

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (A)
研究期間：2006～2009
課題番号：18206099
研究課題名 (和文) 水底表層ガスハイドレートの物性とその再生可能性の解明
研究課題名 (英文) Investigations on formation and renewability characteristics of gas hydrates near the sea and lake bottoms
研究代表者
庄子 仁 (SHOJI HITOSHI)
北見工業大学・工学部・教授
研究者番号：50201562

研究成果の概要 (和文) : オホーツク海サハリン沖と、バイカル湖の水底表層部にあるメタンハイドレートの生成・再生特性を理解するために、水底堆積物のガス、水、粒子解析を行った。その結果、(1)ハイドレート物性は深部からのガス供給活動に強く依存すること、(2)ガスと水は常に一緒に湧出すとは限らないこと、(3)湧出ガスは海水や湖水と反応してカーボネートを生成すること、(4)再生可能性はサハリン沖が高いことなどが明らかになった。

研究成果の概要 (英文) : Near-bottom sediment cores containing gas hydrates were retrieved offshore Sakhalin, Okhotsk Sea and at Lake Baikal. Core analyses were conducted by gas, water and particle measurements to understand the formation and renewability characteristics of gas hydrates. Results obtained reveal (1) characteristics of gas hydrates depending on gas seep activities, (2) fluid seepage types with and without water, (3) carbonate formations due to chemical reactions between seeping gas and sea/lake water and (4) higher renewability potential offshore Sakhalin.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	24,000,000	7,200,000	31,200,000
2007年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
年度			
総計	38,200,000	11,460,000	49,660,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：メタンハイドレート、海洋堆積物コア、オホーツク海、バイカル湖、海底探査

1. 研究開始当初の背景

本研究のターゲットは、オホーツク海サハリン沖とバイカル湖に産する表層ガスハイドレート (GH) である。これは、水底下数 100 m に位置する BSR 深度の GH とは異なり、水底表層付近 (水底から数 m 以内) の GH であり、水底堆積物深部からのガス供給

に規制されて生成する。従って、その生成域は局在しており、水底のガス湧出 (ガスシープ) もしくは関連地形 (湧出ストラクチャー、ポックマーク、泥火山等) が目安になる。

(1) オホーツク海サハリン沖

2003 年に北見工業大学主導のもとにカオ

ス(I)調査(日韓露とドイツおよびベルギー)が実施された。サハリン沖に初めて導入された海底音波探査(サイドスキャンソナー探査)からは、音波を強く反射し、ガスブルームとも密接に関連している海底領域(湧出ストラクチャー(SS))が多数観測された。実際に堆積物コアを採取して調べたところ、これらのSSが、水底表層のGH生成域であることがほぼ確実になった。2005年には、韓国極地研究所主導のもとにカオス(II)調査が行われ、調査域が拡大した。本研究は2006年にスタートしたが、この年に、やはり韓国が主導してカオス(III)調査が実施され、さらに、2008年からはカオス計画に続くSSGH計画(北見工業大学が主導する日韓露共同プロジェクト)がスタートした。

(2) バイカル湖

2002年の時点では、観測された表層ハイドレートの生成域は、南湖盆に位置する1箇所(マレンキー泥火山)のみであった。その後、バイカル湖の科学調査を担うロシア科学アカデミーシベリア支部陸水学研究所が Gent 大学海洋地質学研究センター(ベルギー)と本格的に湖底調査を進めるなか、新しいGH域の発見が続き、2005年には、後にGH結晶の構造I型とII型の共存が判明する地点(ククイ泥火山)も調査された。本研究の開始時は、GH域の数が年々増加してゆく時期でもあった。

(3) 解析装置と試料

解析装置については、GH生成・解離過程のその場観察に必要なラマン分光光度計が、本研究開始時に導入され、既存の各種測定装置と合わせて、総合測定の準備が整った。解析試料については、2005年5月のサハリン沖調査(カオス(II))で採取した試料と、2005年3月と9月のバイカル湖調査で採取された試料が、本研究開始時に既に準備されていた。本研究開始後は、新しいGH域の発見が続いており、我々がアクセス可能な解析試料も増加中であった。

