

表層型メタンハイドレートの胚胎構造であるガスチムニーのタイプと分布密度について

Types and distribution of gas chimneys: host structure of shallow gas hydrates

松本 良^{1*}; 佐藤 幹夫²; 大井 剛志¹
MATSUMOTO, Ryo^{1*}; SATOH, Mikio²; OI, Takeshi¹

¹ 明治大学ガスハイドレート研究所, ² 産業技術総合研究所
¹ Gas Hydrate Laboratory Meiji University, ² AIST

ガスチムニーとは長径数 100m から数 km の柱状の地下構造として定義され、海底下に 1km 以上連続する音響的プランキング帯に特徴づけられる。ガスチムニーは日本海の表層型ガスハイドレートの賦存構造であり、しばしば、塊状ハイドレートの海底露出、炭酸塩コンクリーションやバクテリアマットや関連する生物群集の発達により、サイドスキャンソナーの強反射帯として認識される。2013 年と 2014 年の 2 年間に 30,000km² の海域で MBES と SBP 音響観測を行い、971 個のガスチムニーを確認した。これらは、産状とサイズに基づいて、3つの形態的タイプに区分できる。タイプ A: 円柱状の単一チムニーで、直径 200-400m、海盆底に不規則に散らばって分布する。有機物に富む堆積物が厚く発達する隠岐トラフ底に多く、ガスは微生物分解起源である。タイプ B: 水平断面が不定形の複合型で、その広がり 500m x 3,000m ほど大きく、斜面から海盆底への変換点付近に発達する。AUV を用いた高分解能音響探査により隠岐トラフの斜面域に発見確認されたが、対馬海盆や日高沖にも同様の複合型が存在する可能性が高い。ガスサンプリングと組成分析はいまだ実施されていない。タイプ C: 単一もしくは複合型で円柱状のものが多く、直径は 400-600m、断層を伴う海嶺や海脚の頂部に地質構造方向に沿って発達する。日本海東縁変動帯に沿って発達した富山トラフ（上越沖）と最上トラフに特徴的である。500-200 万年前の日本海の反転テクトニクスにともなう褶曲と逆断層が深部の熱分解起源ガスの上方への移動通路となったと考えられる。ハイドレートを作るガスは熱分解起源あるいは熱分解起源と微生物起源が様々な割合で混合したガスである。タイプとサイズを考慮したガスチムニーの分布調査と解析が、表層型メタンハイドレート資源評価の基本的制約となる。本調査研究は経産省のメタンハイドレート資源開発促進事業の一環として実施されたものである。

キーワード: 表層型メタンハイドレート, ガスチムニー, 隠岐トラフ
Keywords: shallow gas hydrates, gas chimney, Oki trough

日本海表層型メタンハイドレート胚胎域における2014年度AUV詳細調査 FY2014 AUV survey in shallow methane hydrate fields in Japan Sea

森田 澄人^{1*}
MORITA, Sumito^{1*}

¹ 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST-GREEN

資源エネルギー庁の平成26年度メタンハイドレート開発促進事業に係る表層型メタンハイドレート調査の一環として、2014年5月10日から6月3日にかけて、隠岐周辺海域、上越沖、最上トラフの各海域を対象にAUV（自律型巡航探査機）を用いた詳細地質調査（SK14航海）を実施した。本調査は、同様のシステムで実施したSK13航海の調査を基本的に踏襲するものである。使用したAUVは深田サルベージ建設（株）が所有する「Deep1」で、支援母船として同社所有の「新海丸（329t）」を使用した。Deep1は3種の音響探査機器として、マルチビーム測深機（MBES: Multi-beam Echo Sounder）、サブボトムプロファイラー（SBP: Sub-bottom Profiler）およびサイドスキャンソナー（SSS: Side-scan Sonar）を備えており、1回の潜航で20時間以上の調査が可能である。測位には母船-AUV間のUSBLシステム（Ultra Short Base Line）を採用し、測線間隔が150mで海底からの高度が50mの通常調査モードと、測線間隔10mで高度25mの精密調査モードが適用された。調査対象は、当調査に先行して実施された広域地質調査（7K13および7K14航海）等で確認された、マウンドやポックマークとして認められる特異点を中心に選択しており、AUVを使用することで、広域地質調査に比してより高精度の探査が実現した。マウンド、ポックマークやその周辺の地形や地下浅層部構造を明らかにするとともに、これらに伴う音響学的ブランキングや強反射面、および海底反射強度分布などの特徴や変化をとらえた。

キーワード: メタンハイドレート, 自律型巡航探査機, マルチビーム音響測深, MBES, サブボトムプロファイル, サイドスキャンソナー

Keywords: Methane hydrate, AUV, multi-beam echo sounder, SBP, sub-bottom profile, side-scan sonar

海洋電磁探査による上越沖表層メタンハイドレート分布調査 Investigation of seafloor methane hydrates by marine controlled source electromagnetic method in offshore Joetsu areas

光畑 裕司^{1*}; 上田 匠¹; 森田 澄人¹; 棚橋 学²

MITSUHATA, Yuji^{1*}; UEDA, Takumi¹; MORITA, Sumito¹; TANAHASHI, Manabu²

¹ 独立行政法人 産業技術総合研究所, ² 明治大学

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²Meiji University

上越沖の3海域において、曳航型海洋人工信号源電磁探査 (Marine Controlled Source Electromagnetic, MCSEM) 法によるメタンハイドレート探査を実施した。使用した海洋電磁探査システムは、1台の送信機と約100m間隔で配置した4台の受信器をケーブルで連結し一連となったもの(米国 Scripps 海洋研究所所有)で、海底から約50mの高さを曳航しながら計測する海洋電磁探査システムである。送信機から送信した異なる周波数の電磁場により、海底下の地層に誘導される電磁応答を受信器で測定し、海底下100m程度までの比抵抗構造を推定するものである。調査は2014年8月中旬から9月上旬の約3週間、深田サルベージ建設株式会社の新日丸を利用し、MCSEM法探査システムの運用はカナダの Ocean Floor Geophysics Inc. (OFG) 社が中心となって実施した。

取得した電磁応答データから見掛比抵抗平面図および擬似比抵抗断面図を作成し、さらに、3次元逆解析を実施して調査3海域の海底下比抵抗構造を詳細に推定し、海底地形との比較をおこなった。今後は反射法など他の探査手法および掘削、検層、コアサンプルなどの情報を合わせた統合的な解釈に貢献すると同時に、メタンハイドレート探査に適応したMCSEM法のデータ取得・解析手法の研究開発を進めたい。

キーワード: 表層メタンハイドレート, 海洋電磁探査, 上越沖

Keywords: seafloor methane hydrates, marine controlled source electromagnetic method, offshore Joetsu areas

日本海上越沖・最上トラフ海域における掘削同時検層 (LWD) による 2014 表層型メタンガスハイドレート探査結果 Exploration results of shallow gas hydrate by 2014 Logging While Drilling in Off-Joetsu and Mogami Trough, Japan Sea

棚橋 学^{1*}; 松本 良¹; 森田 澄人²
TANAHASHI, Manabu^{1*}; MATSUMOTO, Ryo¹; MORITA, Sumito²

¹ 明治大学ガスハイドレート研究所, ² (独) 産業技術総合研究所
¹Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, ²AIST

日本海東縁域に発達する表層型メタンハイドレートの深度方向への発達状況を明らかにし、地質試料採取を計画するために、掘削作業船 Greatship Ragini、掘削装置 Geoquip Marine GMTR120 を使用して、2014 年 6 月 20 日から 7 月 17 日 (28 日間) に上越沖・最上トラフ海域において、本海域におけるメタンハイドレート探査として初めて合計 11 地点の掘削同時検層 (LWD) 調査を実施した (GR14 航海)。使用・実施した検層ツール・種目は、Schlumberger 社の geoVISION (比抵抗イメージ、自然ガンマ線)、TeleScope (計測・伝送)、sonicVISION (音波)、proVISION (CMR) である。

