

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 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：2014～2016

課題番号：26303021

研究課題名(和文) サハリン島西方沖タートルトラフの天然ガスハイドレート生成環境の解明

研究課題名(英文) Natural gas hydrates at the Tatar Trough, off western Sakhalin Island

研究代表者

八久保 晶弘 (Hachikubo, Akihiro)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：50312450

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：日本海最北部のサハリン島南西沖タートルトラフで天然ガスハイドレートを採取した。試料の地球化学分析を行なった結果、熱分解起源メタンを主として包接した構造I型結晶であることが明らかにされた。このような産状は他に日本海上越沖とバイカル湖にしかなく、構造II型出現を促す熱分解起源エタン、プロパン等がガス供給過程で何らかの原因で除かれたことが本質的要因、と考察される。一方、実験室研究ではメタンハイドレート水和数に及ぼす硫化水素の影響、堆積物粒子がゲストガス安定同位体分別に及ぼす効果、空気成分や各種天然ガス成分による人工ハイドレートの解離熱測定、混合ガスハイドレート解離時の結晶二次生成に関する知見を得た。

研究成果の概要(英文)：Natural gas hydrate was retrieved at the Tatar Trough, off southwestern Sakhalin Island (northern Japan Sea). Geochemical analyses revealed that the gas hydrate crystals belonged to the cubic structure I and mainly encaged thermogenic methane. Although thermogenic gas contains higher hydrocarbons (ethane, propane, etc.) those induce formation of the cubic structure II gas hydrate, ethane and propane were removed during the process of supply from deeper sediment layer. Laboratory experiments revealed the effect of hydrogen sulfide on hydration number of gas hydrate, the effect of sediment particles on isotopic fractionation of methane at the hydrate formation, dissociation heat of gas hydrate composed of air and hydrocarbon volatiles, and secondary formation of mixed-gas hydrate crystals during the process of their dissociation.

研究分野：数物系科学

キーワード：ガスハイドレート メタンハイドレート 安定同位体 熱分解起源 タートルトラフ 結晶構造

## 1. 研究開始当初の背景

水分子が作るカゴ状のフレーム内部にゲストガス分子を包接したガスハイドレート(以下、GH)は、低温・高圧条件下で安定な結晶である。海底・湖底堆積物中や永久凍土中に存在する天然 GH は、それ自体がエネルギー資源として注目される一方、主成分であるメタンが代表的な温室効果ガスであることから、温度・圧力条件の変化が GH 鉱床の解離・崩壊を引き起こし、地球規模の気候変動に影響を及ぼす可能性がある。すなわち、ガスハイドレートは将来のエネルギー問題と地球環境問題の双方に関わる重要な物質である。

オホーツク海の海底表層型 GH は、1986 年にパラムシル島沖で、1990 年代にはサハリン島北東沖で発見され、海底のメタン湧出域との関連が指摘されていた。北見工業大学に 2001 年に設置された未利用エネルギー研究センター(現:環境・エネルギー研究推進センター)では、ロシア・韓国等の各研究機関と共同で CHAOS 計画(2003-2006 年)を推進し、サハリン島北東沖ラブレソフ海底断層北側の 10 地点で計 23 本の GH 含有海底堆積物コアの採取に成功した。GH 結晶構造は I 型、解離ガスはメタン組成が 99% 以上の微生物起源ガスであった。2007 年からは特別教育研究経費(北海道大学・ロシア研究機関との連携事業)の支援の下、CHAOS 計画の後継プロジェクトである SSGH 計画がスタートし、ラブレソフ海底断層南側で 400 地点以上の地形異常やガスプルームを発見、新たに GH を採取した。さらに調査域はサハリン島南東沖のテルペニヤリッジに拡大し、2012 年には GH が採取された。同年には網走沖でも GH が採取されており、オホーツク海西縁から南縁にかけては主として微生物起源ガスが GH を構成すること、場所によって熱分解起源ガスが僅かに混入することなどが示された。

