

第1回海洋産出試験実施地点におけるメタンハイドレートの地層評価と生産区間の選定

Formation evaluation and production interval determination at the 1st offshore methane hydrate production test site

藤井 哲哉^{1*}; 高山 徳次郎¹; 鈴木 清史¹; 山本 晃司¹
FUJII, Tetsuya^{1*}; TAKAYAMA, Tokujiro¹; SUZUKI, Kiyofumi¹; YAMAMOTO, Koji¹

¹ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

¹Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

In order to evaluate productivity of gas from marine methane hydrate (MH) by the depressurization method, on March 2013, the first offshore production test from MH concentrated zone (MHCZ) was conducted by the Research Consortium for Methane Hydrate Resource Development in Japan (MH21) at the AT1 site located in the north-western slope of Daini-Atsumi Knoll in the eastern Nankai Trough, Japan.

Before the production test, during the pre-drilling campaign conducted in 2012, extensive geophysical logging and pressure coring using Hybrid Pressure Coring System were conducted at monitoring well (AT1-MC) and coring well (AT1-C), in order to obtain fundamental information about reservoir properties of MH bearing formation for reservoir characterization, and also to decide on the production interval.

The MHCZ confirmed by the geophysical logging at AT1-MC has a thin-turbidite assemblage (from several tens of centimeters to a few meters) with 60 m of gross thickness; it is composed of lobe/sheet type sequences in the upper part, and relatively thick channel sand sequences in the lower part. The MHCZ at AT1-MC is thicker than those found in wells drilled in 2004 (β 1, 45 m), which were located about 150 m northeast of MT1-MC. This fact indicates that the predictions provided by a seismic interpretation and an inversion analysis were reasonable. Moreover, we confirmed that the silt-dominant formation just above the MHCZ was more than 20 m thick; this was expected to be a seal formation. The well-to-well correlation between two monitoring wells (AT1-MC and MT1) in a 40 m distance shows fairly good lateral continuity of these sand layers (upper part of MHCZ), indicating an ideal reservoir for the production test.

In the upper part of the MHCZ, hydrate pore saturation (Sh) estimated from resistivity log showed distinct difference in value between sand and mud layers, compared to Sh from Nuclear Magnetic Resonance (NMR) log. Resistivity log has higher vertical resolution than NMR log, so it is favorable for these kinds of thin bed evaluation. In this part, 50 to 80% of Sh was observed in sandy layer. On the other hand, lower part of the MHCZ, Sh estimated from both resistivity and NMR log showed higher background value and relatively smoother curve than upper part. In this part, 50 to 80% of Sh was observed in sandy layer as well.

On the basis of the above observations, a production interval was planned. When we consider an effective depressurization, the existence of sealing layers is critical both above and below the interval. We expect that thin silty layers within the lower part of MHCZ will serve as a sealing layer that will prevent water coning from water-bearing layers. Therefore, we stopped drilling the production well at about 20 m above BSR, and decided to produce from approximately 40 m from the top of the MHCZ.

Our future (ongoing) work is to integrate reservoir characterizations based on well logs and pressure core data for the history matching of production test results.

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

キーワード: メタンハイドレート, 海洋産出試験, 地層評価, 生産区間, 東部南海トラフ, 第二渥美海丘

Keywords: methane hydrate, offshore production test, formation evaluation, production interval, eastern Nankai Trough, Daini-Atsumi Knoll

圧力コアラーで回収された孔隙充填型メタンハイドレート含有堆積物のP波速度特性 P-wave velocity features of Methane Hydrate-Bearing turbidity sediments sampled by Pressure Core Tool

鈴木 清史^{1*}; Carlos J. Santamarina²; William Waite³; William J. Winters³; 伊藤 拓馬⁴; 中塚 善博¹; 今野 義浩⁴; 米田 純⁴; 木田 真人⁴; 神 裕介⁴; 江川 浩輔⁴; 藤井 哲哉¹; 長尾 二郎⁴; 山本 晃司¹
SUZUKI, Kiyofumi^{1*}; SANTAMARINA, Carlos J.²; WAITE, William³; WINTERS, William J.³; ITO, Takuma⁴; NAKATSUKA, Yoshihiro¹; KONNO, Yoshihiro⁴; YONEDA, Jun⁴; KIDA, Masato⁴; JIN, Yusuke⁴; EGAWA, Kosuke⁴; FUJII, Tetsuya¹; NAGAO, Jiro⁴; YAMAMOTO, Koji¹

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ² 米国ジョージア工科大学, ³ 米国地質調査所, ⁴ 独立行政法人産業技術総合研究所メタンハイドレート研究センター

¹JOGMEC/TRC, ²Georgia Institute of Technology, United State, ³USGS, ⁴AIST/MHRC

メタンハイドレートを分解しガスを生産する海洋産出試験を実施した第二渥美海丘のメタンハイドレート貯留層は、チャンネル、あるいはローブ環境の堆積環境で形成されたと考えられる砂泥互層で構成されている。メタンハイドレートの貯留層では、もともとの未固結の砂層と泥層という堆積物種による物性の差異に加え、孔隙にメタンハイドレートが充填した結果生じる物性変化がある。メタンハイドレートの含有量などを正確に把握するためには、メタンハイドレートを分解させない状態で試料を採取し各種物性を測定することから始める必要がある。

第一回海洋産出試験に先立ち、メタンハイドレートを分解させない圧力コアリングによるコア採集を2012年6-7月に実施した。圧力コアリングは、圧力コアラー (Hybrid PCS) と圧力コアの分析・ハンドリング装置である英 Geotek 社の Pressure Core Analysis and Transfer System (PCATS) を搭載した独) 海洋研究開発機構のちきゅうで行った。HybridPCSによるコアリングは、メタンハイドレート濃集区間の50m余で実施し、回収率は大凡70%でかなり品質の良いコアを回収することができた。これらのコア堆積物のP波速度をPCATSを用い船上で非破壊で測定したところ、泥質堆積物とメタンハイドレート含有砂質堆積物では最大1,200m/sもの速度差が計測され、一枚の砂層の中においても速度変化が計測された。後日、JOGMEC、AIST、USGS、ジョージア工科大学の共同研究として、Pressure Core Characterization Tools (PCCTs) を用いたP波速度の測定を実施したところ、P波速度について船上測定と良い一致を見た。報告においては、堆積物の粒度分析等と併せ、砂層の孔隙充填型メタンハイドレートの性状について報告する。

謝辞

本研究は、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21) によって実施された研究の一部である。発表を許可していただいたMH21・経済産業省に感謝の意を表します。

キーワード: メタンハイドレート, P波速度, タービダイト, 孔隙充填, 粒度分布

Keywords: Gas hydrate, P-wave velocity, Turbidite, Pore-filling type, Grain size distribution

海洋産出試験海域の貯留層評価と地質モデリング Reservoir Characterization and geological modeling for methane hydrate-bearing sediments around the 1st Offshore Product

玉置 真知子^{1*}; 鈴木 清史²; 藤井 哲哉²; 佐藤 明彦¹
TAMAKI, Machiko^{1*}; SUZUKI, Kiyofumi²; FUJII, Tetsuya²; SATO, Akihiko¹

¹ 日本オイルエンジニアリング株式会社, ² 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
¹ Japan Oil Engineering Co., Ltd., ² Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