本海域では、高分解能音波探査断面上での音響ブランキングや海底表層での試料採取等により、表層型メタンハイドレートの発達が発達されるガスチムニー構造を海底下 50-120m 程度の深度に存在するハイドレート安定領域下底面 (BGHSZ) に深まで探査するために、各掘削地点での計画掘削深度は 150m として実施した。9 地点で計画通り 150m まで、1 地点ではガス湧出のため 100m まで、1 地点では地層が硬く掘進が困難であったため 80m まで掘削を実施し、全体として高品質の掘削同時検層データを取得した。ただし海底下 10-20m までは坑径拡大のため品質が低下することがあった。

10 地点で実施されたガスチムニー構造における LWD 探査においては、海底から BGHSZ の間に高比抵抗・高音波速度・低ガンマ線強度・低 CMR 孔隙率の異常で示されるメタンハイドレートが濃集していると推定される区間が発達している。ガスチムニー構造内及び近接した構造外地点との探査結果の比較によれば、ガスチムニー構造内部のみに発達する海底直下数十 m の表層型ハイドレート濃集区間と、構造の内外ともに発達する BGHSZ 上位のハイドレート濃集区間が存在することが判明した。表層型ハイドレートが特に発達している場合には海底から BGHSZ まで濃集区間がほぼ連続していることがある。多くの異常区間は、音波検層での高音速の鋭いピークと比抵抗検層での高比抵抗の幅の広いピークによって示される。

本研究は「平成 26 年度経産省メタンハイドレート開発促進事業」の一環として実施したものである。

日本海東縁に分布する表層型メタンハイドレートの産状と分布 - 「白嶺」によるガス
チムニー掘削 (HR14) の結果報告
Report on the drilling results of gas chimneys by R/V Hakurei (HR14) in the eastern
margin of the Japan Sea

角和 善隆^{1*}; 松本 良¹
KAKUWA, Yoshitaka^{1*}; MATSUMOTO, Ryo¹

¹ 明治大学ガスハイドレート研究所

¹ Gas Hydrate Research Lab., Meiji Univ.

2014年6月21日から7月10日にかけて、JOGMEC所有の「白嶺」により、日本海東縁の上越沖および秋田・山形沖のガスチムニー構造が発達する地形的高まりを掘削し、上越沖の上越海丘、秋田・山形沖の飛島西方では想定されていたメタンハイドレートの安定領域下限を越え、それぞれ122m、111.5mまで掘削することに成功した。飛島西方の地形的高まりでは、SBPに特徴のある近接する2ヶ所、縞状構造が発達する部分と音響的ブランキングを示すガスチムニー構造が発達する部分をそれぞれ掘削した。その結果、縞状構造が発達する部分では深度約48mまで掘削したがメタンハイドレートは無かった。一方、ガスチムニー構造が発達する部分では、深度約6m付近から下位では多くのメタンハイドレートが採取でき、メタンハイドレートはガスチムニー構造に特徴的に発達することがわかった。

掘削によって得られた表層型メタンハイドレートは、見かけ上の特徴から massive, granular, platy, veined などと分類したが、massive と granular は比較的浅い部分で、一方 platy と veined は全体的に産するものの特に深い部分で特徴的に観察された。特に上越沖ではこの傾向が明瞭であった。量的には、深度40-60mより浅い部分においてメタンハイドレート試料が多く得られた。また、固体のメタンハイドレートだけでなく、フリーガスも存在することが確認された。

現時点ではわずか3カ所の掘削結果であり、20mを超える深いコアはそれぞれ1本ずつにすぎないため、特に水平方向の発達程度がわからないなど一般化はできないが、表層型ガスハイドレートを産するガスチムニー構造のモデルを提示する。また、分類した各タイプのでき方を想定することにより、日本海東縁に分布する表層メタンハイドレートの形成過程についての考察を行った。それに基づくと、数十万年の継続的ガス供給と静的なメタンハイドレート安定領域という定常モデルではなく、比較的最近に現在のようなメタンハイドレートの深度分布を形成する顕著な事件があったことを示唆する。

謝辞: 「白嶺」運航に携わった JOGMEC 関係者の皆様には記して謝意を表します。本研究は平成26年度経済産業省「メタンハイドレート資源開発促進事業」の一環として行われました。

キーワード: 表層型メタンハイドレート, 日本海, ガスチムニー構造, 海洋掘削

Keywords: shallow methane hydrate, Japan Sea, gas chimney, drilling

日本海におけるガスハイドレートの生成・分解に伴う間隙水の地球化学的変化 Changes of pore water geochemistry constrained by gas hydrate formation/dissociation in the Japan Sea

戸丸 仁^{1*}; Snyder Glen²; 松本 良²
TOMARU, Hitoshi^{1*}; SNYDER, Glen²; MATSUMOTO, Ryo²

¹ 千葉大学理学部地球科学科, ² 明治大学ガスハイドレート研究所

¹Department of Earth Sciences, Chiba University, ²Gas Hydrate research Laboratory, Meiji University

Gas hydrate is composed of water and gas, mostly methane in natural environment, its formation and dissociation must change the geochemical signature of pore water in sediment in response to the amount, rate, and sedimentary environment of the gas hydrate. The eastern margin of the Japan Sea is one of the places where very active methane accumulation through the gas chimney structure sustains the formation of dense and thick gas hydrates near the seafloor. We have collected large number of sediment cores on and around the gas chimneys and have measured the geochemistry of pore waters to examine the existence and potential of gas hydrate, material transfer via fluid, and relationship with biological activities and mineral precipitations. The profiles, however, have not reached well down to or below the massive accumulation zone of gas hydrates, the entire model of pore water changes has not been discussed well. We report the analytical results of pore waters collected successfully from the sediments within/deeper than the gas hydrate stability during the HR14 expedition and show that the pore water geochemistry has been modified strongly by the formation/dissociation of gas hydrate through the gas chimney structures compared to that outside the chimney.

The sulfate concentration of pore water at the site outside the gas chimney progressively decreases with depth, reaching 0 mM at 10 mbsf (sulfate-methane interface; SMI), and is stable at very low level. The chloride concentration is close to the seawater level throughout the sediment. The high concentration anomaly only of sulfate occurs exceptionally at 42 mbsf where the sediment core looked "wet/loose", reflecting contamination of seawater during coring. The significant concentration of sulfate below the SMI is therefore useful for the correction of contamination with seawater/drilling mud. Contrary, the sulfate concentrations at two sites within the gas chimney are strongly variable below the SMI through the gas hydrate stability, indicating the contamination of seawater/drilling mud by the coring of tight gas hydrate layers or the intrusion of these fluids into the loosen sediment due to gas hydrate dissociation or gas expansion. After the correction of contamination with seawater/drilling mud, pore waters collected from gas hydrate-free sediment layers between dense massive/granular/platy gas hydrate accumulation zones are strongly enriched in chloride compared to the seawater value of 560 mM, reaching up to ~1200 mM at 15 to 25 mbsf, and the in-situ chloride concentration (Cl-baseline) shifts to ~600 mM to the bottom of gas hydrate stability at both sites. This is because the rate of gas hydrate formation and chloride exclusion from the crystal exceeds the diffusion of pore water. The most rapid and active formation of gas hydrate occurs as shallow as 15 to 25 mbsf in the research area, the formation of dense gas hydrates at these depths responsible for the topographic change like mound overlying gas chimney. The high Cl-baseline below this interval indicates active gas hydrate formation as well, the in-situ pore water geochemistry is essentially characterized by the rapid formation and distribution of massive gas hydrates within the gas chimney.

The concentrations of chloride from gas hydrate-bearing sediment and sometimes from normal sediment decrease by ~200 mM from the Cl-baseline value. The former results from the dissociation of gas hydrate during the core recovery, and the latter indicates that the invisibly small gas hydrates existed in the sediments and dissociated. The chloride concentration also decrease to ~400 mM below the gas hydrate stability, indicating the dissociation of all of the gas hydrates in sediments after the burial and subsequent diffusion of gas hydrate-derived fresh water into sediments.