一方、サハリン島の西側にあたる日本海北部タートルトラフでも、2012 年に GH が採取され、解離ガスのメタン炭素同位体比は熱分解起源であることを示唆した。通常、熱分解起源ガスはプロパンやブタンなどのウェットガスを含み、GH 結晶構造を変化させることで資源量推算に関わるガス包蔵性も大きく変わる。しかしながら、タートルトラフの GH は日本海上越沖で得られている GH と類似性があり、ウェットガスの割合が極めて少なく、結晶構造は I 型とみられる。ウェットガスの行方や、サハリン島周辺に分布するガス田との関連等、サハリン島西方沖の天然 GH の成因・産状および同東方沖との相違を考える上で興味深い点が多く、海洋調査の継続が強く期待されていた。

## 2. 研究の目的

未だ断片的な情報しか得られていない日本海北部のタートルトラフ域を調査ターゲ

ットとして、音波・音響探査等から海底表層のガスチムニー(堆積層深部からのガスの通り道を示唆)や海底から立ち上るガスプルーム(天然ガスの気泡からなる柱状のエコー)を捉え、その地点で海底堆積物コアを採取し、表層型天然ガスハイドレートの生成環境解明を目指す。サハリン島東方のオホーツク海や日本海上越沖で既に得られている知見と比較検討・総合することにより、本邦を取り巻く海域でのガスハイドレート産状および性状に関する理解が深まる。

## 3. 研究の方法

サハリン島沖でハイドロコアラを用いて採取された海底表層堆積物コアから GH 試料を回収し、液体窒素温度で保存した。また、堆積物ガスをヘッドスペースガス法で採取した。これらを研究室に持ち帰り、GH 結晶については粉末 X 線回折測定、ラマン分光測定、熱量測定を実施した。ガス試料については、ガスクロマトグラフを用いたガス組成分析、および炭化水素ガス等の安定同位体分析を行なった。また一方では、GH に及ぼす生成環境が結晶特性にどのような影響を与えるか、を知るために各種人工 GH を生成し、天然 GH と同様の分析を合わせて行なった。

## 4. 研究成果

サハリン島南西沖タートルトラフにおいて、2014-2015 年に計 2 回の調査航海が実施され、計 6 本の天然ガスハイドレート含有堆積物コアの採取に成功した。結晶解析、ガス・水分析等を行なった結果、炭素同位体比が -40‰ 台の熱分解起源と判断されるメタンを主として包接した構造 I 型結晶であることが明らかにされた。このような産状は他に日本海上越沖とロシア・バイカル湖にしかなく、構造 II 型出現を促す熱分解起源エタン、プロパン、ブタン等が少ないことが本質的要因である。一方で、実は微生物によってメタンに還元される CO<sub>2</sub> の炭素同位体比が元々大きい、すなわち微生物起源ガスではないか、との仮説も成り立つ。そこで 2016 年には、比較研究のためにロシア・バイカル湖の熱分解起源メタンが湧出する地点でのハイドレート試料採取を実施し、同様の試料解析を行ない、海水・淡水環境下での違いを検討した。その結果、包接メタンの水素同位体比が炭素同位体比とともに増加する傾向から、タートルトラフ(海域)・バイカル湖(陸域)ともに堆積層深部から供給される熱分解起源メタンであることが示唆された。

一方、実験室研究では GH のガス包蔵性に及ぼす温度・圧力環境や硫化水素等の成分の影響、ハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別に及ぼす堆積物粒子の効果、天然ガスハイドレートおよび各種ガスを包接した人工ハイドレートのラマン分光分析及び解離熱測定、結晶表面でのガス交換過程に関わるガスハイドレート比表面積の減少過程

等に関する知見を得た。特に、バイカル湖で見られるメタン・エタン系混合ガスハイドレートの解離特性および安定同位体の変化から、構造Ⅰ型結晶が分解すると同時にエタンを濃縮した構造Ⅱ型結晶が再生成されることが実験的に証明された。