海洋産出試験地域のメタンハイドレート貯留層は、海底扇状地のローブ～チャンネル堆積体中のタービダイト堆積物中に形成されている(高野ほか, 2009)。海洋産出試験における生産挙動を詳細に評価するためには、MH濃集帯内でみられるタービダイトの岩相変化やそれに応じた各種貯留層物性を再現した地質モデルが必要である。本発表では、東部南海トラフにおける海洋産出試験地域のメタンハイドレート貯留層を対象に、三次元地震探査データおよび坑井データを用いて貯留層キャラクターゼーションを実施し、地球統計学的手法を適用した三次元地質モデルの構築手法について紹介する。

地質モデリング作業では、まず、震探解釈に基づくホライゾンや坑井間対比の情報をもとに岩相変化に沿ったレイヤリングやグリiddingをおこなないモデルの骨格となるフレームを構築する。次に、各グリッドの物性として、岩相分布や貯留層特性分布を作成する。貯留層特性としては、生産挙動予測のためのシミュレーションに必要な入力データとして、ハイドレート飽和率、孔隙率、浸透率等を作成した。これらの分布は、坑井で得られたデータを直接データとし、地球統計学的手法によって確率論的な分布を再現している。その際、三次元震探データを間接データとして取り込むことで、より信頼性の高い分布の再現が可能になる。中でも、ハイドレート飽和率については、弾性波速度と貯留層物性の関係を理論式で繋ぐ岩石物理モデルが構築されており、ハイドレート飽和率の分布では、サイスミックインバージョン解析によって得られたP波速度を間接データとして分布を予測した。

本研究は、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)の研究の一環として実施した。本研究の公表許可をいただいた経済産業省ならびにMH21に謝意を表す。

南海トラフ熊野海盆に発達するメタンハイドレート層中のヨウ素とメタンの起源 Source of iodine and methane in gas hydrate layers in the Kumano Basin, Nankai Trough

山本 逸樹¹; 戸丸 仁^{1*}; 松崎 浩之²

YAMAMOTO, Itsuki¹; TOMARU, Hitoshi^{1*}; MATSUZAKI, Hiroyuki²

¹ 千葉大学理学部地球科学科, ² 東京大学タンデム加速器研究施設

¹Department of Earth Sciences, Chiba University, ²MALT, University of Tokyo

海洋堆積物中の間隙水に溶存するメタンとヨウ素はともに海洋有機物を起源とし間隙水中での挙動も近いため、メタンハイドレート層にはヨウ素も濃集する。これらのヨウ素の放射性同位体比を測定することによって、メタンとヨウ素の起源層を決定することが可能である。本研究では南海トラフの熊野海盆の海底面下 200 – 400 m の砂層を中心に発達するメタンハイドレート層中の間隙水の放射性ヨウ素同位体比を高頻度で測定し、メタンがどのように集積したのかを検討した。

間隙水中のヨウ素濃度はメタンハイドレート濃集帯最上部の砂層中 (~200 m) で最大となり、放射性ヨウ素同位体比も最も古い値を示した。これはより陸側の古い堆積物中で生成したメタン (ヨウ素) が砂層中を選択的に移動し、メタンハイドレート層に供給されたことを反映する。メタンハイドレート層中のヨウ素同位体比はそれ以外の相に比べて有意に古く、古いメタンの集積がハイドレート層の発達には不可欠であるといえる。

キーワード: メタンハイドレート, ヨウ素同位体, 間隙水

Keywords: Methane hydrate, Iodine isotope, Pore water

地方自治体におけるメタンハイドレート調査の試み Trials of the methane hydrate observations in the local governments

青山 千春^{1*}
AOYAMA, Chiharu^{1*}

¹ 株式会社独立総合研究所
¹ Japans Independent Institute

日本海側の自治体1府9県は、「海洋エネルギー資源開発促進日本海連合（以下、日本海連合）」を2012年9月に設立し、政府のメタンハイドレート資源開発を後押しする事で、地域の活性化と雇用創出をめざしている。日本海連合の中の新潟県と兵庫県は県独自のメタンハイドレート調査を実施し、政府へその成果を示すことで、政府の開発促進をアピールしている。一方で太平洋側の和歌山県は、政府が開発している海域より、陸側に近い海域に表層型メタンハイドレートが存在する事を示すことにより、開発海域の再検討を政府へアピールしたい考えである。独立総合研究所は、2013年度に新潟県、兵庫県と和歌山県とそれぞれ共同研究を実施したので、その報告を行う。

新潟県との共同調査は、2013年6月に、メタンブルームの観測を実施した。新潟県が保有する「越路丸」（187トン）で、佐渡東方の最上舟状海盆東斜面（水深200mから600m）において、カラー魚群探知機（FURUNO FCV-10）を利用して実施した。その結果、複数のブルームが観測された。

兵庫県との共同調査は、2013年9月に、計量魚群探知機によるメタンブルームの観測、サブボトムプロファイラーによる海底下の観測、マルチビームによる海底地形の観測を実施した。「第七開洋丸」（499トン）で、隠岐堆東方海域で実施した。さらにピストンコアリングを行い、5本のサンプルを採取し、メタンハイドレートの痕跡を複数確認した。

和歌山県との共同調査は、2013年11月と2014年1月に観測を実施した。和歌山県が保有する漁業調査船「きのくに」（99トン）で、潮岬南方12海里的潮岬海底谷（水深1,700mから2,200m）において、計量魚群探知機（SIMRAD ES60）を利用して実施した。その結果、複数のブルームが観測された。太平洋側でのブルームの報告は、いままでほとんど無いので、今後も観測を続けたい。

キーワード: メタンハイドレート, メタンブルーム, 計量魚群探知機, ピストンコア
Keywords: methane hydrate, methane plume, quantitative echo shounder, piston core

足摺海丘からの海水中のメタンブルーム分布を利用したメタン放出量の推定 Quantify methane seeping flux from Ashizuri knoll, Nankai Trough

原 修一^{1*}; 角 皆 潤¹; 小 松 大 祐¹; 芦 寿 一 郎²; 中 村 光 一³; 砂 村 倫 成⁴; 中 川 書 子⁵; 土 岐 知 弘⁶
HARA, Shuichi^{1*}; TSUNOGAI, Urumu¹; KOMATSU, Daisuke¹; ASHI, Juichiro²; NAKAMURA, Ko-ichi³; SUNAMURA,
Michinari⁴; NAKAGAWA, Fumiko⁵; TOKI, Tomohiro⁶

¹ 名大院・環境・地環, ² 東大海洋研, ³ 産総研, ⁴ 東大院・理・地惑, ⁵ 北大院・理・地惑, ⁶ 琉球大・理・海洋自然
¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., ²ORI, Tokyo Univ., ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Division of Earth and Planetary Sciences, Grad. School Sci., Tokyo Univ., ⁵Division of Earth and Planetary Sciences, Grad. School Sci. Hokkaido Univ., ⁶Department of chemistry, Biology and Marine Science, Ryukyu Univ.,

メタンは還元環境下の深海底堆積物中に広く分布しており、地球上の主要な炭素リザーバーの1つとなっている。その量はハイドレート化したものだけで大気中のメタンの約3000倍かそれ以上と言われており (Kvenvolden, 1988)、例えその一部でも大気中へ漏出すると、気候への影響が無視できない。したがって海底下にハイドレート等として胚胎されたメタンが海水中でどのように挙動するのか、特に海水を通過し大気まで到達している可能性がないかどうかを検証することは、過去及び未来の急激な気候変動を考察するうえで極めて重要である。