This research is a part of METI's project entitled "FY2014 Promoting research and development on methane hydrate".

キーワード: 表層型ガスハイドレート, 間隙水, 日本海
Keywords: Shallow gas hydrate, pore water, Japan Sea

白嶺 1403 コアのメタンハイドレートから分離された石油状物質のバイオマーカー組成 The biomarker composition of petroleum-like substance isolated from methane hydrate in RC 1403 core

荻原 成騎^{1*}
OGIHARA, Shigenori^{1*}

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
¹Earth & Planetary Science, The University of Tokyo

白嶺 1403 コア深度 27m 付近より採取された厚いメタンハイドレート層より、石油状物質を溶解分離した。このハイドレート層上位の円礫層には、石油状物質の付着が見られた。バイオマーカーの分離抽出後、GC/MS 分析を行い、石油状物質の性質、成因、熱および微生物分解の履歴を議論した。

黄色～茶色のハイドレートは、室温にて静置溶解させると、水層の表面に茶色の石油状物質が分離した。表面に浮く石油状物質をピペットにて 0.1ml 吸い上げ、2ml のヘキサン中に投下した。礫に付着する石油状物質については、溶媒 (DCM:MeOH/93:7) 中にて超音波抽出法によって分離した。硫酸マグネシウムにて脱水の後、窒素吹付法にて溶媒を乾固、シリカゲル絡むクロマトグラフィーにて分画した。本報告では、炭化水素画分とケトン・エステル画分について、GC/MS 分析のうち、炭化水素画分、ケトン・エステル画分の分析結果を示し、石油状物質の成因、熱および微生物分解の履歴を議論する。

ハイドレートから採取した石油状物質の炭化水素画分は、低炭素数側において Hump (こぶ) が見られ、二つの二環化合物 (bicyclic sesquiterpanes) が角のように分布する。25-tetracyclic terpane と少量の ab-hopane が検出された。これに対して、n-alkane および pristane, phytane で代表される acyclic isoprenoid 炭化水素、および steroid 炭化水素は全く検出されなかった。このような特徴は、heavy biodegradation を被った oil の特徴とよく一致する。

ケトン・エステル画分のクロマトグラムには、環状構造を持つ化合物が複数認められた。多数の hopanic (hopenic) ketone (微生物マーカー)、さらに、lupanoid ketone, ursanoid ketone (被子植物マーカー) が検出された。これらの化合物の個別炭素同位体組成は、はぼ 30% であった。Hopanic ketone は、それ自体報告例の少ない珍しい化合物であり、hopanoid の酸化、biodegradation によって生成されたと考えられている。

以上の分析結果より、白嶺 1403 メタンハイドレートから分離された石油状物質は、強い biodegradation を被った石油 (原油) である。この結果は、地層中における有機物の活発な微生物分解活動を示している。lupanoid ketone, ursanoid ketone は被子植物マーカーであることが知られており、原油状物質の起源に陸上有機物の寄与が大きいことが予想される。

本研究は「平成 26 年度経産省メタンハイドレート開発促進事業」の一環として実施されたものである。

キーワード: 日本海, メタンハイドレート, バイオマーカー
Keywords: Japan Sea, Methane hydrate, biomarker

日本海東縁と隠岐周辺海域の海底堆積物から採取した間隙水中のメタノールの分布 Profiles of methanol in pore water of deep-sea sediments in eastern margin of Japan Sea and around Oki islands

山田 恭平^{1*}; 谷 篤史¹; 戸丸 仁²; 松本 良³

YAMADA, Kyohei^{1*}; TANI, Atsushi¹; TOMARU, Hitoshi²; MATSUMOTO, Ryo³

¹大阪大・理, ²千葉大・理, ³明治大・ハイドレート研

¹Osaka Univ. Sci., ²Chiba Univ. Sci., ³Meiji Univ. GHLAB

メタンと水からなるメタンハイドレートは新たな資源として注目されており、研究・開発が進められている(例えば、Max, 2000; 松本良, 2009)。そのメタンは、熱による有機物分解や微生物代謝を起源としていることから、天然メタンハイドレート環境は微生物と深く関わっているとされる(例えば、柳川ら, 2012)。これまで、海底堆積物の間隙水に含まれるCO₂やメタン、酢酸濃度分布に関する研究や、メタン生成菌に関する研究が広く行われてきた(例えば、吉岡&坂田, 2010)。しかし、微生物活動と密接に関係していると思われるメタノールなどのC1化合物の分布を海底環境下で調査した研究はほとんどない。我々のグループでは、2010年の上越沖での調査航海(MD179航海)で採取した海底下最大約40mのピストンコア試料を対象に、海底堆積物の間隙水に含まれる水溶性C1化合物の濃度分布について研究した(Yamamoto et al., 2011)。メタノールの濃度は海底直下では検出限界以下であったが、ある深度で徐々に増加する傾向を示した。また、同堆積物における微生物によるメタノール消費活性も示唆された(山本, 2013)。本研究では、さらなるメタノールやホルムアルデヒドの濃度分布を調べるため、次の2つの項目について調査を行った。深さ40mより深い海底堆積物での濃度分布を明らかにすることを目的に、2014年6-7月に日本海東縁の上越沖と秋田・山形沖において実施されたHR14航海で採取した海底堆積物(最深部で海底から約120m)を、異なる海域での濃度分布を明らかにすることを目的に、2014年7月に隠岐周辺海域において実施されたUT14航海で採取した海底堆積物を本研究の分析対象とした。堆積物からスクイーザーを用いて間隙水を採取し、バイアル瓶に取り分けた。分析法はヘッドスペース-GC/MS法である。ほとんどの試料のメタノール濃度は、海底下浅部においては検出限界以下で、ある深度から増加する傾向が見られたが、深度に対して単調増加ではなかった。これらの結果は、山本らの先行研究と整合的であった。一方、隠岐周辺海域の一部のコアでは、浅部試料でもメタノールが検出された。これらの結果から、メタノールは深部からの単純な拡散だけではないこと、同じ表層メタンハイドレート環境の中でも不均一な分布をしている可能性が示された。本研究は平成26年度メタンハイドレート開発促進事業の一環として実施された。

キーワード: 間隙水, 海底堆積物, 水溶性揮発性有機化合物

Keywords: pore water, deep-sea sediment, water-soluble volatile organic compounds

ピストンコアで採取した表層メタンハイドレート断面のラマン分光イメージング Cross section observation of shallow gas hydrates by Raman imaging

谷 篤史^{1*}; 來見 圭祐¹; 蛭田 明宏²; 松本 良²

TANI, Atsushi^{1*}; KURUMI, Keisuke¹; HIRUTA, Akihiro²; MATSUMOTO, Ryo²

¹大阪大学・理, ²明治大学・ガスハイドレート研究所

¹Osaka Univ., Sci., ²Meiji Univ. GHLAB

メタンハイドレートは、メタン分子が水分子により形成された籠構造（ケージ）に取り込まれている包接化合物で、日本近海の海底にも多く分布していることが確認されている（Matsumoto et al., 2011）。砂層の孔隙充填型メタンハイドレートに比べると、表層型ではサイズの大きいメタンハイドレート試料が回収されており（Lu et al., 2011）、X-CTによる3次元観察も進められている（Tani et al., 2013）。そのCT像をよく観察すると、メタンハイドレートと思われる箇所に色の違い（濃淡）が見られた。本研究では、この濃淡が何に起因するのかを明らかにするため、UT13 航海で回収されたメタンハイドレート試料を対象に、X線CT画像による3次元観察と、ラマン分光による分割断面のイメージングを行った。両者の比較から、メタンハイドレートは数ミリ程度の粒として斑状に分布していること、CT像の濃淡の「淡」の部分がメタンハイドレートに、「濃」の部分が氷に対応していることが明らかとなった。本研究は平成26年度メタンハイドレート開発促進事業の一環として実施された。