#### 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 16 件)

- ① 柿崎圭人, 八久保晶弘, 竹谷敏, 他 5 名: メタン・硫化水素混合ガスハイドレートにおけるゲストガス分子の占有性, *北海道の雪氷*, **36**, 印刷中, 2017 年 9 月, 査読無.
- ② 八久保晶弘, 谷本純香, 山崎亮, 他 7 名: 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**, 印刷中, 2017 年 9 月, 査読無.
- ③ 八久保晶弘: サハリン島沖の海底表層型ガスハイドレート, *雪氷*, **79**(4), 印刷中, 2017 年 7 月, 査読有.
- ④ Krylov, A. A., O. M. Khlystov, A. Hachikubo, and 6 authors: 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), *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, **12**(1), doi:10.17353/2070-5379/8\_2017, 2017 年 3 月, 査読有.
- ⑤ Kalmychkov, G. V., B. G. Pokrovsky, A. Hachikubo, O. M. Khlystov: Geochemical Characteristics of Methane from Sediments of the Underwater High Posolskaya Bank (Lake Baikal), *Lithology and Mineral Resources*, **52**(2), 102-110, doi:10.1134/S0024490217020055, 2017 年 3 月, IF=0.328, 査読有.
- ⑥ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタン・エタン混合ガスハイドレート解離時のエタン安定同位体分別, *北海道の雪氷*, **35**, 99-102, 2016 年 9 月, 査読無.
- ⑦ 八久保晶弘, 他 10 名: 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, *北海道の雪氷*, **35**, 95-98, 2016 年 9 月, 査読無.
- ⑧ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: 細孔中に生成したメタンハイドレートの熱分析およびメタン安定同位体分析, *雪氷*, **78**(5), 281-290, 2016 年 9 月, 査読有.
- ⑨ 南尚嗣, 坂上寛敏, 八久保晶弘, 山下聡, 庄子仁, 高橋信夫: サハリン北東沖の海底表層型メタンハイドレート—間隙水中の溶存イオンによるメタンフラックス評価—, *低温科学*, **74**, 153-161, doi:10.14943/lowtemsci.74.153, 2016 年 3 月, 査読有.
- ⑩ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: シリカゲル細孔に生成した MH の熱分析および安定同位体分析, *北海道の雪氷*, **34**, 19-22, 2015 年 9

月, 査読無.

- ⑪ Hachikubo, A., K. Yanagawa, H. Tomaru, H. Lu, R. Matsumoto: Molecular and isotopic composition of volatiles in gas hydrates and in pore water from Joetsu Basin, eastern margin of Japan Sea, *Energies*, **8**, 4647-4666, doi:10.3390/en8064647, 2015 年 5 月, IF=2.072, 査読有.
- ⑫ Derkachev, A. N., N. A. Nikolaeva, B. V. Baranov, N. N. Barinov, A. V. Mozherovskiy, H. Minami, A. Hachikubo, H. Shoji: Manifestation of carbonate — barite mineralization around methane seeps in the Sea of Okhotsk (the western slope of the Kuril Basin), *Oceanology*, **55**(3), 390-399, doi:10.1134/S0001437015030029, 2015 年 5 月, IF=0.487, 査読有.
- ⑬ Takeya, S., H. Fujihisa, A. Hachikubo, H. Sakagami, Y. Gotoh: Distribution of butane in the host water cage of structure II clathrate hydrates, *Chemistry A European Journal*, **20**(51), 17207-17213, doi:10.1002/chem.201403575, 2014 年 12 月, IF=5.696, 査読有.
- ⑭ 清水勇希, 八久保晶弘, 竹谷敏, 青木輝夫: メタンハイドレートの比表面積の測定, *北海道の雪氷*, **33**, 117-120, 2014 年 9 月, 査読無.
- ⑮ Minami, H., A. Hachikubo, and 11 authors: Sequentially sampled gas hydrate water, coupled with pore water and bottom water isotopic and ionic signatures at the Kukuy mud volcano, Lake Baikal: ambiguous deep-rooted source of hydrate-forming water, *Geo-Marine Letters*, **34**(2-3), 241-251, doi:10.1007/s00367-014-0364-4, 2014 年 5 月, IF=2.062, 査読有.