2. 研究の目的

GHは、将来のエネルギー資源としての可能性がある一方、地球環境変動とリンクする重要な研究ターゲットである。BSR深度のように平衡状態に近い条件下でハイドレートを採取した場合、再生には極めて長い時間を要すると考えられるが、水底表層のように過冷却度の高い条件下では、採取後の短い期間内にGHが再生する可能性がある。

現在から約1.8万年前の氷床拡大期には、地球上の水が氷として大量に陸上に貯えられたため、海面レベルが最も低下した時期である。このときの水圧低下に起因して海底堆積

物中のハイドレートの一部は解離し、海底地滑りやメタンの大量放出が起こった可能性が指摘されている。地球環境変動の詳細は、海底コアや氷床コアの高精度解析によって明らかにされている。しかし、気候変動モデルの構築に、海底GHの効果を組み込む必要があると指摘されたのは、最近のことである。

本研究は、オホーツク海サハリン沖とバイカル湖の水底表層部に産するGHについて、その基礎物性および産状形態を明らかにし、表層GHの生成メカニズムおよび再生可能性を両水域の相互比較から解明しようとするものである。同じ水底表層部に産するGHであっても、バイカル湖とサハリン沖ではGHの生成環境がかなり異なる。GH生成を規制する温度・圧力条件とガス・水供給の4因子うち、特に表層GHの生成にとって重要なのはガス因子である。ガスの存在形態(間隙水溶存ガスかフリーガスか)や堆積物深部からのガス供給状態(ガスブルームが観測されるほどの大量の湧出ガスの有無)等のガス因子を十分把握しておくことは、本研究が目指す生成メカニズムおよび再生可能性の解明のための基盤として重要である。

3. 研究の方法

(1) 国際共同研究体制

① オホーツク海サハリン沖

韓国極地研究所(Korea Polar Research Institute)およびロシア科学アカデミーのP.P. シルショフ海洋学研究所(P.P. Shirshov Oceanological Institute)および極東支部V.I. イリチュェフ太平洋海洋学研究所(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB)と連携して、ロシア調査船Lavrentyev号を用いて、海洋調査を行った。日本は主としてコア解析を、韓国とロシアは主として遠隔探査とコア・海水解析を担当した。

② バイカル湖

ロシア科学アカデミーシベリア支部陸水学研究所(Limnological Institute SB RAS)とベルギーGent大学レナード海洋地質学研究センター(Renard Center of Marine Geology, Ghent University, Gent)と連携して、ロシア調査船Vereshchagin号を用いて、中央・南湖盆で調査を行った。日本は主としてコア解析を担当し、ロシアとベルギーは主として遠隔探査とコア・湖水解析を担当した。

(2) 測定試料

本研究開始前に準備されていたオホーツク海サハリン沖(コルディ、ヴニーオ、ポイ、ダンジョン、キットの各地点)およびバイカル湖(マレンキー、ボルショイ、ククイの各地点)試料に加えて、前記(1)に示される国際共同研究で採取された試料が用いられた。堆

積物コアからのガス・水サンプル採取については、輸送中の試料変質を考慮して、以下のようにサブサンプリングを行った。

① ガスサンプル

GH 包有ガスおよび間隙水溶存ガスの収集はコア採取後直ちに調査船上で行い、分析ガスのみを国内に持ち帰る。

② 水サンプル

GH 形成水は解離水にし、間隙水はスクワイザーまたは遠心分離器を用いて堆積物コアから抽出し、ポアサイズ 0.2 ミクロン濾紙を通したあと、分析用の水サンプルのみを持ち帰る。

(3) 測定方法

① GH 結晶測定：ラマン分光分析、NMR 分析、カロリメータ測定、電界放出型電子顕微鏡観察、光学顕微鏡観察

② ガス測定：ガスクロマトグラフ分析、同位体解析

③ 水測定：イオンクロマトグラフ分析、同位体解析

④ 堆積物粒子測定：光学顕微鏡観察、電界放出型電子顕微鏡観察、鉍物組成分析、X線CTスキャナー測定

⑤ GH 再生測定：ハイドレート再生実験

(4) 総合解析

全ての解析データと参照データを総合して、オホーツク海サハリン沖とバイカル湖の水底表層部に産する GH の基礎物性および産状形態を明らかにし、表層ハイドレートの生成メカニズムおよび再生可能性を解明するための研究総括が行われた。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