キーワード: 表層メタンハイドレート, 画像計測, ラマン, X線CT, 分解

Keywords: shallow gas hydrates, imaging, Raman, X-CT, dissociation

上越沖メタンハイドレート賦存海域に生息する生物群集の食物網解析 Analysis of benthic community food web at gas hydrate deposits of Joestu Basin

福田 朱里^{1*}; 幸塚 麻里子²; 沼波 秀樹³; 鈴木 庸平²; 松本 良¹
FUKUDA, Akari^{1*}; KOUZUKA, Mariko²; NUMANAMI, Hideki³; SUZUKI, Yohey²; MATSUMOTO, Ryo¹

¹ 明治大学 研究・知財戦略機構, ² 東京大学 理学研究科 地球惑星科学専攻, ³ 東京家政学院大学家政学部家政学科
¹Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji Univ., ²Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, the University of Tokyo, ³Department of Home Economics, Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei-Gakuin University

海底堆積物中では、一般的に、光合成を利用して作られた有機物やその分解生成物に依存した生態系がひろがっている。その一方で、無機化合物（メタンや硫化水素等）の化学反応によりエネルギーを獲得する化学合成生態系の存在が知られている。メタン湧出域では、化学合成生物群集として大型生物（二枚貝、巻貝、甲殻類やハオリムシ）が卓越することがある。化学合成細菌を体内に共生するタイプの生物と化学合成細菌（バクテリアマット）を直接捕食するタイプの生物の2つに分けられる。また、それらの生物を捕食する生物も化学合成生態系の一員となる。日本海のメタン湧出域では、重要な漁業資源であるベニズワイガニが湧水の周りに集まる様子が観られる。また、深海の冷湧水や熱水噴出域でみられる化学合成生物群集の代表種として知られる巻貝のプロバンナの生息が確認されている。しかし、その生態とメタンが生み出す化学エネルギーとの関連性は明らかとなっていない。

そこで本研究では、上越沖メタンハイドレート賦存海域の生物群集の生態系を明らかにするため、カニ、ゲンゲ、バイ、ヨコエビ、ゴカイ等の炭素・窒素安定同位体比を測定し、食物網の解析を行った。炭素と窒素では摂食・同化の際の同位体分別効果が異なるため、捕食者と被食者の安定同位体比を比較することで、栄養起源と栄養段階の解析を行った。

2013年9月23日から30日にかけて、日本海上越沖のメタンハイドレート賦存海域として、海鷹海脚、鳥ヶ首海脚においてスラップガンやクマデを用いて底生生物をサンプリングした。また、MBARI採泥器を用いて表層0~2.5, 2.5~5 cmの堆積物試料のサンプリングを行った。メタン湧出域ではないレファレンスサイトとして上越海丘のサイトでもサンプリングを行った。底生生物試料は船上で解剖し、分析まで冷凍保存した。研究室に持ち帰った試料は、凍結乾燥により粉末状にし、銀製コンテナに秤量後、塩酸蒸気で無機炭素除去、NaOH蒸気で中和処理を行った。助燃のため、乾燥したサンプルをすず製コンテナで再梱包を行い、同位体比質量分析計 (Flash 2000, Thermo Scientific 社) により炭素および窒素の安定同位体比の測定を行った。表層堆積物試料は、3%塩酸溶液を添加し、ホットプレートの上で脱炭酸処理を行ってから、秤量、梱包を行い、安定同位体比の測定を行った。

その結果、ベニズワイガニとノロゲンゲについて、メタン湧出の影響のないレファレンスサイトとメタンハイドレート賦存海域のシープサイトの両サイトで採取したが、その炭素・窒素安定同位体比の値に有意な違いはなかった。その他に、大型肉食生物のイカや一部のオオエッチュウバイがそれらと近い値を示した。ベニズワイガニについて、イカの捕食や共食いが海底において観察されているが、炭素・窒素安定同位体比の値から、小型甲殻類やプランクトン、懸濁態有機物等が主食と考えられた。つまり、ベニズワイガニはシープに集まる様子が観察されているが、食性はシープ依存ではなく、光合成生態系群集の一員であることが示唆された。

化学合成生物群集の代表種として知られるプロバンナが、シープサイトで採取され、炭素・窒素安定同位体比においてゴカイと近い値を示した。アゴゲンゲはその同位体比からプロバンナやゴカイを捕食していることが示された。実際に、アゴゲンゲの胃内容物の直接観察により、プロバンナを確認しており、プロバンナとアゴゲンゲは捕食-被食関係にあるといえる。プロバンナ、ゴカイ、アゴゲンゲの炭素安定同位体比は、前述した光合成生物群集である肉食動物等に比べて、軽い値を示し、それらは、化学合成細菌からなるバクテリアマットを利用する化学合成生物群集と考えられた。

一方、オオエッチュウバイはサイトによって異なる炭素・窒素安定同位体比を示した。オオエッチュウバイがサイトにより栄養起源と栄養段階が異なる餌を食べていることが示され、幼体、成体での食性の違いよりもサイトによる食性の違いが大きいことが明らかとなった。

今回の炭素・窒素安定同位体比の測定では、胃内容物の直接観察のような調査に比べ、さまざまな種において同様な処理を行い、食物網の解析を行うことができ、メタンハイドレート賦存海域に生息する生物群集がメタンシープに依存しているか否かを明らかにすることができた。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一環として実施されたものである。

キーワード: メタンハイドレート, 底生生物, 食物網, 安定同位体比

Keywords: methane hydrate, benthic fauna, food web, stable isotope analysis

2014年7K14航海における日本海東縁の海洋上大気ガス濃度分布 Distribution of atmospheric gas concentration in eastern margin of Japan Sea: A preliminary report from the 7K14 cruises

青木 伸輔^{1*}; 小宮 秀治郎¹; 登尾 浩助²; 松本 良³
AOKI, Shinsuke^{1*}; KOMIYA, Shujiro¹; NOBORIO, Kosuke²; MATSUMOTO, Ryo³

¹ 明治大学大学院農学研究科, ² 明治大学農学部, ³ 明治大学研究知財戦略機構

¹Graduate School of Agriculture, Meiji University, ²School of Agriculture, Meiji University, ³Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University

Hydrate of natural gas is widely distributed in marine sediments in the eastern margin of Japan Sea. The natural deposits of gas hydrates are estimated to hold higher reserves than known conventional gas reservoirs. An active seepage of gas from the seafloor has previously been reported from gas hydrate fields worldwide. Atmospheric methane (CH₄), major component of seep gases, is an important short-lived climate pollutant. Our objective was to measure the distribution of atmospheric CH₄ concentration over the sea surface of gas hydrate areas along the eastern margin of Japan Sea.

We used the R/V Kaiyo-Maru No.7 (Kaiyo Engineering Co., Ltd., Japan) for the survey in the Oki Trough and offshore Akita-Yamagata (Mogami Trough) from mid April to early June 2014. Continuous measurement of atmospheric CH₄ was performed on the ship using a wave-length-scanned cavity ring-down spectrometer (WS-CRDS) (model G2201-i, Picarro Inc., USA). Air sample was collected from an air intake at the top deck of the ship using an air pump placed in the observation room. To our experience, the ship sailed at approximately 6 knot. Location data were obtained from the nautical GPS.

Observed CH₄ concentration over the sea surface was not uniform in Mogami Trough, while mostly uniform throughout the Oki Trough. In addition, there was a tendency that CH₄ concentration in Mogami Trough was higher than that in Oki Trough.

This research was a part of METI's project entitled "FY2014 Promoting research and development on methane hydrate".