[学会発表] (計 79 件)

- ① 柿崎圭人, 八久保晶弘, 竹谷敏, 他 5 名: ゲストガスの硫化水素が天然ガスハイドレートの水和数の推定に及ぼす影響, 日本エネルギー学会第 26 回大会, ウィンクあいち (愛知県名古屋), 2017 年 8 月 1-2 日.
- ② 小関貴弘, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏: ガスハイドレート生成時のゲスト分子の安定同位体分別に関する考察, 日本エネルギー学会第 26 回大会, ウィンクあいち (愛知県名古屋), 2017 年 8 月 1-2 日.
- ③ 柿崎圭人, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタン・硫化水素系混合ガスハイドレートのラマン分光分析, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2017 年 5 月 22 日.
- ④ 小関貴弘, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏: 窒素ハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別過程, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2017 年 5 月 22 日.
- ⑤ 八久保晶弘, 柿崎圭人, 大野浩, 竹谷敏: N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> および Ar ハイドレートの解離熱測定, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2017 年 5 月 22 日.
- ⑥ 八久保晶弘, 山崎亮, 北桃生, 竹谷敏, 他

6 名: 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, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2017 年 5 月 22 日.

⑦ 八久保晶弘, 谷本純香, 山崎亮, 他 7 名: 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 —, 日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 北海道大学 (北海道札幌市), 2017 年 5 月 13 日.

⑧ 内田夢希, 八久保晶弘, 竹谷敏, 青木輝夫: 高圧条件下における氷球およびガスハイドレートの比表面積の時間変化, 第 8 回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-8), 産総研 (東京都江東区), 2016 年 12 月 8 日.

⑨ 小関貴弘, 八久保晶弘: 人工メタンハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別係数の温度依存性, 第 8 回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-8), 産総研 (東京都江東区), 2016 年 12 月 8 日.

⑩ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタン・エタン系混合ガスハイドレート解離時の二次生成にともなうエタン安定同位体分別, 第 8 回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-8), 産総研 (東京都江東区), 2016 年 12 月 7 日.

⑪ 八久保晶弘, 三輪昌輝, 坂上寛敏, 他 7 名: オホーツク海南縁部のガスブルーム周辺の堆積物ガス分析, 第 8 回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-8), 産総研 (東京都江東区), 2016 年 12 月 7 日.

⑫ 八久保晶弘, 太田有香, Y. K. Jin, A. Obzhairov, 竹谷敏, 他 5 名: サハリン島南西沖タートルトラフで採取された天然ガスハイドレートの特徴について, 第 8 回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-8), 産総研 (東京都江東区), 2016 年 12 月 7 日.

⑬ 八久保晶弘, 太田有香, 竹谷敏, 他 9 名: バイカル湖南湖盆 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, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 30 日.

⑭ 谷本純香, 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏, 他 4 名: メタンハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別に及ぼす堆積物の効果, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑮ 小久保賢悟, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏: 窒素および酸素ハイドレートの解離熱, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑯ 柿崎圭人, 八久保晶弘, Y. K. Jin, A. Obzhairov, 竹谷敏, 他 3 名: 天然ガスハイドレートの水和数の水深依存性, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑰ 及川春佳, 八久保晶弘, Y. K. Jin, A. Obzhairov, 竹谷敏, 他 3 名: サハリン島南西沖および北海道網走沖の天然ガスハイドレートの解離熱測定, 雪氷研究大会 2016・名古屋,

名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑱ 山崎亮, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏: 窒素ハイドレート生成時の窒素安定同位体分別, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑲ 内田夢希, 八久保晶弘, 竹谷敏, 青木輝夫: 高圧条件下における氷球およびガスハイドレートの比表面積の減少過程, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

⑳ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタン・エタン系混合ガスハイドレート解離時における結晶構造の変化とゲストガス安定同位体分別, 雪氷研究大会 2016・名古屋, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2016 年 9 月 29 日.

