

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19550077

研究課題名（和文） 海底表層メタンハイドレート起源の化学的解析

研究課題名（英文） Chemical analyses to clarify original fluid and gas of methane hydrate in shallow marine sediments

研究代表者：南 尚嗣（MINAMI HIROTSUGU）

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：40241426

研究成果の概要：

海底表層型メタンハイドレート（MH）起源を化学的に解析する目的でロシア国サハリン島沖の湧出ストラクチャー及び参照サイトの海底表層より採取した堆積物コア中 MH の解離水、間隙水、湖水の溶存イオン濃度及び酸素・水素安定同位体比、MH 中のガス濃度及び炭素・水素安定同位体比、堆積物含水率等を測定した。その結果、海底下深部からの気体状湧昇メタンが堆積物中から海水起源の水分子を抽出して MH 生成したことを明らかにした。メタンは微生物起源が主であるがわずかな熱分解起源メタン混入も示唆された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合化学

科研費の分科・細目：分析化学

キーワード：メタンハイドレート，化学解析

1. 研究開始当初の背景

メタンハイドレート（MH）は、水分子が作る籠状の格子中にメタン分子が取り込まれたメタン水和物（包接体）の一種である。天然 MH は、水深約 400 m 以上の海底もしくは湖底堆積物中や永久凍土の深部数百 m に発見されており現在最も注目されている次世代エネルギー資源の一つである。海底面下数百 m の深部に音波反射面を与え従来より

研究対象とされてきた層序集積の MH（いわゆる深層型 MH）とは生成起源と生成過程が全く異なると考えられる海底面直下に MH 濃集帯を作る表層型 MH が近年海底からガスが湧出する場所で発見された。これらの MH の違いは生成起源（水分子およびガス分子の起源）とその移動過程が MH 集積に密接に関係することを示唆する。

世界的に見ても海底 MH 研究は歴史が浅

く、その実体について判明している事実は限られており、この原因は海底 MH の生成起源・生成過程（水-ガス輸送過程等）が化学的に解明されていないことにある。

2. 研究の目的

本研究は、海底表層部に産する MH について、その生成起源すなわち MH を構成する水分子とゲストガス分子の起源を、精確さの高い化学的解析方法の確立をとおして明らかにすることを目的とする。

表層型 MH の生成起源解明には、海底深部からメタンを輸送する冷湧水のキャラクター化が必要であり、そのために海底表層堆積物試料（MH 水、包接ガス、間隙水水分子および溶存イオン・ガス、鉱物等）の総合解析をおこなう。

3. 研究の方法

調査対象フィールドは、これまでに表層型 MH 存在が報告されているロシア国サハリン沖海底と、海底表層型 MH との比較研究としてロシア国バイカル湖底（淡水湖として世界で唯一 MH 存在が報告されている）とした。

堆積物コア採取地点は物理的手法を用いた調査すなわちサイドスキャンソナー探査、エコーサウンダー探査およびスパーカー探査に基づいて設定した。堆積物コアは、サハリン島北東沖のそれぞれ異なるサイトすなわち (i) 湧出ストラクチャーと(ii) 参照サイトで採取した。バイカル湖の場合は(i) 泥火山と(ii) 参照サイトで採取した。堆積物試料は海底から鋼鉄製重力コアラ（3-9 m 長）で採取した。コア観察と堆積物試料の分取は調査船上でおこなった。MH 試料および間隙水試料は、液体窒素温度および冷蔵温度で北見工業大学までの輸送に成功した。

堆積物間隙水の採取は調査船上で油圧圧縮式スクイザー（北見工業大学にて設計及び作製）を用いておこなった。すなわち、堆積物コアの厚さ 10 cm 分を分取してスクイザーに分取し、採取した間隙水はポリエチレンボトルに保存した。海水試料の採取はニスキタイプサンプラーを用い海底上 5 m（バイカル湖底水は湖底上 0.5 m）の深度にて採水した。メタンハイドレート水は、(i) ステンレス製密閉容器内で MH 塊を解離させる方法と(ii) 窒素雰囲気下で連続的に解離させる方法により採取した。全ての水試料は 0.2 μm メンブレンフィルターで濾過後に測定に供した。