キーワード: 表層型ガスハイドレート, メタンガス, ガス濃度分布

Keywords: shallow gas hydrates, methane gas, distribution of gas concentration

オスモサンプラーによる間隙水の連続採水とその地球化学 Geochemistry of continuous pore water intake by Osmotic Fluid Sampler

尾張 聡子^{1*}; 戸丸 仁¹; 松本 良²
OWARI, Satoko^{1*}; TOMARU, Hitoshi¹; MATSUMOTO, Ryo²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 明治大学
¹Chiba university, ²Meiji university

On the Umitaka Spur of the Japan Sea, methane venting on the seafloor has been observed by ROV Hyper Dolphin, its strength and location change in short period. These changes effect on chemical and ecological environment of pore water and shallow sediments, continuous observation of these fluctuations are key to understand the dynamics of gas hydrate system near the seafloor. We have applied an osmotic fluid sampling system (OsmoSampler) from September 2013 to October 2014 to collect pore waters near the seafloor continuously and show the variations of gas and fluid geochemistry associated with the activity of gas venting. Although the concentration of sulfate is lower than that of seawater, it fluctuates for days accompanying small variation of methane concentration. The concentrations of chloride and other major ions also fluctuate near the seawater value. These changes of gas and fluid geochemistry may reflect the change of methane flux and following formation/dissociation of gas hydrates.

This research is a part of METI's project entitled *FY2014 Promoting research and development on methane hydrate*.

Keywords: Gas Hydrate, Methane Flux, SMI

上越海丘周辺の BSR およびガスハイドレートの分布と 3次元速度構造との関係について
3D Seismic Velocity Structures Associated with BSRs and Gas Hydrate Accumulations on Joetsu Knoll in the Japan Sea

酒井 明男^{1*}; 松本 良¹
SAKAI, Akio^{1*}; MATSUMOTO, Ryo¹

¹ 明治大学ガスハイドレート研究所

¹ Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

Characteristics of BSRs

In the eastern margin of Japan Sea, gas hydrates in shallow sediments are characterized by blanking or gas chimney associated to mounds and pockmarks on the seabed. SadoW 3D seismic survey was conducted by METI offshore Niigata in 2008. 3D seismic data on Joetsu Knoll shows aligned BSR bumps on the ridge characterized by structural and velocity pull-ups associated to seabed morphology initiated mainly by large-scale methane seepage.

In this area, multiple BSRs are commonly observed. BSR map was illustrated for the shallowest. For BSR identification, we prepared the curves of seabed depth vs. thickness of BGHS below seabed as a function of geothermal gradients with seabed temperatures. Estimated BGHS is governed by several unknown factors. BSR shows acoustic impedance change and corresponds to BGHZ or top of free gas. Free gas exists if mass fraction of upward flux of gas exceeds its solubility in liquid. Once fraction is less than its solubility, separation of BGHZ and BGHS occurs.

On the ridge of Joetsu Knoll, aligned BSR bumps are conspicuous and have upward correspondence to mounds and adjacent pockmarks on the seabed, some of which appear to be related to subvertical faults interpreted as venting passes, which show blanking. Pull-up effects of higher velocity above them exaggerate relief of bumps. Along 2D sliced lines, acoustic velocity is estimated by continuous velocity analysis. Zone of higher velocity more than approx. 1700m/s spreads above BSR, which sandwiches relatively lower velocity zone. Below BSR bumps, two types of spreading of lower velocity zones is prominent, i.e., downward and horizontal on strong reflectors.

Blanking has multifold background; intense gas hydrates formation, free gas venting passes and other seismic wave attenuation/scattering phenomena. Important point is that apparent amplitude features are dependent on the frequency bands of respective surveys. It has not been commonly mentioned that amplitude behaviors alone could not rule out others as possible origins. Velocity information is important to reason probable origins. Lower velocities just above BSR show velocity smearing related to resolution limit of the current velocity analysis. Note short scale complex subsurface structure deteriorates the accuracy of velocity estimate in conventional velocity analysis. This shortcoming shall be overcome by more advanced approaches for fine and accurate mapping. Velocity evaluations by FWI as an example are taken for some velocity model inversion.

Seismic line along LWD locations

GR14 LWD survey was conducted in 2014 by METI. On L18_Line 6 of METI SK13 AUV/SBP survey, a 2D sliced seismic line is taken along the line of GR14 sites D1-1 and D10-1 from 3D seismic data and velocity structure map is generated. At site D1-1 for LWD1410, seismic blanking is prominent above and below BSR. Just below BSR, lower velocity compartment is striking and prominent blanking zone above BSR shows higher velocity. At site D10-1 for LWD1409, above and below BSR there are no prominent seismic blanking zones. Just above BSR, laterally spreading higher velocity is prominent.

Synthetic seismograms are computed by invariant imbedding method and compared with seismic data. Its frequency band of synthetics with Ricker wavelet source is adjusted to that of seismic data and amplitude of seismic data is adjusted to synthetic seismogram. Synthetic seismograms of LWD sonic show relatively higher amplitudes in later phases are partly caused by assumed density models and/or possible attenuation mechanism for seismic data. LWD resistivity converted to TWT indicates that estimated BGHZ does not correspond to BSR, which suggests higher LWD sonic velocities and/or probable frequency effects under the assumption of no separation of BGHZ and BSR in these locations and no specific site locality.

We would like to thank the permission of METI/JOGMEC for the usage of SadoW3D data in the current study and publication.

キーワード: ガスハイドレート, ブランキング, ガスチムニー, 波動場インバージョン, 上越海丘, 佐渡西方 3次元地震探査
Keywords: Gas Hydrate, Blanking, Gas Chimney, FWI, Joetsu Knoll, SadoW 3D Seismic Survey

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 Characteristics of natural gas hydrate retrieved at northern central Baikal basin

八久保 晶弘^{1*}; KHLYSTOV Oleg²; KALMYCHKOV Gennadiy³; 坂上 寛敏¹; 南 尚嗣¹; 山下 聡¹;
高橋 信夫¹; 庄子 仁¹; DE BATIST Marc⁴
HACHIKUBO, Akihiro^{1*}; KHLYSTOV, Oleg²; KALMYCHKOV, Gennadiy³; SAKAGAMI, Hirotooshi¹;
MINAMI, Hirotsugu¹; YAMASHITA, Satoshi¹; TAKAHASHI, Nobuo¹; SHOJI, Hitoshi¹; DE BATIST, Marc⁴

¹ 北見工業大学, ² ロシア科学アカデミー陸水学研究所, ³ ロシア科学アカデミー地球化学研究所, ⁴ ゲント大学
¹Kitami Institute of Technology, ²Limnological Institute, SB RAS, ³Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, ⁴Ghent University

Lake Baikal (Russia) is the solitary example of hydrate-bearing area in the environment of fresh water. Gas hydrate samples in sandy turbidites were first obtained at the southern Baikal basin in the Baikal Drilling Project in 1997. Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2014), the international collaboration between Japan, Russia, and Belgium, has revealed distribution of gas hydrate in sub-bottom sediment at the southern and central Baikal basins. In the last cruise (MHP-14) we obtained gas hydrate crystals from four new places (Kukuy K-5, Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin) at the central Baikal basin. We report the characteristics of hydrate-bound gases at these sites.

Samples of hydrate-bound gas were obtained onboard and stored in 5-mL vials. We measured molecular and stable isotope compositions of the samples. According to the $C_1/C_2 - C_1\delta^{13}C$ diagram (Bernard *et al.*, 1976), the $\delta^{13}C - \delta D$ diagram for C_1 (Whiticar, 1999), and the $C_1\delta^{13}C - C_2\delta^{13}C$ diagram (Milkov, 2005), the gas characteristics show the following information:

1) Hydrocarbons at the Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin are microbial origin, and those of Kukuy K-5 is in the field of mixed-gas between microbial and thermogenic gases.

2) In the "Bernard diagram", hydrate-bound hydrocarbons of Kukuy K-5 locate on the mixing line of microbial gas at the Kukuy K-9 and thermogenic gas at the Kukuy K-4, those are the end members at the Kukuy Canyon area.