オホーツク海サハリン沖とバイカル湖に産する表層GHについて、研究の結果、以下のことが明らかになった。後述する「5. 主な発表論文等」に記載の文献を参照する。

① 生成環境：ガス湧出

オホーツク海サハリン沖とバイカル湖中央湖盆および南湖盆に産する表層GHの生成環境の主たる差異は、水底深部から水底表層に供給されるガスフラックスの違いにある。サハリン沖 (図書①、②、③、④、⑤、⑥) では数多く見られるガスプルーム (GHとして固定されず水中に放出された余剰メタン情報) が、バイカル湖ではかなり少なく、観察はほんの数例に限定されている。一方、バイカル湖に存在する泥火山が、現在のところサハリン沖では全く観察されていない。これらのことは表層GHの分布形態と密接に関係しており、サハリン沖ではガスプルーム基部を中心に表層GHが産するのに対して、バイカル湖の

GH分布は複雑で、生成箇所ごとに異なる分布形態をもっている可能性が高い。

オホーツク海サハリン沖では、ガスシープは、サイドスキャンソナー探査で観測される湧出ストラクチャー(SS)に位置する (雑誌論文⑥、⑪、⑱)。

② 生成環境：水湧出

サハリン沖のSSのうち、カオスSSおよび北見SSでは海底深部からのガスおよび水が共に湧出しているが、ヒエログリフSSの場合はガス湧出が卓越しており、湧水はほとんど無い。これは、ヒエログリフSSがハイドレート密集分布域の端に位置しており、ガス水湧出路が形成される断層分布に規制されている可能性がある (雑誌論文⑫)。オホーツク海サハリン沖における湧昇水の存在は、間隙水中の重水やヨウ素の濃度が深さと共に上昇することで示され (雑誌論文⑩、⑫)、バイカル湖の場合は、塩化物イオン濃度を用いて示された。

③ ガス組成と起源

炭化水素ガスに注目すると、オホーツク海サハリン沖の場合、GH包有ガス組成は約99%以上がメタンで (雑誌論文⑬)、間隙水溶存ガスについてもほぼ同様であり、湧出ガスはメタンであると言える。但し、CO₂も混入していると思われるが、その詳細は不明である。

バイカル湖の湧出ガスについてもメタンが主要な炭化水素であることに変わりはないが、エタン濃度は場所により変動する。特にクイ泥火山では、包有ガスの約15%がエタンであるGHが、エタン数%のGHと共存していることが観察された (雑誌論文①、⑧、⑳)。このことは、過去 (GH生成時) には、湧昇ガスの混合比が現在とは異なっていたことを示唆する (雑誌論文⑧)。

オホーツク海サハリン沖のGH包有ガスのほとんどは、バクテリア起源 (CO₂還元) のメタンであるが、バイカル湖のGH包有ガスはバクテリア起源 (酢酸分解) のメタンと、バクテリア起源もしくは熱分解起源 (場所により異なる) のエタンが混合している (雑誌論文①、③、④)。但し、バイカル湖のDIC (間隙水溶存の無機炭素) 解析からは、CO₂還元によるメタンも存在する可能性が指摘された (雑誌論文②)。

④ ガスハイドレート結晶

バイカル湖クイ泥火山の表層GHについて、クラスレート構造 I 型と II 型が同一コア中に発見され (雑誌論文㉑)、ケージ占有率や水和数が求められた (雑誌論文⑨)。また、その生成モデルが提唱された (雑誌論文⑧)。

人工のメタン・エタン混合GHについて、ケージ占有率の混合比依存性 (雑誌論文⑲) や解離熱 (雑誌論文⑦) が求められた。また、

純粋なメタンおよびエタンハイドレート生成時の包有ガスの同位体分別が調べられ(雑誌論文⑰)、バイカル湖GHに適用・検討された(雑誌論文⑤)。

⑤ 水底表層のカーボネート生成

オホーツク海サハリン沖の表層堆積物コア中には数センチメートルサイズのカーボネート($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)が数多く観察されたが、バイカル湖では極めて微小かつ微量のシデライト(FeCO_3)だけが発見されている(雑誌論文⑭、⑮)。これは、海水にはCa, Mgイオンが豊富に含まれているが湖水にはほとんど無いためである。