間隙水中の化学種（硫酸イオン、塩化物イオン、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、マンガン、バリウム等）は、それぞれイオンクロマトグラフ、フレーム原子

吸光分析装置、グラファイトファーネス原子吸光分析装置、誘導結合プラズマ発光分析装置を用いた。MH 中及び堆積物中のガス組成分析にはガスクロマトグラフを用いた。水試料の酸素および水素同位体比測定、およびガス試料の炭素および水素安定同位体比測定には安定同位体比測定用質量分析装置を用いた。

4. 研究成果

連携研究者および海外研究者との共同研究により以下の成果を得た。

① サハリン沖海底表層型 MH 含有堆積物コア及びバイカル湖底表層型 MH 含有堆積物コアの採取に成功した。

② 化学分析に供する水試料（MH 解離水、海水及び湖水、間隙水）及び気体試料（MH 中ゲストガス、堆積物中ガス）の採取に成功した。

③ サハリン沖海底表層型 MH は、海底下深部からの気体状湧昇メタンが堆積物中から海水起源の水分子を抽出して MH が生成された。

④ サハリン沖海底表層型 MH 中メタンは二酸化炭素還元経路を経た微生物起源が主であるが、わずかな熱分解起源メタンの混入が示唆される。

⑤ サハリン沖海底の湧出ストラクチャー（seepage structures）には、深部に異常に重い水素同位体比を持つ湧水の影響が見られる湧出ストラクチャーがある。

⑥ サハリン沖海底の湧出ストラクチャーにはフリーガスのみを湧出するストラクチャーと、湧水を伴ったガスを湧出するストラクチャーがある。

⑦ バイカル湖底表層型 MH は泥火山域によっては最大 15% 程度のエタンを含み熱分解起源と考えられる。

⑧ バイカル湖底表層 MH 含有堆積物中で発見された炭酸鉄（シゲライト）の生成は酢酸分解が起源と考えられる。

今後は調査ストラクチャー・調査泥火山を増やして、湧水の有無、湧水のキャラクター化と起源、湧出ガスの起源を明らかにしていくことが海底および湖底表層型 MH 生成機構の解明には重要だと考えられる。

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 17 件）

1) L. L. Mazurenko, T. V. Matveeva, E. M. Prasolov, H. Shoji, A. I. Obzhurov, Y. K. Jin,