3) $C_2 \delta^{13}C$ of the hydrate-bound gas at the the Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin are low (less than -50 ‰), indicating microbial C_2 . Microbial C_2 in the hydrate-bound gas has been observed at the Krasnyi Yar and Peschanka P-2 at the southern Baikal basin, and the Ukhan and Unshuy at the central Baikal basin.

4) The site Barguzin locates only 7 km distance from the site Gorevoy Utes, where oil-stained gas hydrate with thermogenic gas was retrieved.

Bernard BB, Brooks JM, Sackett WM (1976) Natural gas seepage in the Gulf of Mexico. *Earth Planet Sci Lett* **31**: 48-54.

Milkov AV (2005) Molecular and stable isotope compositions of natural gas hydrates: a revised global dataset and basic interpretations in the context of geological settings. *Org Geochem* **36**: 681-70. doi:10.1016/j.orggeochem.2005.01.010

Whiticar MJ (1999) Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane. *Chem Geol* **161**: 291-314. doi:10.1016/S0009-2541(99)00092-3

キーワード: ガスハイドレート, 結晶構造, バイカル湖

Keywords: gas hydrate, crystallographic structure, Lake Baikal

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 Micropore effect on dissociation process of methane hydrate and fractionation of stable isotopes

太田 有香^{1*}; 八久保 晶弘¹; 竹谷 敏²
OOTA, Yuka^{1*}; HACHIKUBO, Akihiro¹; TAKEYA, Satoshi²

¹ 北見工業大学, ² 産業技術総合研究所

¹Kitami Institute of Technology, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Gas hydrates are clathrate compounds that the guest-gas molecules are trapped in host-cages composed of water molecules, and are stable at low temperatures and high pressure conditions. Natural gas hydrate exists in the sea bottom sediments off Sakhalin Island (Sea of Okhotsk), those comprised of diatom with many small pores. Sediment particles may affect to formation and dissociation processes of gas hydrate because their small pores change equilibrium pressure of gas hydrate. Isotopic fractionation of guest gas between gas and hydrate phases has been reported (Hachikubo *et al.*, 2007), however, little is known about the effect of micropore on the fractionation of stable isotopes. We conducted calorimetric measurements of methane hydrates (MH) formed with silica-gel pores to investigate thermal properties of MH in the small pores, and measured isotopic difference in methane molecules between MH and residual gas at their formation process.

The silica-gel sample (pore diameter: 15 nm) was dried at 423 K for 24 hours and then adsorbed water in a chamber for three days. Methane hydrates were formed with the adsorbed water in silica-gel pores under high pressure of methane (10 MPa) at 273.2 K. Silica-gel samples with methane hydrate were stored in liquid nitrogen and the residual gas was also sampled. Thermographs of the hydrate sample were obtained by a calorimeter. Stable isotopes (carbon and hydrogen) of hydrate-bound and residual methane were measured by an IRMS.

The thermograph revealed that a broad peak around 173 K and other peaks ranged from 193 K to 203 K corresponded to dissociation of pore and bulk hydrates, respectively. Because the dissociation of hydrate formed ice and plugged the pores, a large endothermic peak appeared in the range from 223 K to 273 K and the internal pressure increased due to dissociation of confined hydrate.

δD of hydrate-bound methane was 6.2-7.2 ‰ lower than that of residual methane in the formation processes, agreed fairly with the result of Hachikubo *et al.* (2007). While there was no difference in the case of $\delta^{13}C$ (Hachikubo *et al.*, 2007), our results showed that $\delta^{13}C$ of hydrate-bound methane was several ‰ higher than that of residual methane, suggesting effect of micropores.

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. *Geophys Res Lett* **34**: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

キーワード: ガスハイドレート, 細孔, 珪藻, 安定同位体, 同位体分別, 熱分析

Keywords: gas hydrate, micropore, diatom, stable isotope, isotopic fractionation, calorimetry

メタンハイドレート研究開発における物性評価の重要性と東部南海トラフ海域での 圧力コアリングオペレーション Importance of physical property evaluation for methane hydrate R&D and pressure coring- analysis operation

山本 晃司^{1*}; 長尾 二郎²; 藤井 哲哉¹
YAMAMOTO, Koji^{1*}; NAGAO, Jiro²; FUJII, Tetsuya¹

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ² 独立行政法人産業技術総合研究所

¹Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

自然現象であれ、資源開発のための人工的な操作によるものであれ、堆積物中のメタンハイドレートの分解は多孔質媒体中の熱と流体の輸送問題に帰着できる。また、熱の輸送に関しても、移流項の効果が大きいため、流体の移動が大きな影響を与えると予想される。この基本的な物理の問題を複雑にしている要因は、地層が本来的に有する複雑性、これらの輸送問題を支配するパラメータがハイドレート分解によって変化すること、そして、メタンハイドレートを胚胎する軟弱な堆積物の物性が力学的な効果で変化することの3つであると言える。従って、メタンハイドレートからのガス生産技術の研究は、これらの複雑な条件のもとでの水理・熱・力学物性とそれらがどう変化するかを理解することであるとも言える。

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)では、地震探査、物理検層・サンプル取得・原位置試験等を含む掘削調査、室内実験、数値シミュレーション等を通じて、地層中の材料のこれらの物性の値とその分布、それらが分解挙動に与える影響の定量的な評価を、様々な視点で試みてきた。その中でも、実際にメタンハイドレートを含む地質材料を、原位置状態を可能な限り保ったまま取得して分析し、物性値を直接計測することは、特に重要であると言える。

2012年6-7月に、MH21研究コンソーシアムは海洋研究開発機構の地球深部探査船「ちきゅう」を使用して、東武南海トラフ海域の第二渥美海丘のハイドレート濃集区間で、圧力保持型のサンプラーを利用したコアリングを実施し、51m区間から約35mの試料を取得し、その2/3で概ね圧力を保持することができた。

これらの試料は船上で即時解析された上、一部は圧力を保持したまま陸上でよりコントロールされた条件での試験に供された。これらの試験の主眼はハイドレート分解前後の水理及び力学パラメータを取得することであった。また、それらの計測と地質条件の関係が重要なポイントであり、コアの分析から当該地層の形成過程などについて詳細な知見を得ることができた。

これらの研究の一部は日米共同研究として実施された。さらに、その成果は Marine and Petroleum Geology 誌の特集号にまとめられて公表される。本発表では、研究の目的、コアリングの作業、分析の流れについて発表する。

キーワード: メタンハイドレート, 圧力コア, 水理, 力学, 物性

Keywords: methane hydrate, pressure core, hydraulic, mechanics, physical properties

東部南海トラフにおける圧力コアリングで採取された天然ガスハイドレートの結晶学的特徴
Crystallographic features of natural gas hydrates recovered by pressure coring in the eastern Nankai Trough area

木田 真人^{1*}; 神 裕介¹; 渡邊 瑞穂¹; 今野 義浩¹; 米田 純¹; 長尾 二郎¹
MASATO, Kida^{1*}; JIN, Yusuke¹; WATANABE, Mizuho¹; KONNO, Yoshihiro¹; YONEDA, Jun¹; NAGAO, Jiro¹

¹ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Natural gas hydrates are crystalline clathrate compounds that natural gas components are incorporated into cage-like frameworks consist of hydrogen-bonded water molecules. Natural gas hydrates are stable under high pressure and low temperature conditions such as deep marine environments. Crystallographic structures of gas hydrates are related to amount of trapped gas or thermodynamically stable condition for natural gas hydrates, which are important to characterize natural gas hydrate reservoirs.

In this study, the crystallographic properties of the natural gas hydrates recovered by pressure coring in the eastern Nankai Trough area were characterized by the spectroscopic analyses. The hydrate-bearing sediments were recovered from the eastern Nankai Trough area during the 2012 JOGMEC/JAPEX Pressure coring operation, aboard the DV Chikyu.