高知県沖の足摺海丘 (32° 29' N, 133° 37' E) は、東北東-西南西方向に伸びた形状を示し、山頂の水深は543mしかない。足摺海丘およびその周辺海底では、物理探査によってBSRの分布が広く確認されている他、この海丘直上の海水中ではメタンの高濃度異常も観測されていて、この海丘から海水中にメタンが放出されているものと考えられている。

本研究では、海底下の移動から湧出、ブルーム形成に至るメタンの挙動や、足摺海丘からのメタンの湧出フラックス、さらに大気へのメタン漏出の可能性の有無を検討することを目的として、2013年9月に足摺海丘およびその周辺において海水試料を採取し、海丘直上及び周辺海水中のメタン濃度分布を定量化した。更にメタンの炭素・水素安定同位体比も同時に分析し、その成因が微生物起源か、それとも熱分解起源であるのか、また海水中における微生物酸化分解の有無に関する考察を行った。

分析の結果、足摺海丘直上の試料から高濃度のメタンが検出された (最高 145 nmol/L)。また海水中のメタン濃度分布から、海丘から見て北東の方向の水深 450 m~660 m の範囲に、メタンブルームが広がっていることが分かった。これは、足摺海丘頂上の深度と一致するため、足摺海丘頂上付近が放出源となり、そこから水平方向にブルームが広がっているものと考えられる。しかしながら、足摺海丘直上のメタンの安定同位体比と北東方向に広がっているメタンブルームの安定同位体比は、周辺海水の寄与を補正しても一致しなかった。足摺海丘から放出されるメタンの一部は、海水中に拡散していく過程で微生物によるメタンの酸化分解を受けている可能性がある。

一方メタンの鉛直プロファイルから、湧出するメタンが定常的に大気へ放出されている可能性は低いことも明らかとなった。また、濃度分布から算出された海底からのメタン放出量は、新潟上越沖メタンハイドレート露出域からの放出量と同程度であることや、湧出するメタンは、熱分解起源である可能性が高いことが明らかとなった。

サハリン島南東・南西沖の天然ガスハイドレートの特徴 Characteristics of natural gas hydrates retrieved off the southeastern and southwestern Sakhalin Island

八久保 晶弘^{1*}; 坂上 寛敏¹; 南 尚嗣¹; 山下 聡¹; 高橋 信夫¹; 庄子 仁¹; Vereshchagina Olga²; Jin Young K.³; Obzhirov Anatoly²

HACHIKUBO, Akihiro^{1*}; SAKAGAMI, Hirotoshi¹; MINAMI, Hirotsugu¹; YAMASHITA, Satoshi¹; TAKAHASHI, Nobuo¹; SHOJI, Hitoshi¹; VERESHCHAGINA, Olga²; JIN, Young K.³; OBZHIROV, Anatoly²

¹ 北見工業大学, ² ロシア科学アカデミー太平洋海洋学研究所, ³ 韓国極地研究所

¹Kitami Institute of Technology, ²Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, ³Korea Polar Research Institute

Gas hydrate samples were retrieved at the southeastern and southwestern Sakhalin Island in the cruises of LV59 and LV62 (R/V Akademik M. A. Lavrentyev). Sakhalin Slope Gas Hydrate (SSGH) project started in 2007, and we retrieved sediment cores including gas hydrates off northeastern Sakhalin Island in 2009-2011. In the recent cruises (2012-2013), we sampled sediment cores at the Terpeniya Ridge and the Tatarsky Trough (SE and SW Sakhalin Island, respectively). We found a lot of gas plumes ascend from the sea bottom and the dissolved methane in sediment pore water was rich. Gas hydrate crystals were recovered from both areas and stored into liquid nitrogen tank. Their dissociation heat and hydration number were measured by a calorimeter and Raman spectrometer, respectively. Dissociation heat of gas hydrates was almost the same as that of pure methane hydrate. Raman spectra showed that the hydrate crystals of both Terpeniya Ridge and Tatar Trough belonged to the structure I, and the hydration number was estimated about 6.0. Molecules of hydrogen sulfide were detected in both large and small cages of the structure I. Therefore, the hydrate crystal is similar to that obtained from NE Sakhalin Island in our previous cruises.

We obtained hydrate-bound gas and dissolved gas in pore water on board and measured their molecular and stable isotope compositions. Empirical classification of the methane stable isotopes; $\delta^{13}\text{C}$ and δD indicated that the gases obtained at the Terpeniya Ridge are microbial origin via carbonate reduction, whereas some cores at the Tatarsky Trough showed typical thermogenic origin. We retrieved three sediment cores with gas hydrate at the Tatarsky Trough, and their $\delta^{13}\text{C}$ of hydrate-bound methane were -47.5 ‰, -44.2 ‰, and -68.8 ‰, respectively. Therefore, gas hydrates encaged both microbial and thermogenic gases yield at the Tatarsky Trough. Ethane-rich (up to 1% of the total guest gas) hydrates were found at the Terpeniya Ridge and the Tatarsky Trough, and encaged ethane was also detected in their Raman spectra. Ethane $\delta^{13}\text{C}$ of the all gas samples suggested their thermogenic origin.

キーワード: ガスハイドレート, 安定同位体, オホーツク海, ラマン分光分析, 熱分析

Keywords: gas hydrate, stable isotope, Sea of Okhotsk, Raman spectroscopic analysis, Calorimetry

海底設置型浅層採泥装置 RD2 を用いてハイドレートマウンドとガスチムニー掘削の最初の試み

First attempt to drill down hydrate mound and gas chimney by BGS Rockdrill 2

松本良^{1*}; ウィルソン マイケル²
MATSUMOTO, Ryo^{1*}; WILSON, Michael²

¹ 明治大学ガスハイドレート研究所, ² イギリス地質調査所
¹Meiji University-Gas Hydrate Laboratory, ²British Geological Survey

2004 年以來の一連のピストンコアリング調査は日本海のハイドレートマウンドとガスチムニーの上部に塊状のガスハイドレートが集積していることを明らかにしたが、ピストンコアラの貫入深度の限界により、海底から 10 メートル以深のハイドレート分布と資源ポテンシャルについて明確な回答は出ていない。他方、三次元地震探査は、ガスチムニー内に顕著なプルアップ構造を明らかにした。この構造は速度異常による偽構造であるが、この存在は、ガスチムニー内には体積で 20 から 30 パーセントのガスハイドレートが存在することを示唆する。2013 年の夏、明治大学はイギリス地質調査所との共同学術調査を実施し BGS の開発した海底設置型掘削装置ロックドリル 2 を上越海盆のハイドレートマウンド上に投入し、ハイドレートと炭酸塩を含む堅い堆積物とガスを含む軟らかい堆積物が混在する地層を海底からの深度 32 メートルまで掘削することに成功した。掘削の前後におけるハイドレートの分解と生成したガスの膨張が原因でコア回収率は良くなかった。しかし、海底下 32 メートルまでの間の数カ所からガスハイドレートの試料を回収する事に成功した。掘削記録、ビデオモニターおよび実際に回収された掘削コアの観察から、厚さ 2.7 メートルのハイドレート集積帯が何枚も存在すると推定される。ロックドリル 2 の掘削はハイドレートマウンドとガスチムニーの深い所にもハイドレートが密集して存在することを証明しているようである。