- J. Poort, E.A. Logvina, H. Minami, H. Sakagami, A. Hachikubo, A. S. Salomatin, A. N. Salyuk, E.B. Prilepskiy & CHAOS 2003 Scientific Team, "Gas hydrate forming fluids on the NE Sakhalin slope, Sea of Okhotsk", *Special Issue; Geological Union*, in press (2009), 査読有り.
- 2) M. Kida, A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, A. Krylov, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, "Natural gas hydrates with locally different cage occupancies and hydration numbers in Lake Baikal", *Geochem. Geophys. Geosyst.*, in press (2009), 査読有り.
- 3) 南 尚嗣, Alexey KRYLOV, 坂上 寛敏, 八久保 晶弘, 百武 欣二, 戸丸 仁, 木田 真人, 高橋 信夫, 庄子 仁, Tatiana MATVEEVA, Young Keun JIN, Anatoly OBZHIROV, Jeffrey POORT, "オホーツク海のメタンハイドレート含有層における間隙水の地球化学", *地学雑誌*, **118**, 194-206 (2009), 査読有り.
- 4) 庄子 仁, Young JIN, Anatoly OBZHIROV, Alexander SALOMATIN, Boris BARANOV, Vyacheslav Gladyshev, 八久保 晶弘, 南 尚嗣, 山下 聡, 高橋 信夫, "オホーツク海のメタンハイドレートとブルーム", *地学雑誌*, **118**, 175-193 (2009), 査読有り.
- 5) 八久保晶弘・坂上寛敏・南 尚嗣・布川裕・庄子 仁・Tatiana MATVEEVA・Young K. JIN・Anatoly OBZHIROV, "オホーツク海天然ガスハイドレートの同位体組成とその結晶特性", *地学雑誌*, **118**, 207-221 (2009), 査読有り.
- 6) 戸丸 仁, 南 尚嗣, 庄子 仁, 松本 良, 陸 尊礼, Udo FEHN, Young JIN, and Anatoly OBZHIROV, "オホーツク海, 日本海に胚胎する表層型ガスハイドレート鉱床における間隙水のハロゲンと放射性ヨウ素同位体 (^{129}I) 地球化学", *地学雑誌*, **118**, 111-127 (2009), 査読有り.
- 7) H. Minami, A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, H. Tomaru, K. Hyakutake, M. Ohashi, K. Suzuki, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, S. Nishio, H. Shoji, O. Khlystov, T. Zenskaya, T. Pogodaeva, and M. Grachev, "Isotopic and chemical composition of gas hydrate water samples retrieved at mud volcanoes in Lake Baikal, Russia", *Proceedings of the International Workshop in Modern Science and Technology*, 111-114 (2008), 査読無し.
- 8) A. Krylov, O. Khlystov, T. Zenskaya, H. Minami, A. Hachikubo, H. Shoji, M. Kida, T. Pogodaeva, L. Naudts, and J. Poort, "Crystallization of Authigenic Carbonates in Mud Volcanoes at Lake Baikal", *Geochemistry International*, **46**, 985-995 (2008), 査読有り.
- 9) H. Minami, A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, M. Ohashi, J. Bai, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, O. Khlystov, T. Zenskaya and M. Grachev, "Chemical and isotopic characteristics of gas hydrate- and pore- water samples obtained from gas hydrate-bearing sediment cores retrieved from a mud volcano in the Kukuy canyon, Lake Baikal", *Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates* (2008) 査読無し.
- 10) A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, M. Kida, A. Krylov, S. Kataoka, O. Khlystov, T. Zenskaya, A. Manakov, G. Kalmychikov and J. Poort, "Formation process of structure I and II gas hydrates discovered in Kukuy, Lake Baikal", *Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates*, (2008) 査読無し.
- 11) A. Krylov, E. Logvina, A. Hachikubo, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, L. Mazurenko, T. Matveeva, A. Obzhirov and Y.K. Jin, "Authigenic carbonates related to gas seepage structures in the Sea of Okhotsk (NE Offshore Sakhalin): results from the CHAOS project", *Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates* (2008) 査読無し.
- 12) M. Kida, A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, A. Krylov, S. Yamashita, N. Takahashi, Y. Nunokawa, H. Shoji, O. Khlystov, J. Poort and H. Narita, "Cage occupancies of natural gas hydrates encaging methane and ethane", *Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates* (2008) 査読無し.
- 13) J. Bai, Mantoku, K., Yumoto, F., Minami, H., Sakagami, H., Atsuya, I., Tanaka, A., Igarashi, S., Fukazawa, T., Hamada, H., Kawai, T., Fujinuma, Y. and Takahashi, N., "Determination of Nickel in Natural Water by Solvent Extraction/Direct Introduction - Isotope Dilution Microwave Induced Oxygen - Nitrogen Plasma Mass Spectrometry", *Proceedings of the International Workshop in Modern Science and Technology*, 115-119 (2008) 査読無し.
- 14) A. Krylov, O. Khlystov, T. Zenskaya, H. Minami, A. Hachikubo, Y. Nunokawa, M.

Kida, H. Shoji, L. Naudts, J. Poort, T. Pogodaeva, "First discovery and formation process of authigenic siderite from gas hydrate-bearing mud volcanoes in fresh water: Lake Baikal, Eastern Siberia", *Geophys. Res. Lett.*, 35, L05405 (2008), 査読有り.

15) A. Hachikubo, T. Kosaka, M. Kida, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, N. Takahashi, and H. Shoji, "Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases", *Geophys. Res. Lett.*, 34, L21502 (2007), 査読有り.

16) T. Pogodaeva, T. Zemskaaya, L. Golobokova, O. Khlystov, H. Minami, and H. Sakagami., "Chemical composition of the pore waters in the bottom sediments of Lake Baikal", *Russian Geology and Geophysics*, 48, 886-900 (2007), 査読有り.

17) 片岡 沙都紀, 山下 聡, 南 尚嗣, 西尾 伸也, 安部 透, 横山 幸也, 兵動 正幸, Mikhail Grachev, バイカル湖表層型メタンハイドレート賦存堆積土の地盤工学的性質, *地盤工学ジャーナル*, 2, 95-105 (2007), 査読有り.

