

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22540485

研究課題名（和文） 天然ガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす多成分系ガスの影響

研究課題名（英文） Effect of multicomponent gas on stability of crystallographic structure of natural gas hydrates

研究代表者

八久保 晶弘 (HACHIKUBO AKIHIRO)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：50312450

研究成果の概要（和文）：

低級炭化水素やCO₂・硫化水素など複雑な多成分系で構成される天然ガスハイドレートでは、ゲストガス成分が結晶構造や水和数などの結晶物性を決定する。本研究では、バイカル湖およびサハリン島沖の天然ガスハイドレート結晶および人工ガスハイドレート結晶について、ガス分析ならびに結晶解析を実施し、多成分系ガスが天然ガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす影響を調べた。

研究成果の概要（英文）：

Natural gas hydrates contain light alkanes, CO₂, and hydrogen sulfide. These guest gas components decide crystallographic properties of natural gas hydrates. This study showed results of gas analysis and crystallographic characteristics not only for natural samples retrieved at Lake Baikal and off Sakhalin Island, but also for synthetic mixed-gas hydrates, to clarify the effect of multicomponent gases on stability of natural gas hydrates.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：ガスハイドレート、メタン、ブタン、硫化水素

1. 研究開始当初の背景

ガスハイドレート（以下、GH）は、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、低温・高圧環境下で安定な結晶である。近年、海底・湖底堆積物中に存在する天然GHが新しいエネルギー資源として注目される一方、地球環境システムにおける振る舞いや役割の解明が期待されている。例えば、海底下の温度・圧力条件が何らかの原因で変化すれば、GH鉱床の解離・崩壊が海底地滑りの原因となり、温室効果ガスであるメタンの大量放出が地球規模の気候変動

を引き起こす可能性がある。

北見工業大学環境・エネルギー研究推進センターは、ロシア・ベルギー・韓国との国際共同研究体制の下、平成13年度よりサハリン島沖・バイカル湖にて野外調査を継続し、水底下わずか1m深程度の堆積物中に塊状や層状、脈状に産する表層型GHを多数採取してきた。結晶分析・ガス分析の結果、異なるGH結晶構造の混在した産状が見つかるなど、これまでに多数の発見がもたらされた。メタンを主成分（99%以上）とする微生物起源ガスは結晶構造I型をとり、純粋なメタンハイ

ドレートに極めて近い一方、熱分解起源エタンの混入により結晶構造Ⅱ型が出現することなどが判明した。すなわち、多成分系ガス組成が結晶構造をコントロールし、ガス包蔵性に関わるケージ占有率などを決定している。しかしながら、多成分系混合 GH の結晶物性に関する現段階での知見は断片的であり、また一方では未知のゲストガス成分の天然 GH 発見が期待されている。

2. 研究の目的

本研究では、天然・人工 GH を研究対象として、まずガス分析（ゲストガス組成・安定同位体比）により多成分系ガスの素性を把握し、さらに GH 研究分野において十分確立・検証された信頼性の高い解析手法である PXRD 分析・ラマン分光分析により、試料の素性（結晶構造・水和数・ガス成分毎のケージ占有率）を明らかにした。天然 GH 試料は、ロシア・バイカル湖およびサハリン島沖で実施される国際共同研究プロジェクトから得た。人工 GH 試料については、既にメタン・エタン系やメタン・CO₂系で研究代表者らが確立した混合 GH 試料生成法を用いて、バイカル湖天然 GH の主要ガス成分として検出されるプロパンやブタン等の炭化水素、およびオホーツク海天然 GH に含まれる硫化水素に焦点をあて、これらの成分がガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす影響を調べた。

3. 研究の方法

バイカル湖・サハリン島沖で採取された天然 GH、ならびに人工的に合成された混合 GH に関して、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比分析を実施した。また、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。

4. 研究成果

サハリン島沖では 2010 年～2012 年に計 3 回の調査航海が実施された。まず、北東沖の Lavrentyev 断層南側の新領域で GH が採取された。メタン・エタン炭素同位体比から、堆積物表層の活発な微生物活動で作られた炭化水素ガスを GH が取り込んでいると推測される。しかしながら、GH 採取地点から遠ざかるほどこれらの炭素同位体比はさらに小さくなること、また GH 含有堆積物コアは周辺と比較してエタンの割合がやや大きいことから、わずかではあるが熱分解起源ガスの寄与があるとみられる。結晶構造はⅠ型であり、水和数・解離熱とも Lavrentyev 断層北側の従来の試料と変わらなかった。2012 年にはサハリン島南東沖テルペニヤリッジ、および南西沖タートルトラフにて GH が初めて採取された（いずれも結晶構造Ⅰ型）。ガス分析結