㉑ Hachikubo, A., Y. Oota, H. Sakagami, and 8 authors: Double structure gas hydrates discovered at the southern basin of Lake Baikal, 13th International Conference on Gas in Marine Sediments, Tromso, Norway, 2016 年 9 月 21 日.

㉒ Hachikubo, A., S. Takeya, M. Konishi, H. Sakagami, S. Yamasaki, H. Minami, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji: Natural gas hydrates retrieved off Abashiri (eastern Hokkaido), the Sea of Okhotsk, 13th International Conference on Gas in Marine Sediments, Tromso, Norway, 2016 年 9 月 21 日.

㉓ Hachikubo, A., Y. Oota, S. Takeya, and 9 authors: Hydrate-bound thermogenic methane retrieved at the Tatar Trough, off southwestern Sakhalin Island, 13th International Conference on Gas in Marine Sediments, Tromso, Norway, 2016 年 9 月 21 日.

㉔ Obzhairov, A., H. Minami, Y. K. Jin, B. Baranov, A. Hachikubo: Gas hydrate is indicator of active zones faults and oil-gas deposit, 13th International Conference on Gas in Marine Sediments, Tromso, Norway, 2016 年 9 月 19 日.

㉕ Lee, D. H., Y. K. Jin, H. Minami, A. Hachikubo, and 3 authors: Active methane cycling studied by molecular biomarkers and stable isotope in the sediment of Sakhalin continental slope, The 26th Goldschmidt Conference, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市), 2016 年 6 月 26 日-7 月 1 日.

㉖ Takeya, S., A. Hachikubo, H. Sakagami, and 3 authors: Nondestructive Imaging of Natural Gas Hydrate Using Phase Contrast X-ray Imaging Method, Fiery Ice 2016, Honolulu, Hawaii, USA, 2016 年 6 月 15-17 日.

㉗ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: 結晶構造 II 型のメタン・エタン混合ガスハイドレート生成時におけるエタン安定同位体分別, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2016 年 5 月 23 日.

㉘ 太田有香, 八久保晶弘, 他 8 名: 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, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2016 年 5 月 23 日.