[学会発表] (計 24 件)

1) H. Minami, A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, H. Tomaru, K. Hyakutake, M. Ohashi, K. Suzuki, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, S. Nishio, H. Shoji, O. Khlystov, T. Zemskaaya, T. Pogodaeva and M. Grachev, "Isotopic and chemical composition of gas hydrate water samples retrieved at mud volcanoes in Lake Baikal, Russia", *International Workshop in Modern Science and Technology*, Harbin, China, 2008.

2) H. Minami, A. Krylov, A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Tomaru, K. Hyakutake, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, S. Nishio, O. Khlystov, T. Zemskaaya, T. Pogodaeva, M. Grachev, "Isotopic and chemical analyses of gas hydrate- and pore- water samples obtained from gas hydrate-bearing sediment cores retrieved from mud volcanoes in Lake Baikal", *9th International Conference on Gas in Marine Sediments*, Bremen, Germany, 2008.

3) A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, S. Nishio, O. Khlystov, G. Kalmychkov, "Regional characteristics of isotopic composition of gas hydrates in Lake Baikal", *9th International Conference on Gas in Marine Sediments*, Bremen,

Germany, 2008.

4) A. Krylov, O. Khlystov, A. Hachikubo, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Tomaru, K. Hyakutake, T. Zemskaaya, T. Pogodaeva, H. Shoji, "Isotopic composition of dissolved inorganic carbon in the subsurface sediments of the gas hydrate-bearing mud volcanoes, Lake Baikal", *9th International Conference on Gas in Marine Sediments*, Bremen, Germany, 2008.

5) 千葉 悟, 坂上 寛敏, 高橋 信夫, 南 尚嗣, 八久保 晶弘, 庄子 仁, "天然ガスのハイドレート化に及ぼす種々添加物共存の影響", 日本化学会, 北海道支部, 2008.

6) H. Minami, A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, M. Ohashi, J. Bai, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, O. Khlystov, T. Zemskaaya, M. Grachev, "Chemical and isotopic characteristics of gas hydrate- and pore- water samples obtained from gas hydrate-bearing sediment cores retrieved from a mud volcano in the Kukuy Canyon, Lake Baikal", *6th International Conference on Gas Hydrates*, Vancouver, Canada, 2008.

7) A. Krylov, E. Logvina, A. Hachikubo, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, L. Mazurenko, T. Matveeva, A. Obzhirov and Y.K. Jin, "Authigenic carbonates related to gas seepage structures in the Sea of Okhotsk (NE Offshore Sakhalin): results from the CHAOS project", *6th International Conference on Gas Hydrates*, Vancouver, Canada, 2008.

8) A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, M. Kida, A. Krylov, S. Kataoka, O. Khlystov, T. Zemskaaya, A. Manakov, G. Kalmychkov and J. Poort, "Formation process of structure I and II gas hydrates discovered in Kukuy, Lake Baikal", *6th International Conference on Gas Hydrates*, Vancouver, Canada, 2008.

9) M. Kida, A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, A. Krylov, S. Yamashita, N. Takahashi, Y. Nunokawa, H. Shoji, O. Khlystov, J. Poort and H. Narita, "Cage occupancies of natural gas hydrates encaging methane and ethane", *6th International Conference on Gas Hydrates*, Vancouver, Canada, 2008.

10) 南 尚嗣, 八久保 晶弘, Alexey Krylov, 坂上 寛敏, 百武 欣二, 大橋 聖悟, 田坂 奨崇, 鈴木 健二, 戸丸 仁, 片岡 沙都紀, 山下 聡, 高橋 信夫, 庄子 仁, 西尾 伸也, Oleg Khlystov, Tamara Zemskaaya, Mikhail Grachev, "バイカル湖底ガスハイドレート

含有コア間隙水及びハイドレート水の化学/
同位体分析-2005-2007年調査結果 - “日本
地球惑星科学連合 2008年大会, 2008.