The primary hydrocarbon component is microbial methane for gases released from the hydrate-bearing sediments. The released gas contained trace amounts of ethane and heavier hydrocarbons. NMR and Raman spectroscopic analyses reveal that the crystallographic structure is structure I and the hydration number is 6.1.

This work was supported by funding from the Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21 Research Consortium) planned by METI.

キーワード: ガスハイドレート, メタンハイドレート, 炭化水素, 圧力コア, 結晶構造
Keywords: gas hydrate, methane hydrate, hydrocarbons, pressure-coring, crystal structure

圧力コアによるメタンハイドレート胚胎層の浸透率特性解析 Pressure Core Analysis on Permeability of Methane-Hydrate-Bearing Sediments

今野 義浩^{1*}; 米田 純¹; 神 裕介¹; 木田 真人¹; 鈴木 清史²; 藤井 哲哉²; 長尾 二郎¹
KONNO, Yoshihiro^{1*}; YONEDA, Jun¹; JIN, Yusuke¹; KIDA, Masato¹; SUZUKI, Kiyofumi²;
FUJII, Tetsuya²; NAGAO, Jiro¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ²Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC)

Permeability is the most important factor affecting the gas productivity of hydrate-bearing sediments. In this study, effective water permeability of hydrate-bearing sandy sediments was measured by core-flooding test. The core samples were recovered under pressure from a methane hydrate reservoir located at the Daini-Atsumi knoll in the Eastern Nankai Trough off the shore of Japan. The cores were shaped cylindrically with liquid nitrogen spray after rapid pressure release and inserted into a core holder to maintain the hydrate phase stable P-T conditions and to apply a near in situ effective stress. The results showed that the effective water permeability in hydrate-bearing sandy sediments was in the range of 1-100 md. After depressurization-induced hydrate dissociation, absolute permeability of host sediments was analyzed. Absolute permeability of sandy host sediments was estimated to be up to 1.5 d. The results indicate that the hydrate-bearing sandy sediments at this location have promising permeability conditions for achieving depressurization-induced gas production. In addition, the change of absolute permeability caused by depressurization-induced gas production was analyzed. It was found that absolute permeability was reduced by the high effective stress and fresh water originating from hydrate dissociation most likely due to the sediment compaction and the clay swelling. Although depressurization is a promising method for the gas production at this location, the results indicate that reservoir formation damage should be considered during long-term gas production.

This study was financially supported by the Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21 Research Consortium) to carry out Japan's Methane Hydrate R&D Program conducted by the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI).

Keywords: pressure coring, Nankai Trough, turbidite, flooding test, effective permeability, absolute permeability

東部南海トラフ圧力コアリングより得られたメタンハイドレート胚胎堆積土の力学特性
Geomechanical Properties of Methane Hydrate-Bearing Sediments from Pressure Coring at the Eastern Nankai Trough

米田 純^{1*}; 榎井 明¹; 今野 義浩¹; 神 裕介¹; 木田 真人¹; 長尾 二郎¹; 天満 則夫¹
YONEDA, Jun^{1*}; MASUI, Akira¹; KONNO, Yoshihiro¹; JIN, Yusuke¹; KIDA, Masato¹; NAGAO, Jiro¹;
TENMA, Norio¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ AIST

Geomechanical properties are essential parameter for methane gas extraction from methane hydrate to achieve safe and secure production. In this study, natural methane gas hydrate-bearing sediments were subjected to triaxial tests using transparent acrylic cell to investigate the strength and stiffness of sediments from deep seabed in the Eastern Nankai Trough. The samples were recovered using pressure coring which is a progressive technology to maintain the pore fluid pressure from in-situ to the laboratory. Triaxial compression test of hydrate-bearing sediments at in-situ pressure conditions were successfully done without any hydrate dissociation. The digital photographs were taken during the tests and the local deformation of sediments was quantified in each 0.1% of axial strain level by image processing technique. From the results, hydrate-bearing sediments showed brittle failure with shear banding as evidenced by the stress-strain softening response. In contrast, hydrate-free sediments showed ductile failure mode. The shear strength increases with hydrate saturation. This result is consistent with the results of synthetic hydrate-bearing sediments. Local strain which was calculated from local deformation showed that there is the distribution in stiffness in each centimeter due to distribution of hydrate saturation. This study successfully demonstrates the use of pressure core samples to investigate geomechanical and geotechnical properties of intact hydrate-bearing sediments at in-situ pressures.

This study was financially supported by the Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21 Research Consortium) to carry out Japan's Methane Hydrate R&D Program conducted by the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI).

キーワード: 圧力コア, 三軸試験, 強度, 剛性, 画像処理, せん断帯

Keywords: pressure core, triaxial test, strength, stiffness, image processing, shear band

南海トラフから掘削されたハイドレート胚胎コア及び泥層コア試料の熱物性測定 Thermal constants of methane hydrate-bearing sediment and surrounding mud core samples recovered from Nankai Trough well

村岡 道弘^{1*}; 大竹 道香¹; 須々木 尚子¹; 山本 佳孝¹; 鈴木 清史²; 辻 智也³

MURAOKA, Michihiro^{1*}; OHTAKE, Michica¹; SUSUKI, Naoko¹; YAMAMOTO, Yoshitaka¹; SUZUKI, Kiyohumi²; TSUJI, Tomoya³

¹ 産業技術総合研究所メタンハイドレート研究センター, ² 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ³ 日本大学生産工学部
¹Methane Hydrate Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²Methane Hydrate Research and Development Division, Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, ³College of Industrial Technology, Nihon University

This study presents measurements of the thermal constants of natural methane-hydrate-bearing sediments samples recovered from the Tokai-oki test wells (Nankai-Trough, Japan) in 2004. To investigate the influence of sediment composition on the thermal properties, the thermal constants of natural hydrate-bearing sediments were measured at 5 °C and 10MPa over a porosity range of $0.41 \leq \psi \leq 0.47$. In this porosity range, the thermal conductivity of natural hydrate-bearing sediments decreased slightly with increasing porosity. The specific heat of the hydrate-bearing sediments was almost constant and independent of porosity. The thermal diffusivity of hydrate-bearing sediment decreased with increasing porosity.

We also used simple models to calculate the thermal conductivity and thermal diffusivity. The results of the distribution model are relatively consistent with the measurement results. In addition, the measurement results are consistent with the thermal diffusivity, which is estimated by dividing the thermal conductivity obtained from the distribution model by the specific heat obtained from the arithmetic mean.

The thermal conductivity of silt soil in the mud layer sample was estimated by the distribution model, the result of which was much lower than that of the sand soil in hydrate-bearing sediment. This suggests that small grains influence the thermal conductivities.

Acknowledgments. This work was financially supported by MH21 Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan on the National Methane Hydrate Exploitation Program planned by the Ministry of Economy, Trade and Industry.

キーワード: メタンハイドレート, 熱伝導率, 熱拡散率, 比熱, ガスハイドレート胚胎堆積物, ホットディスク法

Keywords: methane hydrate, thermal conductivity, thermal diffusivity, specific heat, gas hydrate-bearing sediment, hot-disk transient method

MH 堆積物圧力コアの内部構造可視化に向けたサブサンプリングシステムの開発 Development of pressurized subsampling system for structural imaging of pressured methane hydrate bearing sediments

神 裕介^{1*}; 今野 義浩¹; 長尾 二郎¹
JIN, Yusuke^{1*}; KONNO, Yoshihiro¹; NAGAO, Jiro¹

¹ 産業技術総合研究所

¹National institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan

Gas clathrate hydrates (gas hydrates, GHs) are ice-like crystalline compounds consisting of gas and water molecules, in which the gas molecules are stored in a framework of water. GHs exist in oceanic and permafrost sediments; because they are a primary means of storing methane (CH₄), natural GHs are of interest as a potential new energy resource. On March 12, 2013, the first offshore gas production test from the sandy GH layer in the eastern NT area; CH₄ gas productions were produced from the offshore hydrate layer. Here, porosity of GH bearing sediment is a key of gas production efficient from natural gas-hydrate reservoir. Developable natural GHs by conventional gas/oil production apparatus almost exist in unconsolidated sedimental layer. Because sand matrix in GH sediments could have been changed by freezing water in pores in the case of quenched sample, porosity discussed using quenched GH bearing sediment may be over estimated comparing with nature of sediments at in situ condition. Therefore, we developed in situ sub-sampling system for pressured natural GH sediments due to in situ porosity estimation. In this study, we demonstrated sub-sampling from an artificial GH sediment and confirmed sub-sampling results through micro-imaging.