- ⑳ 八久保晶弘, 竹谷敏, 他 7 名: オホーツク海網走沖の天然ガスハイドレートの特徴, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2016 年 5 月 23 日.
- ㉑ 八久保晶弘, 太田有香, 竹谷敏, 他 9 名: 熱分解起源メタンを包接する結晶構造 I 型の天然ガスハイドレートの特徴, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2016 年 5 月 23 日.
- ㉒ 八久保晶弘, 太田有香, 他 9 名: 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, 日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 北海道大学 (北海道札幌市), 2016 年 5 月 15 日.
- ㉓ Jin, Y. K., B. Baranov, A. Obzhairov, A. Salomatin, A. Derkachev, A. Hachikubo, H. Minami, J. K. Hong: Investigation of shallow gas hydrate occurrence and gas seep activity on the Sakhalin continental slope, Russia, European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 2016 年 4 月 17-22 日.
- ㉔ 八久保晶弘, 太田有香, 坂上寛敏, 他 7 名: ロシア・バイカル湖天然ガスハイドレートの結晶特性および包接ガスの多様性, 第 7 回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-7), 産総研 (東京都江東区), 2015 年 12 月 2 日.
- ㉕ 八久保晶弘, 坂上寛敏, 竹谷敏, 他 5 名: オホーツク海網走沖で得られた天然ガスハイドレートの結晶学的特徴および包接ガス特性, 第 7 回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-7), 産総研 (東京都江東区), 2015 年 12 月 2 日.
- ㉖ Lee, D. H., Y. K. Jin, J. K. Gal, H. Minami, A. Hachikubo, K. H. Shin: Geochemical signature of methane-related archaea associated with gas hydrate occurrences in the gas-chimney on the Sakhalin continental slope, The 8th International Conference on Asian Marine Geology (ICAMG-8), Jeju Island, Korea, 2015 年 10 月 5-10 日.
- ㉗ Jin, Y. K., B. Baranov, A. Obzhairov, A. Salomatin, A. Hachikubo, H. Minami: Shallow gas hydrate occurrences and its related phenomena on the Sakhalin continental slope, Russia, The 8th International Conference on Asian Marine Geology (ICAMG-8), Jeju Island, Korea, 2015 年 10 月 5-10 日.
- ㉘ Minami, H., A. Hachikubo, H. Sakagami, and 6 authors: Ionic and isotopic analyses of pore waters from gas hydrate-bearing sediment cores retrieved at Tatarsky trough off Sakhalin Island, Russia, The 8th International Conference on Asian Marine Geology (ICAMG-8), Jeju Island, Korea, 2015 年 10 月 5-10 日.
- ㉙ Hachikubo, A., Y. K. Jin, S. Takeya, and 7 authors: Characteristics of natural gas hydrates retrieved from Tatarsky Trough, off the south western Sakhalin Island, The 8th International Conference on Asian Marine Geology (ICAMG-8), Jeju Island, Korea, 2015 年 10 月 5-10 日.
- ㉚ 竹谷敏, 伏屋豪, 八久保晶弘: ヘキサン異性体を包接したガスハイドレートの X 線結晶構造解析, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㉛ 伏屋豪, 八久保晶弘, 竹谷敏: ヘキサン異性体を包接したガスハイドレートのラマン分光分析, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㉜ 長谷川拓海, 太田有香, 清水勇希, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタンハイドレートの水和数に及ぼす温度・圧力 (水深) の影響, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㉝ 辻瑛一, 太田有香, 清水勇希, 八久保晶弘: メタンハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別の温度・圧力依存性, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㉞ 内田夢希, 清水勇希, 八久保晶弘, 竹谷敏, 青木 輝夫: 長期保存下におけるメタンハイドレート比表面積の減少過程, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㉟ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタン・エタン系混合ガスハイドレート解離過程におけるゲストガス安定同位体分別, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㊱ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メソ細孔中のメタンハイドレートの安定同位体分別, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㊲ 清水勇希, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏, 青木輝夫: メタンハイドレート表面へのメタン吸着に関する検討, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㊳ 八久保晶弘, 太田有香, G. Kalmychkov, and 7 authors: バイカル湖南湖盆・中央湖盆の天然ガスハイドレートに含まれるエタンの起源, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㊴ 八久保晶弘, 太田有香, 他 12 名: サハリン島南西沖の天然ガスハイドレートのガス起源について, 雪氷研究大会 2015・松本, 信州大学 (長野県松本市), 2015 年 9 月 14 日.
- ㊵ Oota, Y., A. Hachikubo, S. Takeya: Micro-pore effect on dissociation process of methane hydrate and isotopic fractionation of guest molecules, The 6th Vereshchagin Baikal Conference, Irkutsk, Russia, 2015 年 9 月 7-12 日.
- ㊶ Oota, Y., A. Hachikubo, S. Takeya: Secondary formation of sII gas hydrate during dissociation of sI mixed-gas hydrate composed of methane and ethane, The 6th Vereshchagin Baikal Conference, Irkutsk, Russia, 2015 年 9 月 7-12 日.
- ㊷ Hachikubo, A., Y. Oota, Y. Shimizu, S. Takeya, and 7 authors: Effect of water depth on hydration number of methane hydrate, The 6th

Vereshchagin Baikal Conference, Irkutsk, Russia, 2015年9月7-12日.

⑤② Hachikubo, A., Y. Oota, Y. Shimizu, S. Takeya, and 7 authors: Regional characteristics of hydrate-bound hydrocarbons in Lake Baikal, The 6th Vereshchagin Baikal Conference, Irkutsk, Russia, 2015年9月7-12日.

⑤③ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: 構造 I 型結晶のメタン・エタン混合ガスハイドレートの解離時における構造 II 型結晶の二次生成, 日本エネルギー学会第 24 回大会, 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市), 2015年8月3日.