11) 小坂 知子, 八久保 晶弘, Alexey
Krylov, 坂上 寛敏, 南 尚嗣, 高橋 信夫,
庄子 仁, Young Jin, Anatoly Obzhairov,
“オホーツク海サハリン沖ガスハイドレ
ートの同位体組成” 日本地球惑星科学連合
2008年大会, 2008.

12) 大橋 聖悟, 鈴木 健二, 田坂 奨崇, 百
武 欣二, 坂上 寛敏, 八久保 晶弘, Alexey
Krylov, 片岡 沙都紀, 戸丸 仁, 南 尚嗣,
山下 聡, 高橋 信夫, 庄子 仁, Oleg khlystov,
Mikhail Grachev, “バイカル湖底ガスハ
イドレート含有 VER07 表層コア間隙水中成分の
化学分析” 日本分析化学会第 69 回分析化学
討論会, 2008.

13) 中谷 俊文, 白 俊玲, 笹木 裕生, 太田
裕一, 南 尚嗣, 井上 貞信, “海底/湖底
堆積物中微量鉛直接定量的ためのスラリ
ー導入原子吸光分析法” 日本分析化学会北
海道支部 2008年冬季研究発表会, 2008.

14) 片岡 沙都紀, 山下 聡, 南 尚嗣, 西尾 伸
也, 安部 透, 横山 幸也, 兵動 正幸, M.
Grachev, “バイカル湖表層型メタンハ
イドレート賦存地盤の調査と堆積土の物理的性
質” 第 41 回地盤工学研究発表会, 2007.

15) 南 尚嗣, 八久保 晶弘, Krylov Alexey,
留目 裕子, 白 俊玲, 坂上 寛敏, K. Oleg,
Z. Tamara, 山下 聡, 片岡 沙都紀, G.
Mikhail, 庄子 仁, “バイカル湖底ガスハ
イドレート含有コア間隙水及びハイドレ
ート水の化学分析-2005-2006年調査結果-”
日本地球惑星科学連合 2007年大会, 2007.

16) 八久保 晶弘, 小坂 知子, 木田 真人,
坂上 寛敏, 南 尚嗣, 布川 裕, 高橋 信夫,
庄子 仁, “メタン・エタンハイドレート生
成時のゲストガス安定同位体分別” 日本地
球惑星科学連合 2007年大会, 2007.

17) 八久保 晶弘, 木田 真人, A. Krylov,
坂上 寛敏, 南 尚嗣, 布川 裕, 山下 聡,
高橋 信夫, 庄子 仁, K. Oleg, Z. Tamara,
G. Kalmychkov, “バイカル湖の構造 I 型お
よび II 型ガスハイドレートと堆積物中のガ
スの安定同位体組成” 日本地球惑星科学連
合 2007年大会, 2007.

18) A. Krylov, O. Khlystov, T. Zemskaya,
南 尚嗣, 八久保 晶弘, 木田 真人, 庄子 仁,
“Model of the authigenic carbonates
formation in the gas hydrate bearing mud
volcanoes of the Lake Baikal (Eastern
Siberia)” 日本地球惑星科学連合 2007年大会,
2007.

19) 白 俊玲, 中谷 俊文, 百武 欣二, 坂上 寛
敏, 八久保 晶弘, A. Krylov, 片岡 沙都紀,
南 尚嗣, 山下 聡, 高橋 信夫, 庄子 仁, O.
Khlystov, M. Grachev, “ガスハイドレート

含有バイカル湖底 VER05 及び 06 表層コア中
微量元素の原子吸光直接分析” 日本分析化
学会第 68 回分析化学討論会, 2007.

20) 大橋 聖悟, 留目 裕子, 百武 欣二, 坂
上 寛敏, 八久保 晶弘, A. Krylov, 片岡 沙
都紀, 南 尚嗣, 山下 聡, 高橋 信夫, 庄子 仁,
O. Khlystov, M. Grachev, “ガスハイドレ
ート含有バイカル湖底 VER05 及び 06 表層コ
ア間隙水の化学分析” 日本分析化学会第 68
回分析化学討論会, 2007.

21) H. Minami, A. Hachikubo, A. Krylov,
H. Sakagami, J. Bai, O. Khlystov, T.
Pogodaeva, S. Yamashita, S. Kataoka, M.
Grachev, H. Shoji, N. Takahashi, K. Ayuta,
“Chemical analysis of hydrate water to
study original fluid of gas hydrates
retrieved from Lake Baikal”, *International
conference on gas hydrate studies*,
Listvyanka, Russia, 2007.