キーワード: ガスハイドレート, 日本海, ハイドレートマウンド, ガスチムニー, ロックドリル 2
Keywords: gas hydrate, Japan Sea, hydrate mound, gas chimney, Rockdrill 2

UT13 航海における日本海東縁の表層型ガスハイドレートの生成とガス・間隙水の地球化学 Formation of shallow gas hydrates and geochemistry of gas and pore water from UT13 cruise in the Japan Sea

尾張 聡子^{1*}; 鈴木 善晴¹; 戸丸 仁¹; 内田 隆²; 小林 武志³; 谷 篤史⁵; 沼波 秀樹⁴; 松本 良⁶
OWARI, Satoko^{1*}; SUZUKI, Yoshiharu¹; TOMARU, Hitoshi¹; UCHIDA, Takashi²; KOBAYASHI, Takeshi³; TANI, Atsushi⁵
; NUMANAMI, Hideki⁴; MATSUMOTO, Ryo⁶

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 秋田大学大学院工学資源学研究所, ³ 東京海洋大学, ⁴ 東京家政学院大学家政学部家政学科, ⁵ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻, ⁶ ガスハイドレート研究所
¹Graduate school of Science, Chiba university, ²Akita University Faculty of Engineering and Resource Science, ³Tokyo University of Marine Science and Technology, ⁴Department of Home Economics, Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei-Gakuin University, ⁵Dept. Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, ⁶Gas Hydrate Laboratory

Active gas venting and distribution of massive gas hydrates are largely observed on the summits of the Umitaka Spur and Joetsu Knoll in the eastern margin of the Japan Sea, where the fault system associated with strong anticline structure constrains the accumulation of gas and following gas hydrate formation. The UT13 cruise has conducted to collect shallow sediments from the Oki Trough, north eastern of Noto Peninsula, and offshore Akita-Yamagata areas, where gas chimney structure and strong backscatter indicate migration of gas-charged fluid and potential formation of gas hydrates near the seafloor. Geochemistry of pore water, dissolved gas, and hydrate-dissociated gas reflect the geochemical environments associated with the delivery of gas and fluid and formation/dissociation of gas hydrates in the shallow sediments.

Flake-like and nodular gas hydrates were observed at 1-6 mbsf in the Oki Trough and offshore Akita-Yamagata, respectively. Concentrations of methane dissolved in pore water are high, comparable to those in the Umitaka Spur and Joetsu Knoll area, and the SMI depths are accordingly shallow at ~2.7 mbsf in the entire research area, indicating high potential of gas hydrate accumulation in the shallow sediments. Concentrations of chloride are sporadically low in all areas due to gas hydrate dissociation during core recovery, accumulations of small gas hydrates with saturations up to 20% were observed, reflecting ubiquitous formation of gas hydrates in the research area. Concentrations of calcium and magnesium show fine increase and decrease in response to sulfate changes at deeper than SMI, reflecting the change of the methane flux mainly, the formation/dissociation of gas hydrates may have changed seafloor topography and geochemical properties of pore water and gas in the shallow sediments.

Contrary to the Umitaka Spur and Joetsu Knoll area where thermogenic gas dominates in the shallow gas hydrates, chemical and isotopic compositions of gas indicate that the majority of gas is of biogenic origin with minor contribution from thermogenic ethane and hydrogen sulfide, the latter may result in expanding gas hydrate stability and forming gas hydrates near the seafloor.

This research is supported by the MEXT Grand-in-Aid for Scientific Research (KAKENHI) to R. Matsumoto (Meiji University).

キーワード: 表層型ガスハイドレート, 間隙水, 溶存ガス, SMI
Keywords: Shallow gas hydrates, pore water, dissolved gas, SMI

UT12 (2012年海鷹丸表層ハイドレート調査)におけるメタン関連微生物の分布に関する研究
Distribution of methanogenic and methanotrophic archaea in subseafloor sediment collected during UT12

今城 匠^{1*}; 小林 武志¹; 今田 千秋¹; 寺原 猛¹; 松本 良²
IMAJO, Takumi^{1*}; KOBAYASHI, Takeshi¹; IMADA, Chiaki¹; TERAHARA, Takeshi¹; MATSUMOTO, Ryo²

¹ 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科, ² 明治大学

¹The graduate school of marine science and technology, TUMSAT, ²Meiji University

Methane hydrate is now one of the most popular energy sources in the world, and various amounts are presumed to be buried around Japan's continental margins. Methane contained in methane hydrate in the deep sea sediment is produced by microbial or thermogenic system. In the microbial system, methanogenic and methanotrophic archaea play an important role in this environment. However, the studies on characteristics and abilities of these microorganisms are still underway in the Sea of Okhotsk. Therefore, this study focuses on isolation of the methanogenic archaea and analysis of community construction and diversity of these microorganisms.

Sediment samples were collected from the subseafloor by the piston coring, during UT12 (Umitaka-maru Gas Hydrate Research Cruise 2012). Samples were collected from each core sample at appropriate intervals. The samples were stored at 4 °C for the microbiological cultivation experiment use, and at -80 °C for the microbiological diversity analysis use, respectively.

For the isolation, cultivation was carried out by enrichment culture using H₂/CO₂ medium. The cultivation temperatures were 15 °C and 30 °C, respectively. We successfully isolated several methanogenic archaea from the samples of the surface of the subseafloor. The result of the 16S rRNA gene sequence analysis showed that some of the strains were identified as closely related strains of *Methanogenium marinum*. In a previous literature, *M. marinum* was isolated from the cold marine sediment from the Scan Bay, Alaska. We also conducted the experiment to measure the methane productivity of our isolates by the range of the cultivation temperature.

For the analysis of community structure and diversity of methanogens, DNA was extracted from each sediment sample, using the ISOIL kit following the manufacturer's protocol. The 16S rRNA gene of methanogenic archaea and the mcrA gene of methanogenic and methanotrophic archaea were amplified by PCR. The PCR product was purified by FastGene Gel/PCR Extraction Kit following the manufacturer's protocol. The purified products were analyzed by T-RFLP method and clone library method. The results of the T-RFLP analysis showed that the various fragments were observed. Clone library sequencing analysis of mcrA genes indicated that some of them were identified as related sequences to *Methanogenium*. Also, results from T-RFLP method were used for MDS (Multi-Dimensional Scaling) analysis.

This experiment was supported by grants-in-aid for scientific research <KAKENHI>(Ryo Matsumoto, Meiji University).