果からは、前者がこれまでにサハリン島北東沖で見ついているタイプと類似している一方、後者の試料は熱分解起源メタンを包接し、エタン・プロパン等の成分が少ないために結晶構造Ⅰ型が生成したと推察される。このガス組成等の条件は日本海上越沖で見ついている表層型 GH と酷似しており、熱分解起源メタンからどのようにエタン・プロパン等が除去されたのか、などの疑問点の解明が今後の課題となる。

バイカル湖では、2010 年～2012 年の 3 年間で計 16 ヶ所の新地点で GH が採取された。また、中央湖盆南部の Kukuy K-3、K-4、K-10 泥火山と Kukuy Pockmark、および南湖盆東部の PosolBank ガス湧出域において、GH 解離ガスから高濃度（炭化水素ガスの約 14%）のエタンを検出した。結晶構造Ⅱ型が最初に見つかった Kukuy K-2 泥火山の同様の、構造Ⅰ型の塊状 GH の上部に直径数 mm の粒子状構造Ⅱ型 GH が存在する産状は、中央湖盆から南湖盆にかけてひろくみられることから、何らかの普遍的な生成過程によるものと考えられる。これらの一部の結晶についてはラマン分析・PXRD 分析が実施され、結晶構造が同定された。また、中央湖盆北側の Gorevoy Utes オイルシーブ域では原油の混じった GH が採取された。ハイドレート解離ガスにはエタン・プロパン・ブタンなどの炭化水素はほとんどなく、ロシア側の研究者が実施した PXRD 解析の結果、結晶構造Ⅰ型であることが確認された。2002 年からの 10 年以上にわたる調査の結果、GH 結晶に包接される微生物起源・熱分解起源ガスの端成分が明らかとなり、これらの混合系として多様なガス成分が GH を形成していることが分かった。一方では、北湖盆の温泉地帯では安定同位体比の極端に異なる非生物起源メタンが採取され、このことはバイカルリフト帯で深部からガスが供給されている可能性を示し、非生物起源メタンを包接する GH が今後採取される可能性を示している。

バイカル湖の構造Ⅱ型 GH には、ブタンおよびペンタンが包接されていることがガス分析結果から示唆されている。そこで、イソブタン・ノルマルブタン・ネオペンタンを包接する人工 GH 試料を作成し、PXRD 分析およびラマン分光分析を実施した。作成された GH 試料は構造Ⅱ型で、リートベルト解析の結果、メタン・ブタン系混合 GH ではイソブタン・ノルマルブタンともに大ケージの中心付近に等方的に分布することが判明した。また、構造Ⅱ型の大ケージに入ったブタン・ペンタン分子のラマンピークを測定するため、分子径の小さい希ガスをヘルプガスとして試料を生成し、メタンやエタン等、他の炭化水素ガスを含まない状態でのこれらのラマンピークを同定した。こうしたデータは将来、

ラマン分光分析によって試料非破壊で包接分子の素性を把握するための基礎試料となる。さらに、メタン・硫化水素系混合 GH を人工的に生成し、解離熱測定を実施した。純粋な硫化水素 GH の解離熱は相図から求められた推定値（文献値）と一致し、混合系では結晶構造の変化はみられず、混合 GH の解離熱はメタン・硫化水素それぞれの純粋な GH 解離熱のおおむね中間にあることがわかった。

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 2 1 件)