水底表層におけるカーボネート生成過程は、海水およびガスの供給に依存するため、カーボネート解析から生成時の環境情報の復元が可能である(雑誌論文⑭)。

⑥ 表層型GHの再生可能性

GH結晶の成長速度は、温度(水底温度)と圧力(水深)に依存する。オホーツク海サハリン沖とバイカル湖において、これまでGHが採取された最も浅い水深は、ともに約400 m(約4 MPa)である。GHの相図と水温(約2°C)から推定すると、これらのGH生成箇所は、BSRがちょうど水底に現れた場所であると考えられる。水温を同じにして水深を600 mに設定(過冷却度が約5°Cに相当)すると、研究室実験の結果では、ガス供給が十分な限り、GHは3~4 mm/secの速さで成長した。これは、この条件下ではGH再生にはさほど時間がかからないことを意味する。言い換えると、自然条件下でGH再生を律速するのは、結晶成長速度ではなく、ガスの供給速度であると考えられる。オホーツク海サハリン沖のようにガス湧出の活発な海域では、再生は容易であるが、バイカル湖のようにガスシープの乏しい場所では、再生可能性は低いと予想される。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

国内におけるGH研究のうちフィールド調査については、南海トラフ、日本海東縁、オホーツク海の3領域が主対象である。このうちオホーツク海調査については、本研究の成果が主要部分を担っている(地学雑誌「特集号:メタンハイドレート(Part I), Vol.118, No.1, 2009, 東京地学協会」。また、オホーツク海サハリン沖のガスハイドレート研究においては、日韓露共同の本研究(SSGH計画)と独露共同のKOMEX-SONNE計画が姉妹プロジェクトとしてデータ交流を行っている。バイカル湖のGH研究については、本研究がほぼ唯一のものであり、日本・ベルギー・ロシアの国際共同研究として行われている。

(3) 今後の展望

表層GHは、堆積物深部(BSR深度)のGHよりも安定ではあるが、海水・湖水直下にあるため産状が変化した場合に海洋環境への影響はより直接的である。本研究は、オホーツク海サハリン沖とバイカル湖を比較することによって、表層GHの生成環境およびその産状における多様性を明らかにした。また、採取されたGHが、周辺の間隙水とガスから生成したとは限らず、バイカル湖クイ泥火山のGH(雑誌論文⑧、⑳)のように、生成後にガス・水湧出が変化した可能性もある。今後は、これらの多様性に関する分類を進める一方、ハイドレート生成活動の変動をモニタリングして、生成規制因子の定量的理解を進める必要がある。また、オホーツク海サハリン沖とバイカル湖における研究については、国際共同研究がベースであり、そのためには連携機関どうしの最適調和を求める努力の継続が必要である。

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 20 件)

- ① 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 and J. Poort : Molecular and isotopic characteristics of gas hydrate-bound hydrocarbons in southern and central Lake Baikal. *Geo-Marine Letters*, doi:10.1007/s00367-010-0203-1. (2010) (査読有り)
- ② Krylov, A. A., O. M. Khlystov, A. Hachikubo, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, T. I. Zemskaya, L. Naudts, T. V. Pogodaeva, M. Kida, G. V. Kalmychkov and J. Poort : Isotopic composition of dissolved inorganic carbon in the subsurface sediments of gas hydrate-bearing mud volcanoes, Lake Baikal: Implications for methane and carbonate origin. *Geo-Marine Letters*, doi:10.1007/s00367-010-0190-2. (2010)(査読有り)
- ③ 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*, doi: 10.1007/s00367-009-0178-y. (2009)(査読有り)
- ④ 八久保晶弘、小関貴弘、坂上寛敏、南尚嗣、山下 聡、高橋信夫、庄子 仁、O. Khlystov、J. Poort : バイカル湖天然ガスハイドレートのゲストガス同位