キーワード: 表層ガスハイドレート, メタン生成古細菌, メタン酸化菌

Keywords: shallow gas hydrate, methanogenic archaea, methanotrophic archaea

バイオマーカーによって明らかにする日本海の環境変動 Environmental variability of the Japan Sea clarified by

萩原 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
¹ Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

MD179 航海 3312 コア表層 6.0 m の堆積物試料を用いて、暗灰色層 (TL-1 から 3) を中心に、有機地球化学 (biomarker) 分析、有機炭素、硫黄分析、硫黄同位体組成、微量組成分析により、日本海の高環境変動を推定した。その結果、TL-2 上部における強い還元環境と、突発的なメタン湧出の可能性を見出した。

無機指標：TOC 分析については、TL-2,3 で 0.8% 程度であるのに対して、TL-1 層では 2% 近い高い値を示した。C/S 比について、TL-2 の中部から上部では全ての試料が 1 以下であり、ここでの強い還元環境を示唆している。TL-1 層は、層厚わずか 28cm と薄層であるにもかかわらず、C/S 比は層内で急激に変化し、最上部では一般的海洋底の値である 3.0 まで上昇している。C/S- $\delta^{34}\text{S}$ の関係について、TL-2,3 層の強い還元が推定される層準では、 $\delta^{34}\text{S}$ 値が -27 から -34 permil、C/S 比は 0.8 から 1.0 で一定であった。これに対して TL-1 層では、C/S と $\delta^{34}\text{S}$ がそれぞれ変化し、両者に弱い比例関係が認められた。

バイオマーカー：酸化還元指標として伝統的に用いられてきた Pristane/Phytane 比 (Pr/Ph 比) は、ほとんどの試料において < 3.0 であり、還元的環境であったことが推定された。メタン酸化古細菌 (ANME) の膜脂質起源である Pentamethylcosane (PMI)、冷湧水炭酸塩岩に特徴的に検出される C18-isoprenoid ketone、さらに起源は明らかでないがメタン湧出地点に特徴的に見出される hop-22(29)ene (diploptene) の深度分布を調べた。PMI は、TL-2 層の一部と TL-1 の中央部に高い値が見られた。C18-isoprenoid ketone は、TL-1 中部から上部で高い値を示した。Diploptene は、TL-1 で相対的に高く、TL-2,3 の一部で相対的に低い値を示した。今回分析した暗色層中での AMNE マーカーの分布は不均質であり、TL-1,2 の堆積時の一時期に突発的なメタン湧出の可能性が認められた。この他、n-C29,31 alkane 及び C26, 28 fatty acid を用いて、陸源物質の変化を明らかにした。

本研究は MH21 メタンハイドレート・プロジェクトの一部として実施されたものである。

キーワード: 日本海, バイオマーカー, 暗灰色層, 硫黄同位体組成, 還元環境, 炭素/硫黄比
Keywords: Japan Sea, biomarker, TL layer, sulfur isotope composition, anoxic environment, C/S ratio

第 1 回メタンハイドレート海洋産出試験における物理検層作業の概要 Overview of well logging operations at the 1st offshore methane hydrate production test in the eastern Nankai Trough

高山 徳次郎^{1*}

TAKAYAMA, Tokujiro^{1*}

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

第 1 回メタンハイドレート海洋産出試験における物理検層作業の概要

高山徳次郎・藤井哲哉・鈴木清史・山本晃司（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

目的

第 1 回メタンハイドレート海洋産出試験において、当該試験海域におけるメタンハイドレート（MH）賦存層の貯留層特性及び産出試験における生産挙動を評価するため、産出試験井周辺において物理検層を実施して、試験対象層の岩相及び物性データを取得する。

物理検層結果

掘削坑井周辺海域の岩相は、比較的ルーズな未固結のタービダイト砂泥互層から成るため、掘削後の washout 等により坑壁崩壊が顕著であり、検層データの品質についても問題を残すことが、これまでの結果から示唆されていた。今回の検層結果では、貯留層区間より上部の薄層タービダイト砂泥互層区間及び BSR 以深の区間において、顕著な坑壁崩壊が認められたが、その他の区間では比較的坑径が安定しており、LWD 及び WL とともに品質の良いデータが取得できた。

成果と検討課題

- (1) LWD 及び Wireline 検層作業においては、大きなトラブルはなく、順調な作業が実施できた。
- (2) MH 濃集層の上位および下位の未固結砂泥互層区間では、坑壁崩壊が著しく、検層データの品質を低下させたが、MH 濃集層においては良好な検層データが取得できた。
- (3) LWD 放射線検層では、化学放射線源を用いないパルス中性子発生装置を装備した EcoScope を使用した。本検層は国内初の試みであったが、取得された検層データの品質は良好であった。
- (4) 浅部未固結層の MH 坑井の掘削においては、著しい坑壁崩壊が発生するため、検層データの品質低下やセメント不良等のトラブルが発生する。これらの根本的な解決は難しいが、LWD データが比較的良好であったことを考慮すると、LWD ツールの種目の選定やツールの編成順序などに改善の余地を残す。

謝辞

本研究は、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）による作業の一部である。発表を許可頂いた経済産業省及び MH21 に謝意を表す。

キーワード: メタンハイドレート, 海洋産出試験, 南海トラフ, 検層

Keywords: methane hydrate, offshore methane hydrate production test, Nankai Trough, Well logging

Depicting Thermal History of the Forearc Basin Pleistocene Turbiditic Sedimentary Sequences around Daini Atsumi Knoll Depicting Thermal History of the Forearc Basin Pleistocene Turbiditic Sedimentary Sequences around Daini Atsumi Knoll

AUNG, Than tin^{1*}; FUJII, Tetsuya¹; UKITA, Toshiyasu¹; KOMATSU, Yuhei¹; SUZUKI, Kiyofumi¹
AUNG, Than tin^{1*}; FUJII, Tetsuya¹; UKITA, Toshiyasu¹; KOMATSU, Yuhei¹; SUZUKI, Kiyofumi¹

¹Methane Hydrate R&D Division, Technology & Research Center, JOGMEC

¹Methane Hydrate R&D Division, Technology & Research Center, JOGMEC

Thermal history of sedimentary basin is a key to understand hydrocarbon maturation and generation of the source rock within the basin. In terms of gas hydrate accumulation, high pressure and low temperature boundaries, the gas hydrate stability zone, is mandatory to simulate in order to understand accumulation mechanisms of gas hydrate in the studied basin. We have determined heat flow history of Pleistocene sedimentary sequences in the forearc basin round the Daini Atsumi knoll, along the eastern Nankai Trough, Japan, by simulating gas hydrate stability zone. World first offshore production test of gas hydrate was successfully done in the vicinity area of Daini Atsumi knoll during March 2013.

Simulation in 3D gas hydrate petroleum systems of the forearc basin filling with Pleistocene turbiditic sedimentary sequences around the Daini Atsumi knoll was firstly performed by applying assumed heat flow of 45 mW/m². Temperature at seabed is applied as 3.5 C throughout the model area and depositional period. Simulated sedimentary sequences consist of Pleistocene Ogasa Group of sand and shale alternative turbiditic sedimentary layers. Older upper Kakegawa Group is also included between the model basement and Ogasa group. Lithologies are interpreted from grain size analysis of cores data. Lateral facies distribution are based on seismic facies analysis. Global sea level changes are considered in applying paleo-water depths of the geologic horizons.

Simulated hydrostatic pressure matches hydrostatic pressure calculated from XPT data at well A1-L. Simulated temperature was calibrated by DTS (distributed temperature sensor) Temperature of gas hydrate reservoir zone at well AT1-MC. Calibration result reveals that heat flow has to low down to 32 mW/m² in order to fit pressure and temperature at well. Result of simulated temperature using calibrated heat flow matches with a resolution of ~1C of the well data. This heat flow value is lower than the reported value (~50 mW/m², Harris et al., 2014) around the vicinity of the studied area. Validation of this heat flow value requires 1) to reanalyze model layer thickness and total thickness of model, and 2) to reanalyze thermal conductivity of applied lithology.