- 1 Takeya, S., H. Fujihisa, Y. Gotoh, V. Istomin, E. Chuvilin, H. Sakagami, A. Hachikubo: Methane clathrate hydrates formed within hydrophilic and hydrophobic media: kinetics of dissociation and distortion of host structure, *Journal of Physical Chemistry C*, **117**, 7081-7085, doi: 10.1021/jp312297h, 2013 年 4 月, *IF=4.805*, **査読有**.
- 2 Manakov, A. Yu., O. M. Khlystov, A. Hachikubo, A. G. Ogienko: A physicochemical model for the formation of gas hydrates of different structural types in K-2 mud volcano (*Kukui Canyon, Lake Baikal*), *Russian Geology and Geophysics*, **54**, 475-482, doi: 10.1016/j.rgg.2013.03.009, 2013 年 4 月, *IF=1.030*, **査読有**.
- 3 八久保晶弘: 天然ガスハイドレート結晶構造に及ぼすガスの組成とその起源
ロシア・バイカル湖の結晶構造 II 型ハイドレートの例, *低温科学*, **71**, 141-151, 2013 年 3 月, **査読有**.
- 4 Khlystov, O., M. De Batist, H. Shoji, A. Hachikubo, S. Nishio, L. Naudts, J. Poort, A. Khabuev, O. Belousov, A. Manakov, G. Kalmychkov: Gas hydrate of Lake Baikal: Discovery and varieties, *Journal of Asian Earth Sciences*, **62**, 162-166, doi:10.1016/j.jseaes.2012.03.009, 2013 年 1 月, *IF=2.215*, **査読有**.
- 5 山下聡, 出羽寛信, 八久保晶弘, 南尚嗣, 片岡沙都紀, 川口貴之, 坂上寛敏, 高橋信夫, 庄子仁: 表層型ガスハイドレート賦存海底・湖底地盤から採取した堆積土の土質特性 - 間隙水溶存ガスの気化に伴う堆積土の試料乱れ評価 -, *地盤工学ジャーナル*, **7(4)**, 503-516, doi:10.3208/jgs.7.503, 2012 年 12 月, **査読有**.
- 6 Minami, H., K. Tatsumi, A. Hachikubo, S. Yamashita, H. Sakagami, N. Takahashi, H. Shoji, Y. K. Jin, A. Obzhirov, N. Nikolaeva, A. Derkachev: Possible variation in methane flux caused by gas hydrate formation off Sakhalin Island, Russia, *Geo-Marine Letters*, **32(5-6)**, 525-534, doi:10.1007/s00367-012-0287-x, 2012 年 11 月, *IF=1.73*, **査読有**.
- 7 Sakagami, H., N. Takahashi, A. Hachikubo, H. Minami, S. Yamashita, H. Shoji, O. Khlystov, G. Kalmychkov, M. Grachev, M. De Batist: Molecular and isotopic composition of hydrate-bound gases and sediment gases by an improved headspace gas method at the southern basin of Lake Baikal, *Geo-Marine Letters*, **32(5-6)**, 465-472, doi:10.1007/s00367-012-0294-y, 2012 年 11 月, *IF=1.73*, **査読有**.
- 8 Hachikubo, A., O. Khlystov, M. Kida, H. Sakagami, H. Minami, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, G. Kalmychkov, J. Poort: Raman spectroscopic and calorimetric observations on natural gas hydrates obtained from southern and central Lake Baikal, *Geo-Marine Letters*, **32(5-6)**, 419-426, doi:10.1007/s00367-012-0285-z, 2012 年 11 月, *IF=1.73*, **査読有**.
- 9 Poort, J., O. M. Khlystov, L. Naudts, A. D. Duchkov, H. Shoji, S. Nishio, M. De Batist, A. Hachikubo, M. Kida, H. Minami, A. Y. Manakov, M. V. Kulikova, A. A. Krylov: Low thermal anomalies associated with double structure gas hydrates in K-2 mud volcano, Lake Baikal, *Geo-Marine Letters*, **32(5-6)**, 407-417, doi:10.1007/s00367-012-0292-0, 2012 年 11 月, *IF=1.73*, **査読有**.
- 10 八久保晶弘, 柳川勝紀, 戸丸仁, 松本良: 日本海東縁ガスハイドレート調査 (MD179) で得られた海底表層堆積物中の間隙水溶存ガス分析, *石油技術協会誌*, **77(4)**, 268-273, doi:10.3720/japt.77.268, 2012 年 9 月, **査読有**.
- 11 Hachikubo, A., S. Takeya, E. Chuvilin, V. Istomin: Preservation phenomena of methane hydrate in pore spaces, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **13**, 17449-17452, doi:10.1039/c1cp22353d, 2011 年 9 月, *IF=3.453*, **査読有**.
- 12 Kalmychkov, G. V., A. Hachikubo, A. V. Egorov, O. M. Khlystov, T. M. Zemskaya: Geochemical characteristics of Lake Baikal methane, *Proceedings of All-Russian Scientific Conference "Theoretical and practical aspects of studies of natural and artificial gas hydrates"*, 24-28 August, 2011, Yakutsk, Russia, 75-82, 2011 年 8 月, **査読無**.
- 13 Takeya, S., H. Sakagami, A. Hachikubo: Crystal structure and stability of butane