⑤④ 清水勇希, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏, 青木輝夫: ガス吸着法を用いた各種ガスハイドレートの比表面積測定, 日本エネルギー学会第 24 回大会, 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市), 2015年8月3日.

⑤⑤ 八久保晶弘, 淀川貴雅, 堀彰, 竹谷敏: ハイドレートに包接された炭化水素ガスのラマンシフト, 日本エネルギー学会第 24 回大会, 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市), 2015年8月3日.

⑤⑥ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: 結晶構造 I 型のメタン・エタン混合ガスハイドレート解離時における結晶構造 II 型の結晶二次生成, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2015年5月28日.

⑤⑦ 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他 7 名: バイカル湖中央湖盆北部の天然ガスハイドレートの特徴, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2015年5月28日.

⑤⑧ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: メタンハイドレート解離特性およびゲストガス安定同位体分別に及ぼす細孔効果, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2015年5月27日.

⑤⑨ 八久保晶弘, 他 8 名: サハリン島沖ガスハイドレート胚胎域の間隙水溶存ガス, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ (千葉県千葉市), 2015年5月27日.

⑥⑩ Lee, D. H., Y. K. Jin, J. K. Gal, H. Minami, A. Hachikubo, K. H. Shin: Geochemical signature of methane-related archaea associated with gas hydrate occurrences on the Sakhalin slope, European Geosciences Union General Assembly 2015, Vienna, Austria, 2015年4月12-17日.

⑥⑪ 清水勇希, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏, 青木輝夫: メタンハイドレート解離過程における比表面積測定, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑫ 淀川貴雅, 八久保晶弘, 竹谷敏: イソペンタンを包接するガスハイドレートの結晶構造, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑬ 中山侑也, 清水勇希, 八久保晶弘: メタンハイドレートの水和数の圧力依存性, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑭ 中山侑也, 八久保晶弘, 奥田充, 竹谷敏: メタン・プロパン混合ガスハイドレートのラマン分光分析, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑮ 太田有香, 八久保晶弘, 竹谷敏: シリカゲル孔隙中に生成したメタンハイドレートの熱分析および安定同位体分析, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑯ 八久保晶弘, 清水勇希, 他 8 名: バイカル湖天然ガスハイドレートのゲストガスの地域的特徴, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月21日.

⑥⑰ 八久保晶弘, 清水勇希, O. Vereshchagina, 坂上寛敏, 南尚嗣, 山下聡, 高橋信夫, 庄子仁, 竹谷敏, 他 4 名: サハリン島西方沖タートルトラフの天然ガスハイドレートの特徴, 雪氷研究大会 2014・八戸, 八戸工業大学 (青森県八戸市), 2014年9月20日.

⑥⑱ Hachikubo, A., H. Sakagami, and 7 authors: Gas hydrate characteristics retrieved off southeastern and southwestern Sakhalin Island, 12th International Conference on Gas in Marine Sediments, Taipei, Taiwan, 2014年9月1-6日.

⑥⑲ Khlystov, O., M. De Batist, H. Shoji, A. Khabuev, O. Belousov, G. Kalmychkov, A. Manakov, H. Minami, A. Hachikubo, S. Nishio, L. Naudts: Location and characterization of gas hydrates in Lake Baikal, 8th International Conference on Gas Hydrates, Beijing, China, 2014年7月28日-8月1日.

⑦⑰ 八久保晶弘, 他 8 名: サハリン島南東・南西沖の天然ガスハイドレートの特徴, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市), 2014年4月29日.

[図書] (計 1 件)

河村公隆, 他編, 低温環境の科学辞典, 朝倉書店, 432pp., 2016年07月25日

[その他]

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/>

北見工業大学社会環境工学領域ハイドレート研究室

<http://cee.civil.kitami-it.ac.jp/study/hydrate/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

八久保 晶弘 (HACHIKUBO Akihiro)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号: 50312450

(2)研究分担者

竹谷 敏 (TAKEYA Satoshi)

独立行政法人産業技術総合研究所・物質計測標準研究部門・主任研究員

研究者番号: 40357421