In addition to above works, model is planned to update with paleo-water depth based on paleo-bathymetry from structural restoration, and reported depth from foraminiferal measurement of core samples at A1-L well. Because mass and lateral distribution of gas hydrate accumulation are considerably affected by tectonic uplift at Daini Atsumi Knoll.

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

キーワード: Gas Hydrate Petroleum Systems, Daini Atsumi Knoll, Heat Flow, Pleistocene Ogasa Group, 3D, Simulation
Keywords: Gas Hydrate Petroleum Systems, Daini Atsumi Knoll, Heat Flow, Pleistocene Ogasa Group, 3D, Simulation

東部南海トラフ第二渥美海丘のタービダイトチャンネル複合体におけるメタンハイドレート貯留システム
Methane Hydrate trapping system of the turbidite channel complex in Daini-Atsumi Knoll, eastern Nankai Trough, Japan

小松 侑平^{1*}; 藤井 哲哉¹; 鈴木 清史¹
KOMATSU, Yuhei^{1*}; FUJII, Tetsuya¹; SUZUKI, Kiyofumi¹

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

東部南海トラフ第二渥美海丘では、地震探査および坑井データの解析によって、メタンハイドレート(以下MH)の濃集帯が確認されており(藤井ほか, 2009), 2013年に第1回海洋産出試験が行われた。このMH濃集帯の集積タイプは堆積層の分布に規制される層序規制型とされており、石油地質学でいうところの層位トラップに相当すると考えられる。しかし、MHの集積に大きく寄与すると考えられる岩相分布や泥岩のシール能力といった、具体的な地質・堆積学的なプロセスやその規制要因については、まだ十分に議論されていない。

本研究では、第二渥美海丘に発達する中部更新統小笠層群相当層のタービダイト堆積物を対象に、物理検層、コア分析などの情報を用いて詳細な堆積相解析およびシーケンス層序区分を行うことによって、正確な層位トラップの分布予測をし、MHの貯留システムについて検討した。

検討対象としたタービダイト堆積物は、主に粘土質～砂質シルトと極細粒～細粒砂の互層からなり、下位より層厚30-300mの7つの堆積サイクルが認められる。各サイクル内部は大局的には下部から上部にかけて砂層が上方薄層化していく壘重様式を示し、その岩相変化の周期はコアから得られた酸素同位体比カーブ(山崎ほか, 2011)の周期と一致する。加えて、第二渥美海丘の碎屑物供給上流側にあたる濃尾平野に分布する中部更新統の層準は氷河性海水準変動に伴って形成されたことが明らかにされており、本研究で認められた堆積シーケンスと対比可能である。以上のことから、これらの7つの堆積サイクルは、主に氷河性海水準変動に起因する第4～5オーダーシーケンスに相当し、それらの累重がより低次オーダーの堆積シーケンスを構成すると考えられる。海水準低下期～低海水準期堆積体と解釈されるMH貯留層は、下位より癒着チャンネル堆積物、マッドドレープ堆積物、非癒着チャンネル堆積物、半遠洋性泥質堆積物より構成される。これらのサクセションはサイズミックファシス解析によって、南西方向の古流向を示すタービダイトチャンネル複合体と解釈され、全体として第二渥美海丘側である南方向へ泥質化する。貯留層の上位には、数十m厚の泥質堆積物が発達し、これが有孔虫微化石の産出頻度のピークと一致することからコンデンスセクションと解釈される。第二渥美海丘では、このようなコンデンスセクション泥質堆積物を境に飽和率の異なるMH層が分布していることから、同泥質堆積物は、帽岩として優秀なシール能力を有していると考えられる。

これらの特徴から、第二渥美海丘のMHのトラップ形成において、コンデンスセクション泥質堆積物がシールとなり、それらの直下のタービダイトチャンネル複合体が貯留層となることが明らかとなった。また、貯留層を形成するチャンネル複合体の位置が構造翼部付近にあり、構造上位への砂岩せん滅方向が堆積物供給方向と斜交～直交することから、側方へのメタンの移動をシールする能力も有していると考えられる。得られた解析結果は、堆積シミュレーションの入力データとして利用する予定である。

キーワード: ガスハイドレートシステム, シーケンス層序学, 海水準変動, 海底チャンネル, 堆積相

Keywords: gas hydrate system, sequence stratigraphy, sea level change, submarine channel, sedimentary facies

断層における浸透率と粒子破碎の関係ーメタンハイドレート貯留層特性評価を目的としてー
Relationship of permeability and particle breakage of experimental fault -Evaluation for the methane-hydrate reservoir-

木村 匠^{1*}; 金子 広明¹; 伊藤 拓馬¹; 皆川 秀紀¹
KIMURA, Sho^{1*}; KANEKO, Hiroaki¹; ITO, Takuma¹; MINAGAWA, Hideki¹

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貯留層特性解析チーム
¹Reservoir Modeling Team, Methane Hydrate Research Center, AIST

Methane hydrate is expected to be an energy resource in the future. As results of coring and logging, the existence of a large amount of methane-hydrate is estimated in the east Nankai Trough, offshore central Japan, where many folds and faults have been observed. Permeability in methane hydrate-bearing sediment is important factors for estimating the efficiency of methane gas production. In this study, we use a ring-shear apparatus to examine the relationship between the permeability and grain size reduction of silica sand sample after large displacement shearing under tested effective normal stresses ranging from 0.5 MPa to 8.0 MPa. The grain size distribution in the shear zone of sand specimen after ring-shearing at each normal stress level is analyzed by laser particle analyzer. The permeability and grain size reduce with the increasing the effective normal stress due to particle breakage. The relationship between permeability and grain size distribution after ring-shearing is expressed well by a curve in each sand, silt and clay size content. In the first group, the sand size content is up to about 80 %, permeability drastically decreases by two orders of magnitude. In the second group, the sand size content is less than about 80 %, the permeability is almost constant. In the silt and clay size, the both contents are up to about 10 %, the permeability abruptly decreases, while, the permeability gradually decreases over about 10 %. The results are indicated that the grain size reduction and the effective normal stress during shearing are one of the controlling factors of the permeability in fault of sand. This study is financially supported by METI and Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (the MH21 Research Consortium).

キーワード: 断層, 粒子破碎, 浸透率, 粒度組成, リングせん断試験
Keywords: Fault, Particle breakage, Permeability, Grain size distribution, Ring-shear test

琉球弧南西部黒島海丘周辺海域でのメタン噴出とハイドレート存在の可能性 Methane seepage and possibility of hydrate-bearing layers around Kuroshima Knoll, SW Ryukyu

松本 剛^{1*}; 青木 多恵²

MATSUMOTO, Takeshi^{1*}; AOKI, Tae²

¹ 琉球大学理学部, ² 株式会社ウェザーニューズ

¹University of the Ryukyus, ²Weathernews Inc.