- clathrate hydrate, *Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, <http://www.pet.hw.ac.uk/icgh7/papers/icgh2011Final00018.pdf>, 2011年7月, 査読無.
- 14 Minami, H., H. Sakagami, A. Hachikubo, S. Yamashita, K. Tatsumi, N. Takahashi, H. Shoji, Y. K. Jin, A. Obzhirov: Geochemical studies of LV47 gas hydrate-bearing sediment cores and pore waters retrieved from the continental slope offshore Sakhalin Island, Russia, *Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, <http://www.pet.hw.ac.uk/icgh7/papers/icgh2011Final00422.pdf>, 2011年7月, 査読無.
- 15 Hachikubo, A., H. Tomaru, R. Matsumoto: Molecular and isotopic characteristics of hydrocarbons in sediments and gas hydrate at eastern margin of Japan Sea, *Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, <http://www.pet.hw.ac.uk/icgh7/papers/icgh2011Final00017.pdf>, 2011年7月, 査読無.
- 16 Hachikubo, A., K. Tatsumi, H. Sakagami, H. Minami, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, Y. K. Jin, O. Vereshchagina, A. Obzhirov: Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound hydrocarbons in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, <http://www.pet.hw.ac.uk/icgh7/papers/icgh2011Final00014.pdf>, 2011年7月, 査読無.
- 17 八久保晶弘: 天然ガスハイドレートのラマン分光分析, *Jasco Report*, **53**(1), 6-11, 2011年5月, 査読無.
- 18 Hachikubo, A., S. Takeya, E. Chuvilin, V. Istomin: Calorimetric and powder X-ray diffraction studies on dissociation of methane hydrate in porous media, *Physics and Chemistry of Ice 2010, 12th International Conference on the Physics and Chemistry of Ice*, 5-10 September, 2010, Sapporo, 197-202, 2011年3月, 査読有.
- 19 Krylov, A.A., O.M. Khlystov, A. Hachikubo, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, T.I. Zenskaya, L. Naudts, T.V. Pogodaeva, M. Kida, G.V. Kalmychkov, J. Poort: Isotopic composition of dissolved inorganic carbon in subsurface sediments of gas hydrate-bearing mud volcanoes, Lake Baikal: implications for methane and carbonate origin, *Geo-Marine Letters*, **30**, 427-437, doi:10.1007/s00367-010-0190-2, 2010年6月, *IF=1.73*, 査読有.
- 20 Hachikubo, A., O. Khlystov, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, S. Nishio, M. Kida, T. Ebinuma, G. Kalmychkov, J. Poort: Molecular and isotopic characteristics of gas hydrate-bound hydrocarbons in southern and central Lake Baikal, *Geo-Marine Letters*, **30**, 321-329, doi:10.1007/s00367-010-0203-1, 2010年6月, *IF=1.73*, 査読有.
- 21 Hachikubo, A., A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, T. Matveeva, Y. K. Jin, A. Obzhirov: Isotopic composition of gas hydrates in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *Geo-Marine Letters*, **30**, 313-319, doi:10.1007/s00367-009-0178-y, 2010年6月, *IF=1.73*, 査読有.
- (学会発表)(計42件)
- 1 八久保晶弘, 小竹毅, 坂上寛敏, 他7名: サハリン島沖テルペニヤリッジおよびブタールトラフの天然ガスハイドレート, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 幕張, 2013年5月.
- 2 八久保晶弘, 小竹毅, 坂上寛敏, 他7名: バイカル湖における結晶構造 II 型ガスハイドレートの分布, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 幕張, 2013年5月.
- 3 八久保晶弘, 竹谷敏, 坂上寛敏, 庄子仁: メタン・硫化水素系混合ガスハイドレートの解離熱およびラマンスペクトル, 第4回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-4), 東京, 2012年12月.
- 4 八久保晶弘: ガスハイドレートのゲストガス同位体分別, 低温科学研究所萌芽研究 研究集会「H₂Oを科学する・2012」, 札幌, 2012年12月.
- 5 竹谷敏, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 藤久裕司, 後藤義人: ブタン+メタン混合ガスハイドレートにおけるゲスト分子の占有性, 第53回高圧討論会, 大阪, 2012年11月.
- 6 Sakagami, H., N. Takahashi, A. Hachikubo, and 7 authors: Molecular and isotopic composition of hydrate-bound and dissolved gases in the central basin of Lake Baikal, *11th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 4 - 7 September, 2012, Nice, France, 2012年9月.
- 7 Minami, H., A. Hachikubo, H. Sakagami, and 11 authors: Chemical and isotopic compositions of gas hydrate waters retrieved from Kukuy K-9 mud volcano in Lake Baikal, Russia, *11th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 4 - 7 September, 2012, Nice, France, 2012年9月.