This work was supported by funding from the Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21 Research Consortium) planned by the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Japan.

キーワード: 圧力コア, メタンハイドレート, X線CT
Keywords: Pressurized core, Methane hydrate, X-ray CT

東部南海トラフから採取されたハイドレート堆積物の粒度分布と鉱物組成 Characterization of grain-size distribution and mineral composition of hydrate-bearing sediments in the Nankai Trough

皆川 秀紀^{1*}; 伊藤 拓馬¹; 江川 浩輔¹; 金子 広明¹; 野田 翔兵¹; 藤井 哲也²; 長尾 二郎¹
MINAGAWA, Hideki^{1*}; ITO, Takuma¹; EGAWA, Kosuke¹; KANEKO, Hiroaki¹; NODA, Shohei¹;
FUJII, Tetsuya²; NAGAO, Jiro¹

¹産総研メタンハイドレート研究センター, ²独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
¹MHRC/ AIST, ²JOGMEC

Gas hydrate-bearing sediments taken by a hybrid pressure coring system (Hybrid PCS corer) were recovered from the eastern Nankai Trough region at the AT-1 well during the 2012 JOGEMC/JAPEX Pressure coring operation using D/V Chikyū. The recovered sediments are mainly composed of the unconsolidated sand and mud alternation layers, which can be interpreted as turbidite and hemi-pelagic mud, respectively. Gas hydrates accumulated in unconsolidated sands as a pore-filling morphology. The purpose of our study is to prepare the standard samples, which represent the sedimentary features such as grain size and mineral composition in the eastern Nankai Trough sediments. For preparing the standard sample appears to be important for laboratory experimental studies such as physical properties from the engineering point of view.

Using the gas hydrate-bearing sediments, the sedimentary features such as grain size and mineral composition were analyzed systematically. Based on this grain size distribution data, we categorized typical three kinds of standard samples: silty sand, sandy silt, and clayey silt, respectively. As a result of mineral composition analysis of sediment measured by X-ray diffraction (XRD), the bulk mineral compositions are characterized by 10 compositions, i.e., the quartz, hornblende, feldspars (orthoclase, Plagioclase), pyrite, smectite, kaolinite, calcium carbonate, chlorite, and mica. These mineral compositions are strongly correlated with grain size features such as median or mean sizes. According to the above results, we prepared typical three kinds of standard samples, and measured pore-size distribution and permeability features using the nuclear magnetic resonance (NMR) method. In the presentation, we will compare with those physical features between standard samples and natural sediments from the eastern Nankai Trough.

This work was financially supported by the Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21 Research Consortium) of the National Methane Hydrate Exploitation Program planned by the Ministry of Economy Trade and Industry (METI).

Keywords: Nankai Trough, gas hydrate sediments, grain size, mineral composition, sediment core, standard sample

東部南海トラフ、第二渥美海丘における試験前後のCMR 検層解析 CMR log analysis of the First Offshore Production Test at Daini-Atsumi knoll in the eastern Nankai Trough

小寺 貴士^{1*}; 藤井 哲哉¹; 鈴木 清文¹; 高山 徳次郎¹

KOTERA, Takashi^{1*}; FUJII, Tetsuya¹; SUZUKI, Kiyofumi¹; TAKAYAMA, Tokujiro¹

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

¹ Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

As preparatory drilling operations for the first offshore methane hydrate(MH) production test, monitoring wells (AT1-MC and AT1-MT1) and the upper part of production well (AT1-P) were drilled in FY2011. To confirm methane hydrate bearing circumstances, logging while drilling (LWD) and wireline logging (WL) were performed in AT1-MC. The production test was started on March 12, 2013. After a large amount of sand was produced on March 18, the production test was closed. During well-abandonment operations in August 2013, two LWD wells (AT1-LWD1 and AT1-LWD2) were drilled around the AT1-P, and open-hole WL were performed at the two wells.

The objectives of this study are to understand the characteristics of MH reservoirs and to confirm dissociation behavior of MH in the offshore production test field by analyzing logging data acquired in the wells that of AT1-MC, LWD1 and LWD2, especially CMR(Combinable Magnetic Resonance; principle is same as Nuclear Magnetic Resonance) logging data. In AT1-MC, we acquired CMR data before the Test. In AT1-LWD1 and LWD2, we acquired CMR data after the Test.

CMR can measure T2 relaxation time, which indicates the amount of proton. But it can not measure rigid proton like in the ice, also included in MHs. This feature is usable to estimate MH dissociation behavior. Because, if the MH dissociate, water volume increase in the sediment. It may cause the change of T2 distribution that T2 relaxation time shifts to the longer time and the peak of T2 distribution increases. In addition, T2 distribution includes pore size information that short T2 relaxation time correspond to smaller pore and long relaxation time correspond to larger pore. Therefore, we might be able to discuss dissociation behavior.

In this study, we compared log plot of AT1-MC, LWD1 and LWD2. We can confirm some T2 distribution shift to the longer relaxation time in MH-bearing sandy layer in the AT1-LWD1, LWD2. Then, to observe the details, we separate the relaxation time to 8 bins. As a result of comparison of T2-mean(T2 logarithmic mean) in the each bin, T2-mean shift particularly observed in short relaxation time interval. The T2-mean of short relaxation time about AT1-LWD1 and LWD2 is longer than AT1-MC. It probably indicates dissociation of MH.

This study is a part of the program of the Research Consortium for Methane Hydrate Resource in Japan (MH21 Research Consortium).

キーワード: メタンハイドレート, NMR

Keywords: Methane Hydrate, NMR

密度構造で見た第二渥美海丘の砂層孔隙充填型メタンハイドレート胚胎層 Density structure of the pore-filling-type methane-hydrate reservoir at the Daini?Atsumi Knoll, Central Japan

鈴木 清史^{1*}; 小松 侑平¹; 藤井 哲哉¹; 高山 徳次郎¹
SUZUKI, Kiyofumi^{1*}; KOMATSU, Yuhei¹; FUJII, Tetsuya¹; TAKAYAMA, Tokujiro¹

¹メタンハイドレート研究開発グループ, 独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
¹Technical Research Center, Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC/TRC)

メタンハイドレートからの天然ガス生産は浸透率に影響されるが、これらは岩層に大きく影響される。岩層とその物性を把握することは、このような生産時の挙動について、それからメタンハイドレート胚胎のメカニズムの解釈に大変重要である。しかし、砂層の孔隙充填型のメタンハイドレートは未固結堆積物の孔隙間に生成されていることもあり、物性の把握が極めて難しかった。

第二渥美海丘でのメタンハイドレートからのガス生産に先立って行われた掘削同時検層やコアリングを通し、このメタンハイドレートを胚胎する区間とその上位層の密度について検討した。掘削同時検層で得られた密度検層とキャリアログの結果を注意深く検討した結果、孔径拡大の影響を取り除くことに成功し、コアデータと良い相関を得ることができた。補正された密度検層の結果から、堆積物の岩相毎に密度の深度毎の変化傾向に違いがあることが見出された。すなわち、堆積ファシスごとに圧密傾向が異なることが見出された。

キーワード: メタンハイドレート, 掘削同時検層, 密度検層, 孔径拡大, 岩相, 堆積ファシス
Keywords: Gas hydrate, Logging-while-drilling (LWD), Density log, Borehole enlargement, Sedimentary facis