1996 年、黒島海丘頂部でシロウリガイ死貝が発見され、さらに 2001 年までの一連の調査航海によって、海底下においてメタンハイドレートの存在が示唆されるようになった。本研究では海洋研究開発機構が 2002 年以降に行った黒島海丘の海底観察ビデオから得られた情報から黒島海丘頂部平坦面の底質マッピングを行い、当海域におけるメタン噴出域を推定し、黒島海丘頂部平坦面の直下でメタンハイドレートが年間を通じて安定して存在するか否かを検証した。さらに琉球弧の他の海域で、メタンハイドレートが安定的に存在するか否かの検証を行った。

方法としては、2002 年以降に同機構によって行われた調査航海によって得られた海底映像からルートマップを作成することで、当海域におけるメタン湧出域を推定した。次に水温鉛直分布と海底地形、海洋におけるメタンハイドレート安定領域を参照し、黒島海丘と琉球弧におけるメタンハイドレートが存在する可能性がある海域を検証した。2002 年以降の黒島海丘におけるメタンハイドレートの分布域をマッピングから、石灰質砂岩やシロウリガイ死貝が頂部平坦面全体に広がっていた。24° 07' 48" E 124° 11' 33" N 付近では、シロウリガイ死貝や生きているシンカイヒバリガイが海底一面に広がり、バブルも約 35 ヶ所湧出していたことが確認された。また、メタンが湧出している可能性がある面積は約 4 万 m² と推定できた。

マッピングの結果を踏まえ、黒島海丘の海底下でメタンハイドレートが安定的に存在するか否か、メタンハイドレートが生成できるための温度・圧力条件から検証を行ったところ、黒島海丘頂部平坦面ではメタンハイドレートが安定的に存在する可能性は極めて低いと推定できた。さらに、琉球弧の前弧域の他の海域において、メタンハイドレートが安定して存在するか否かの検証を行ったところ、水深 700 m 以深でメタンハイドレートの安定領域に入る結果となった。

キーワード: メタンハイドレート, 黒島海丘

Keywords: methane hydrate, Kuroshima Knoll

バイカル湖ガスハイドレートに含まれる炭化水素ガスの水素同位体比 Hydrogen isotope of hydrate-bound hydrocarbons at Lake Baikal

八久保 晶弘^{1*}; 坂上 寛敏¹; 南 尚嗣¹; 山下 聡¹; 高橋 信夫¹; 庄子 仁¹; Khlystov Oleg²; Kalmychkov Gennadiy³; De Batist Marc⁴

HACHIKUBO, Akihiro^{1*}; SAKAGAMI, Hirotohi¹; MINAMI, Hirotsugu¹; YAMASHITA, Satoshi¹; TAKAHASHI, Nobuo¹; SHOJI, Hitoshi¹; KHLYSTOV, Oleg²; KALMYCHKOV, Gennadiy³; 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

Natural gas hydrates exist in sublacustrine sediments of Lake Baikal. Gas hydrates were first obtained from sub-bottom depths of 121 and 161 m in the Baikal Drilling Project well located at the southern Baikal basin. Recently, MHP (Multi-phase Gas Hydrate Project, 2009-2013) revealed distribution of gas hydrate in sub-bottom sediment at the southern and central Baikal basins. We obtained gas hydrate crystals from more than 25 places, and retrieved hydrate-bound gas onboard. We measured molecular and isotopic compositions of hydrate-bound gas.

According to the $\delta^{13}\text{C}$ - δD diagram for methane (Whiticar, 1999), high and low methane $\delta^{13}\text{C}$ values indicate thermogenic and microbial origins, respectively, and methane δD provides information on methyl-type fermentation or CO_2 reduction in the microbial field. Kida *et al.* (2006) and Hachikubo *et al.* (2010) reported that hydrate-bound methane of Lake Baikal was microbial origin via methyl-type fermentation, because methane δD was about -300 ‰. We found heavier methane ($\delta^{13}\text{C}$ ranged from -50 ‰ to -40 ‰) in the Kukuy Canyon area (central Baikal basin), indicating thermogenic origin. Methane δD was distributed from -330 ‰ to -270 ‰. Generally, δD of thermogenic methane of marine gas hydrates is much more heavier (more than -200 ‰). Methane δD of Lake Baikal gas hydrate seems to be about 100 ‰ smaller than that of marine gas hydrate. Matveeva *et al.* (2003) reported that δD of the lake bottom water was about -133 ‰. Possibly, methane δD of hydrate-bound methane derives from δD of water.

Hachikubo A, Khlystov O, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Nunokawa Y, Yamashita S, Takahashi N, Shoji H, Nishio S, Kida M, Ebinuma T, Kalmychkov G, Poort J (2010) Molecular and isotopic characteristics of gas hydrate-bound hydrocarbons in southern and central Lake Baikal. *Geo-Mar Lett* **30**: 321-329. doi:10.1007/s00367-010-0203-1

Kida M, Khlystov O, Zemskaaya T, Takahashi N, Minami H, Sakagami H, Krylov A, Hachikubo A, Yamashita S, Shoji H, Poort J, Naudts L (2006) Coexistence of structure I and II gas hydrates in Lake Baikal suggesting gas sources from microbial and thermogenic origin. *Geophys Res Lett* **33**: L24603. doi:10.1029/2006GL028296

Matveeva TV, Mazurenko LL, Soloviev VA, Klerkx J, Kaulio VV, Prasolov EM (2003) Gas hydrate accumulation in the subsurface sediments of Lake Baikal (Eastern Siberia). In: Woodside JM, Garrison RE, Moore JC, Kvenvolden KA (eds) Proc 7th Int Conf Gas in Marine Sediments, 7-11 October 2002, Baku, Azerbaijan. *Geo-Mar Lett* **23(3/4)**: 289-299. doi:10.1007/s00367-003-0144-7.

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, メタン, 安定同位体

Keywords: gas hydrate, crystallographic structure, Lake Baikal, methane, stable isotope

日本海東縁海底下堆積物の堆積環境と孔隙特性 Sedimentary environments and pore properties of seafloor sediments in the eastern margin of Japan Sea

内田 隆^{1*}; 堀内 瀬奈¹; 加藤 有希²; 松本 良³
UCHIDA, Takashi^{1*}; HORIUCHI, Sena¹; KATO, Yuki²; MATSUMOTO, Ryo³

¹ 秋田大学大学院工学資源学研究所, ² 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ³ 明治大学研究知財戦略機構
¹ Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, ² Graduate School of Frontier Sciences, the University of Tokyo,
³ Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University

日本列島の太平洋側に北東から南西方向に走る南海トラフ地域では、震探反射記録からBSRも広く分布することが報告されてきている。それらの調査結果から、この地域には世界屈指のガスハイドレート胚胎堆積層が広域に分布することが確認されている。この地域の東域に実施されてきた高分解能地震探査によりガスハイドレートの分布が明瞭に示唆されているほか、2000および2004年に掘削された基礎試錐「南海トラフ」および「東海沖～熊野灘」によっても海底下に高い濃集度のガスハイドレート分布が確認され、2012および2013年には第2渥美海丘周辺において世界初の海洋生産試験の実施が予定されている。また、1998年と2002年にカナダ北極地域マッケンジーデルタにおいて掘削されたマリック坑井によって、永久凍土層下の深度890-1110m付近にガスハイドレートの卓越する砂層が確認され、ガスハイドレート含有砂層の地下状態での特性が明らかにされた。現場における掘削作業では連続的なLWDや物理検層データをはじめ、多くのガスハイドレート含有砂試料が回収され分析に供されたほか、2007年と2008年には深度1000m付近のガスハイドレート胚胎砂層からメタンガスの生産テストが実施され、大きな成功を収めた。