- 8 Hachikubo, A., H. Sakagami, and 7 authors: Characteristics of hydrate-bound gas and dissolved gas in pore water off Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *11th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 4 - 7 September, 2012, Nice, France, 2012年9月.
- 9 Takeya, S., A. Hachikubo, E. Chuvilin, V. Istomin: Structure of methane clathrate hydrate formed within different size of pore spaces, *2012 Fiery Ice, 8th International Workshop on Methane Hydrate Research & Development*, 28 May - 1 June, 2012, Sapporo, Japan, 2012年5月.
- 10 竹谷敏, 八久保晶弘, E. Chuvilin, V. Istomin: 細孔中におけるメタンハイドレートの分解機構, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 幕張, 2012年5月.
- 11 八久保晶弘, 他 8 名: オホーツク海網走沖海底堆積物中の間隙水溶存ガス組成および同位体比, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 幕張, 2012年5月.
- 12 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他 7 名: ラマン分光分析および熱分析によるオホーツク海サハリン島沖ガスハイドレートの結晶学的評価, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 幕張, 2012年5月.
- 13 Hachikubo, A., H. Sakagami, and 7 authors: Natural gas hydrate in subsurface sediments obtained from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk — molecular and isotopic signatures of hydrate-bound hydrocarbons —, *6th Arctic Frontiers Conference "Energies of the High North"*, 22-27 January, 2012, Tromsø, Norway, 2012年1月.
- 14 Hachikubo, A., H. Sakagami, and 7 authors: Molecular and isotopic signatures of hydrate-bound gases retrieved from offshore of Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *International Workshop on the Korea-Russia-Japan Sakhalin Slope Gas Hydrate (SSGH) Project*, 12-16 December, 2011, Jeju, Korea, 2011年12月.
- 15 八久保晶弘, 奥田充, 庄子仁: 混合ガスハイドレートの解離熱測定, 第3回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-3), 東京, 2011年11月.
- 16 大村聖弥, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他 6 名: バイカル湖南湖盆・中央湖盆の天然ガスハイドレートの解離熱, 雪氷研究大会2011・長岡, 長岡, 2011年9月.
- 17 石原一平, 八久保晶弘, 柳川勝紀, 戸丸仁, 松本良: 日本海上越沖の天然ガスハイドレート中の微量ガス成分, 雪氷研究大会2011・長岡, 長岡, 2011年9月.
- 18 朝倉武士, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他 6 名: バイカル湖南湖盆・中央湖盆の天然ガスハイドレートの水和数, 雪氷研究大会2011・長岡, 長岡, 2011年9月.
- 19 八久保晶弘, 巽和也, 坂上寛敏, 他 7 名: バイカル湖天然ガスハイドレートのゲストガスの多様性, 雪氷研究大会2011・長岡, 長岡, 2011年9月.
- 20 Kalmychkov, G. V., A. Hachikubo, and 3 authors: Geochemical characteristics of Lake Baikal methane, *All-Russian Scientific Conference "Theoretical and practical aspects of studies of natural and artificial gas hydrates"*, 24-28 August, 2011, Yakutsk, Russia, 2011年8月.
- 21 Takeya, S., H. H. Sakagami, A. Hachikubo: Crystal structure and stability of butane clathrate hydrate, *7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, 2011年7月.
- 22 Hachikubo, A., H. Tomaru, R. Matsumoto: Molecular and isotopic characteristics of hydrocarbons in sediments and gas hydrate at eastern margin of Japan Sea, *7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, 2011年7月.
- 23 Hachikubo, A., K. Tatsumi, H. Sakagami, and 7 authors: Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound hydrocarbons in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *7th International Conference on Gas Hydrates*, 17-21 July, 2011, Edinburgh, UK, 2011年7月.
- 24 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他 7 名: オホーツク海サハリン島沖 Lavrentyev 海底断層南側の新領域で得られたガスハイドレートの特徴, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 幕張, 2011年5月.
- 25 八久保晶弘, 戸丸仁, 松本良: 日本海上越沖ガスハイドレートのガス組成および同位体比, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 幕張, 2011年5月.
- 26 Hachikubo, A., H. Sakagami, and 8 authors: Molecular and isotopic compositions of gas hydrates at the Sea of Okhotsk and Lake Baikal, *3rd International Workshop on Gas Hydrate Studies and Other Related Topics — Okhotsk Sea and Lake Baikal —*, 25 January, 2011, Kitami, Japan, 2011年1月.
- 27 Hachikubo, A., O. Khlystov, H. Sakagami, and 6 authors: Isotopic fractionation of hydrate-bound hydrocarbons in the subbottom sediments of Lake Baikal, *2010 AGU Fall Meeting*, 13-17 December, 2010,