22) A. Hachikubo, M. Kida, A. Krylov, H.
Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, S.
Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, O.
Khlystov, T. Zemskaya, G. Kalmychkov,
“Isotopic composition of hydrate-bound and
sediment gases in Lake Baikal”,
*International conference on gas hydrate
studies*, Listvyanka, Russia, 2007.

23) A. Krylov, O. Khlystov, T. Zemskaya, H.
Minami, A. Hachikubo, Y. Nunokawa, K.
Ayuta, N. Takahashi, H. Shoji, L. Naudts, J.
Poort, “Formation of the authigenic
carbonates in Lake Baikal”, *International
conference on gas hydrate studies*,
Listvyanka, Russia, 2007.

24) E. Beketov, T. Matveeva, L. Mazurenko,
H. Shoji, H. Minami, Y.K. Jin, J. Poort, M.
Kulikova, E. Logvina, “Geochemical
composition of pore and hydrate water
from sediments of fluid discharge areas of
the sea of Okhotsk (results from CHAOS
III cruise-2006)”, *International conference
on gas hydrate studies*, Listvyanka, Russia,
2007.

〔図書〕 (計 6 件)

1) A. Krylov, L. Mazurenko, A. Hachikubo,
H. Minami, E. Logvina, N. Nikolaeva, M.
Kida, Y. Nunokawa, S. Nishio, A. Obzhairov,
Y. Jin, J. Poort and H. Shoji, “Sediments
and Authigenic Carbonates Related to
Gas-Hydrates in the Sea of Okhotsk: First
Results from the CHAOS 2005 Expedition”,
*Gas Hydrates for the Future Energy and
Environment*, 49-54 (2007).

2) H. Minami, J. Bai, H. Sakagami, A.
Hachikubo, K. Hyakutake, K. Abe, T.

Konno, N. Kimura, A. Nishide, Y. Todome, L. Mazurenko, T. Matveeva, N. Takahashi, A. Obzhairov, V. Soloviev and H. Shoji, “Chemical Analysis of Sediment Cores Offshore Sakhalin, Okhotsk Sea”, *Gas Hydrates for the Future Energy and Environment*, 57-59 (2007).

3) H. Minami, A. Hachikubo, S. Yamashita, A. Krylov, S. Kataoka, S. Nishio, T. Yokoyama, M. Hyodo, O. Khlystov, M. Grachev and H. Shoji, “Field Investigation of Natural Methane Hydrates at Lake Baikal, Autumn 2005”, *Gas Hydrates for the Future Energy and Environment*, 55 (2007).

4) M. Kida, H. Sakagami, H. Minami, N. Takahashi, K. Hyakutake, A. Hachikubo, H. Shoji, S. Takeya, Y. Kamata, T. Ebinuma, H. Narita, V. Soloviev, O. Khlystov and M. Grachev, “Hydration Number Determinations of Natural Gas Hydrates Using ¹³C-NMR”, *Gas Hydrates for the Future Energy and Environment*, 97-102 (2007).

5) K. Hyakutake, O. Kitamura, H. Sakagami, H. Minami, K. Abe, A. Hachikubo, H. Shoji, V. Soloviev, A. Obzhairov and Y. Jin, “A Video-Camera Device for Small Bubble Observations in Deep Water near Gas Hydrate Accumulation”, *Gas Hydrates for the Future Energy and Environment*, 193-196 (2007).

6) 庄子 仁, 南 尚嗣, 八久保 晶弘, 山下 聡, 高橋 信夫, “オホーツク海のメタンハイドレート調査”, 地盤工学会誌, **55** (10), 5-8 (2007).

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南 尚嗣 (MINAMI HIROTSUGU)
北見工業大学・工学部・准教授
研究者番号 : 40241426

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

庄子 仁 (SHOJI HITOSHI)
北見工業大学・工学部・教授
研究者番号 : 50201562

高橋 信夫 (TAKAHASHI NOBUO)
北見工業大学・工学部・教授
研究者番号 : 20108187

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