments, Japanese Geotechnical Society Special Publication, 2(13), 526-530, 2015.
- ② 渋谷義顕, 山下聡, 八久保晶弘, 小西正朗, 坂上寛敏, 南尚嗣, 仁科健二, 内田康人: 道東沖オホーツク海海底地盤における重力式コーン貫入試験, 土木学会論文集 B3, 74(2), I_868-I_873, 2018.
- ③ Yoneda, J., Kida, M., Konno, Y., Jin, Y., Morita, S., Tenma, N.: In situ mechanical properties of shallow gas hydrate deposits in the deep seabed, Geophysical Research Letters, 46, 14459-14468, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Hachikubo Akihiro, Minami Hirotsugu, Yamashita Satoshi, Khabuev Andrey, Krylov Alexey, Kalmychkov Gennadiy, Poort Jeffrey, De Batist Marc, Chenskiy Alexandr, Manakov Andrey, Khlystov Oleg	4. 巻 10
2. 論文標題 Characteristics of hydrate-bound gas retrieved at the Kedr mud volcano (southern Lake Baikal)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-020-71410-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 大野 佑弥, 山下 聡, 岩本 駿介, 望月 幸司	4. 巻 61
2. 論文標題 表層型メタンハイドレートを模擬した氷試験体の製作と強度評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地盤工学会北海道支部技術報告集	6. 最初と最後の頁 105 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Minami Hirotsugu, Hachikubo Akihiro, Yamashita Satoshi, Sakagami Hirotsushi, Kasashima Ryo, Konishi Masaaki, Shoji Hitoshi, Takahashi Nobuo, Pogodaeva Tatyana, Krylov Alexey, Khabuev Andrey, Kazakov Andrey, De Batist Marc, Naudts Lieven, Chensky Alexandr, Gubin Nikita, Khlystov Oleg	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 SHIBUYA Yoshiaki, YAMASHITA Satoshi, HACHIKUBO Akihiro, KONISHI Masaaki, SAKAGAMI Hirotsushi, MINAMI Naotsugu, NISHINA Kenji, UCHIDA Yasuhito	4. 巻 74
2. 論文標題 GRAVITY TYPE CONE PENETRATION TEST ON SEABED OFF EASTERN HOKKAIDO, THE SEA OF OKHOTSK	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_868 ~ I_873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.74.I_868	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Ohno, Y., Yamashita, S., Iwamoto, S., Mochizuki, K.
2. 発表標題 Making of large scale ice block simulating shallow type methane hydrate for performance confirmation of submarine drilling rig
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下聡, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 小西正朗, 館山一孝, 南尚嗣
2. 発表標題 北海道十勝沖太平洋でのメタンハイドレート調査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渋谷義顕, 山下聡, 八久保晶弘, 小西正朗, 坂上寛敏, 南尚嗣, 仁科健二, 内田康人
2. 発表標題 道東沖オホーツク海海底地盤における重力式コーン貫入試験
3. 学会等名 第43回海洋開発シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下聡, 八久保晶弘, 小西正朗, 坂上寛敏, 丹羽達哉, 仁科健二, 南尚嗣
2. 発表標題 オホーツク海網走沖のガス湧出域におけるROV調査概要
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

報道発表 「網走沖でガス採取成功」：毎日新聞（2017年8月2日）ほか https://mainichi.jp/articles/20170802/ddl/k01/100/272000c 「十勝沖でメタンハイドレート採取に成功」：十勝毎日新聞（2020年11月24日）ほか https://kachimai.jp/article/index.php?no=520376 ホームページ 北見工業大学 環境・エネルギー研究推進センター http://www-ner.office.kitami-it.ac.jp/
--

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
研究分担者	内田 康人 (UCHIDA Yasuhito) (60465961)	地方独立行政法人北海道立総合研究機構・産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所・部長 (80122)	
研究分担者	仁科 健二 (NISHINA kenji) (40446373)	地方独立行政法人北海道立総合研究機構・環境・地質研究本部地質研究所・研究主査 (80122)	

	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
研究協力者	小西 正朗 (KONISHI Masaaki)		
連携研究者	南 尚嗣 (MINAMI Hirotsugu) (40241426)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	

6. 研究組織（つづき）

	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	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	坂上 寛敏 (SAKAGAMI Hirotoshi) (70271757)	北見工業大学・工学部・助教 (10106)	
連携研究者	山崎 新太郎 (YAMASAKI Shintaro) (40584602)	北見工業大学・工学・助教 (10106)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
	ロシア連邦	陸水学研究所シベリア支局	モスクワ州立大学