- San Francisco, USA, 2010年12月.
- 28 八久保晶弘, 坂上寛敏, 他4名: 表層型ガスハイドレートのガス組成および安定同位体比 ~ データの解釈とその問題点~, 第2回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-2), 東京, 2010年12月.
- 29 八久保晶弘, 奥田充, 庄子仁: 混合ガスハイドレート解離熱の直接測定, 第33回極域気水圏シンポジウム, 東京, 2010年12月.
- 30 竹谷敏, 八久保晶弘, 他4名: マクロ孔内におけるメタンハイドレートの格子膨張, 雪氷研究大会2010・仙台, 仙台, 2010年9月.
- 31 Okuda, M., A. Hachikubo, H. Shoji: Dissociation heat of mixed-gas hydrate composed of methane, ethane and propane, *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 32 Sakagami, H., N. Takahashi, A. Hachikubo, and 7 authors: Onboard measurement of hydrate-bound and sediment gases at Lake Baikal, *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 33 Hachikubo, A., O. Khlystov, H. Sakagami, and 6 authors: Crystallographic properties of natural gas hydrate in the southern and central Lake Baikal, *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 34 Manakov, A., O. Khlystov, A. Hachikubo, A. Ogienko: New explanation of coexistence of cubic structure I and cubic structure II gas hydrates in the bottom sediments of Lake Baikal, *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 35 Krylov, A., E. Logvina, Y. Nunokawa, A. Hachikubo, H. Minami, T. Matveeva, H. Shoji: Formation of the authigenic carbonates related to gas seepage structures at the Derugin Basin (Sea of Okhotsk, Offshore Sakhalin), *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 36 Hachikubo, A., H. Sakagami, and 6 authors: Heterogeneous molecular composition of hydrate-bound gas in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk, *10th International Conference on Gas in Marine Sediments*, 6 - 12 September, 2010, Listvyanka, Russia, 2010年9月.
- 37 Hachikubo, A., S. Takeya, E. Chuvilin, V. Istomin: Calorimetric studies on dissociation of methane hydrate in porous media, *12th International Conference on the Physics and Chemistry of Ice*, 5 - 10 September, 2010, Sapporo, 2010年9月.
- 38 Takeya, S., Y. Gotoh, A. Hachikubo, E. Chuvilin, B. Buhanov, O. Guryeva, V. Istomin: Stability of natural gas hydrate grown in porous media, *International Glaciological Symposium of 2010*, 31 May - 3 June, 2010, Kazan, Russia, 2010年6月.
- 39 奥田充, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 庄子仁: メタン・プロパン系の混合ガスハイドレート解離熱, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張, 2010年5月.
- 40 小関貴弘, 八久保晶弘, 坂上寛敏, 南尚嗣, 庄子仁: ガスハイドレート生成時のガス同位体分別に関わる要因の考察, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張, 2010年5月.
- 41 八久保晶弘, 奥田充, 坂上寛敏, 他6名: 熱分析からみたバイカル湖ガスハイドレートのガス組成不均一性, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張, 2010年5月.
- 42 八久保晶弘, 小関貴弘, 坂上寛敏, 他7名: オホーツク海サハリン島沖ガスシーブ域における浅層コア中のガス組成・同位体比の特徴, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張, 2010年5月.

〔その他〕

北見工業大学環境・エネルギー研究推進センターホームページ

<http://www-ner.office.kitami-it.ac.jp/>

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・准教授

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・計測フロンティア研究部門・主任研究員

研究者番号: 40357421

(3) 連携研究者

坂上 寛敏 (SAKAGAMI HIROTOSHI)

北見工業大学・工学部・助教

研究者番号: 70271757