- 体比、月刊地球、31(9)、486-492. (2009) (査読無し)
- ⑤ 八久保晶弘、小関貴弘、中畑良紹、坂上寛敏、南尚嗣、庄子仁、O. Khlystov : ガスハイドレート生成時のゲストガス同位体分別～バイカル湖の天然ガスハイドレートの例～. 北海道の雪氷、第28号、61-64. (2009) (査読無し)
- ⑥ 庄子仁・南尚嗣・八久保晶弘 : メタンハイドレート. 雪氷研究の系譜－北海道の雪氷から世界の雪氷圏まで－、日本雪氷学会北海道支部、191－194. (2009) (査読無し)
- ⑦ 八久保晶弘、木田真人、奥田充、坂上寛敏、庄子仁 : メタン・エタンからなる混合ガスハイドレートの解離熱. 雪氷、71(5)、341－351. (2009) (査読有り)
- ⑧ Hachikubo, A., O. Khlystov, A. Manakov, M. Kida, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, N. Takahashi, H. Shoji, G. Kalmychkov, J. Poort : Model of formation of double structure gas hydrates in Lake Baikal based on isotopic data. Geophys. Res. Lett., 36, L18504, doi:10.1029/2009GL039805. (2009)(査読有り)
- ⑨ Kida, M., A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Minami, A. Krylov, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, O. Khlystov, J. Poort and H. Narita : Natural gas hydrates with locally different cage occupancies and hydration numbers in Lake Baikal. Geochemistry Geophysics Geosystems (G3), 10(5), Q05003, doi:10.1029/2009GC002473. (2009)(査読有り)
- ⑩ 戸丸仁・南尚嗣・庄子仁・蛭田明宏・松本良・陸尊礼・Udo, F.・Jin, Y.K.・Obzhirov, A. : オホーツク海および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)
- ⑪ 庄子仁・Jin, Y.K.・Obzhirov, A.・Salomatin, A.・Baranov, B.・Gladys, V.・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 (1)、175-193. (2009) (査読有り)
- ⑫ 南尚嗣・Krylov, A.・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・Mateeva, T.・Jin, Y.K.・Obzhirov, A.・Poort, J. : 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)
- ⑬ 八久保晶弘・坂上寛敏・南尚嗣・布川裕・庄子仁・Mateeva, T.・Jin, Y.K.・Obzhirov, A. : 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)
- ⑭ Krylov, A.A., O.M. Khlystov, T.I. Zemskaya, H. Minami, A. Hachikubo, H. Shoji, M. Kida, T.P. Pogodaeva, L. Naudts and J. Poort : Crystallization of authigenic carbonates in the mud volcanoes at Lake Baikal, Geochemistry International, 46(10), 985-995, (2008)(査読有り)
- ⑮ Krylov, A., O. Khlystov, T. Zemskaya, H. Minami, A. Hachikubo, Y. Nunokawa, M. Kida, H. Shoji, L. Naudts, J. Poort, and 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, doi:10.1029/2007GL032917. (2008) (査読有り)
- ⑯ Krylov, A. A., I. A. Andreeva, C. Vogt, J. Backman, V. V. Krupskaya, G. E. Grikurov, K. Moran, and H. Shoji : A shift in heavy and clay mineral provenance indicates a middle Miocene onset of a perennial sea ice cover in the Arctic Ocean. Paleoclimatology, 23, PA1S06, doi:10.1029/2007PA001497. (2008)(査読有り)
- ⑰ Hachikubo, A., 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, doi:10.1029/2007GL030557. (2007)(査読有り)
- ⑱ 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) (査読無し)
- ⑲ Kida, M., H. Sakagami, N. Takahashi, A. Hachikubo, H. Shoji, Y. Kamata, T. Ebinuma, H. Narita and S. Takeya : Estimation of gas composition and cage occupancies in CH₄-C₂H₆ hydrates by CP-MAS ¹³C NMR Technique. Journal of the Japan Petroleum Institute, 50(3), 132-138. (2007) (査読有り)
- ⑳ Kida, M., O. Khlystov, T. Zemskaya, N. Takahashi, H. Minami, H. Sakagami, A. Krylov, A. Hachikubo, S. Yamashita, H. Shoji, J. Poort and L. Naudts : Coexistence of structure I and II gas hydrates in Lake Baikal suggesting gas sources from microbial and thermogenic origin. Geophys. Res. Lett., 33, 24, L24603, doi:10.1029/2006GL028296. (2006) (査読有り)

[学会発表] (計 67 件)

- ① Hachikubo, A., A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, H. Shoji, Y. K. Jin, A. Obzhirov : Isotopic composition of gas hydrates obtained from offshore Sakhalin, the Sea of Okhotsk. 9th Int. Conf. on Gas in Marine Sediments, University of Bremen, Germany, Sept. 15-19, 2008
- ② Minami, H., A. Krylov, A. Hachikubo, H. Sakagami, H. Tomaru, K. Hyakutake, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi, S. Nishio, H. Shoji, O.M. Khlystov, T.I. Zemskaya, T.V. Pogodaeva, and 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 Int. Conf. on Gas in Marine Sediments, Univ. of Bremen, Germany, Sept. 15-19, 2008
- ③ Minami, H., A. Hachikubo, A. Krylov, H. Sakagami, M. Ohashi, J. Bai, S. Kataoka, S. Yamashita, N. Takahashi and H. Shoji : 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 (ICGH 2008), Vancouver, Canada, July 6-10, 2008
- ④ Hachikubo, A., M. Kida, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, Y. Nunokawa, S. Yamashita, N. Takahashi, H. Shoji, O. Khlystov, T. Zemskaya, 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 (ICGH 2008), Vancouver, Canada, July 6-10, 2008
- ⑤ Krylov, A., O. Khlystov, T. Zemskaya, H. Minami, A. Hachikubo, Y. Nunokawa, K. Ayuta, N. Takahashi, H. Shoji, L. Naudts and J. Poort: Formation of the authigenic carbonates in Lake Baikal. International Conference on Gas Hydrate Studies, Hotel Mayak, Listvyanka, Sept. 4-6, 2007
- [図書] (計 7 件)
- ① Shoji, H., Y. K. Jin, A. Obzhirov and B. Baranov: Operation report of Sakhalin slope gas hydrate project 2009, R/V Akademik M. A. Lavrentyev Cruise 47. New Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami, 136p. (2010)
- ② SSGH Team, 2009: Seepage on north-eastern Sakhalin slope: hydroacoustic and side-scan sonar observations. Korea Polar Research Institute, Incheon. 62p. (2009)
- ③ Baranov, B.V., Jin, Y.K., Shoji, H., Obzhirov, A., Dozorova, K.A., Salomatin, A. and Gladyshev, V.: Gas hydrate system of the eastern Sakhalin slope: geophysical approach. Scientific report of the Sakhalin Slope Gas Hydrate project 2007. Incheon, Korea Polar Research Institute. 116p. (2008)
- ④ Jin, Y.K., H. Shoji, B. Baranov, and A. Obzhirov: Sakhalin Slope Gas Hydrate project 2008. Report of R/V Akademik M.A. Lavrentyev cruise 44. Incheon, Korea Polar Research Institute, 64p. (2008)
- ⑤ Shoji, H., Y. K. Jin and A. Obzhirov: Operation Report of Sakhalin Slope Gas Hydrate Project 2007, R/V Akademik M.A. Lavrentyev Cruise 43, Kitami Institute of Technology, Kitami, 39p. (2008)
- ⑥ Y. K. Jin, A. Obzhirov, H. Shoji and L. Mazurenko: Hydro-Carbon Hydrate Accumulations in the Okhotsk Sea (CHAOS-III Project). Report of R/V Akademik M.A. Lavrentyev Cruise 39, Korea Polar Research Institute, Incheon, 132 p. (2007)
- [その他]
- 北見工業大学学術機関リポジトリ
<http://kitir.lib.kitami-it.ac.jp/dspace/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 庄子 仁 (SHOJI HITOSHI)
 北見工業大学・工学部・教授
 研究者番号：50201562
- (2) 研究分担者 (H19→H20 全員が連携研究者)
- 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
- 南 尚嗣 (MINAMI HIROTSUGU)
 北見工業大学・工学部・准教授
 研究者番号：40241426
- 百武 欣二 (HYAKUTAKE KINJI)
 北見工業大学・技術部・技術員
 研究者番号：80374784
- 岡田 包儀 (OKADA KANEYOSHI)
 北見工業大学・技術部・技術員
 研究者番号：60400082
- 布川 裕 (NUNOKAWA YUTAKA)
 北見工業大学・技術部・技術員
 研究者番号：70400083
 (H20→H21 研究協力者)
- (3) 連携研究者