新潟県上越沖に位置する上越海盆は、その南縁には陸棚に連なる急斜面があり海鷹海脚が伸びる。さらに、海鷹海脚の北西部には上越海丘が南西-北東方向に分布する。日本海東縁深海底下の堆積物は泥質岩を主体とするものの、少量の砂層を伴うことが多い。これらの粗粒堆積物(砂層および凝灰質砂層)および泥質堆積物の堆積年代、堆積環境および初期埋没続成過程を調べるため、粒度分析、孔径分布/孔隙率/浸透率測定、X線回折分析(XRD)、岩石薄片観察、走査型電子顕微鏡(SEM観察などを実施した。これらの測定や観察から、粗粒堆積物粒子間孔隙の炭化水素ガスの移動への貢献度を検討することによって、チムニーやフラクチャーだけではなく砂堆積層中も移動経路となっていたことを示唆する。また、初期続成作用における泥質堆積物の孔隙特性の変化を把握することによって、メタンの移動経路や流動挙動に関する知見が得られると考えられる。メタンハイドレートがチムニーやフラクチャーを充填する産状およびマウンドやノジュールなどの塊状の産状のみならず、南海トラフやマッケンジーデルタ地域と同様な粗粒堆積物の粒子間孔隙を充填する産状の可能性を検討することは重要である。

昨年度、日本海東縁の上越地域の上越海脚(#3296)、上越チャンネル(#3308)、上越海丘北(#3320)、富山トラフ(#3325)、西津軽沖(#3326)、日本海盆(#3327)、奥尻海嶺(#3329)のサイトから得られた最長40m程度のコア試料を対象として観察と諸分析を実施した。今年度は、上越沖の上越海脚、上越チャンネル、上越海盆、上越チャンネルおよび富山トラフ海域から得られた、#3296、3299、3304、3313、3312および3317コアについて同様の分析と観察を実施した。堆積物はいずれのサイトでもシルト～粘土サイズの泥質細粒碎屑物を主体とし、少量の極細粒～中粒サイズの砂層を伴うことが多い。厚い軟質の泥質層中には1mm単位の細かなラミナの発達認められ、わずかに厚さ数mm～数cm程度の薄い未固結の砂質ラミナやテフラが夾在する部分がある。また、しばしば砂質バローや泥質ペレットなどの生痕のほか生物擾乱が顕著な部分認められ、ラミナが消失している。ところにより、Ice-rafted debris(IRD)や硫化物が認められる。

堆積物の孔隙率と孔径分布は、孔隙の毛管圧分布を測定し、それらのデータから変換して求めた。孔隙率は深度が増すに従い概ね減少傾向にあり、値は50%前後が多く、35%~67%の範囲で変化する。孔径分布曲線も同様に深度が増すに従って概ね孔径減少の傾向がみられる。平均孔径はほとんどのサイトで数100nm程度であり、一部西津軽沖では淘汰が悪く1000nmを超える。これは初期続成作用における圧密作用によって泥質粒子の再配列が進んでいることを示唆する。孔隙率や孔径分布にばらつきが認められることから、粒度組成に差異があるか圧密作用が一樣に起こっていないことが考えられる。全般に凝灰質であり続成作用初期段階であるため、X線回折結果から、すべての試料はopal-Aを多く含み、石英および長石粒子のほかイライトおよびスメクタイトが随所に検出され、深度毎に大きな変化はみられなかった。偏光顕微鏡および電子顕微鏡による観察では、いずれのサイトでも珪藻が多数観察され、有孔虫やフランボイダル黄鉄鉱などの特徴的な粒子も観察される。珪藻は破片であることが普通であり、形が良く保存されているものもあり形状は様々であった。

本発表は、MH21の研究成果の一部である。

キーワード: ハイドレート, 日本海, 孔隙
Keywords: hydrate, Japan Sea, pore

日本海底表層堆積物中の炭酸塩ノジュールの同位体・微生物組成 Isotopic and microbial compositions of carbonate nodules from sea bottom sediments in the Japan Sea

森 大器^{1*}; 狩野 彰宏¹; 奥村 知世²; 松本 良³
MORI, Taiki^{1*}; KANO, Akihiro¹; OKUMURA, Tomoyo²; MATSUMOTO, Ryo³

¹九州大学比文, ²海洋研究開発機構, ³明治大学
¹SCS Kyushu University, ²JAMSTEC, ³Meiji University

メタン湧水域の海底面・堆積物コアには多くの炭酸塩沈殿物が確認され、メタン細菌との関連性が指摘されている。特に、嫌氣的メタン酸化はアルカリ度の増加による炭酸塩鉱物の過飽和を引き起こすため重要であるとされる。私たちは2013年8月10日に行われた日本海表層ガスハイドレートの掘削調査に参加し、海鷹海脚・上越海丘・秋田沖の表層堆積物中に含まれる炭酸塩ノジュールを採集した。その後、薄片作成・同位体分析・遺伝子解析等の作業を行い、炭酸塩沈殿に関わる微生物代謝について考察した。

採集した試料の多くは小さなノジュールが凝集して出来たグレープストーン状のものであり、炭酸塩沈殿作用が単一ではなく複数回起こっていたことを示す。ノジュールの周囲もしくはグレープストーン内の空隙にはアラゴナイトの針状結晶によるセメントが見られる。また、有機物が凝集した黒色部も確認された。

ノジュールの同位体測定はマイクロドリルを用いて採集したサブサンプルを試料として行った。海鷹海脚で採集された試料の中には、炭素同位体比の著しい不均質性が確認される。一般に、ノジュールの周囲で炭素同位体比は低く、黒色を呈する中心部分で高くなる傾向が認められた。中心部分の値は+12パーミルに達する。この値を説明する唯一の微生物的プロセスはメタン生成であり、これで生じた同位体比の高い二酸化炭素がノジュール中心の炭酸塩に取り込まれたのであろう。一方、上越海丘・秋田沖のノジュールは同位体組成が均質なものが多く、値は-45~-60パーミルと低い。これは、低い同位体比を持つメタン起源の炭素がノジュールに取り込まれたことを意味する。

海鷹海脚の1試料で行った遺伝子解析では、硫酸還元菌が検出されたが、メタン生成菌とメタン栄養菌は検出できなかった。このノジュールは有機物の硫酸還元に関連した炭酸塩沈殿で生じたものと考えられる。

キーワード: ガスハイドレート, 炭酸塩ノジュール, 安定同位体, 微生物
Keywords: gas hydrate, carbonate nodule, stable isotope, microbes

日本海東縁メタン湧出海域における微化石層序研究及び UT13 研究報告 Microstratigraphic studies using UT13 piston cores around methane seep areas, eastern margin of the Japan Sea

大井 剛志^{1*}; 石浜 佐栄子²; 秋葉 文雄³; 沼波 秀樹⁴; 松本 良¹; 長谷川 四郎⁵
OI, Takeshi^{1*}; ISHIHAMA, Saeko²; AKIBA, Fumio³; NUMANAMI, Hideki⁴; MATSUMOTO, Ryo¹; HASEGAWA, Shiro⁵

¹ 明治大学・研究知財戦略機構, ² 神奈川県立生命の星地球博物館, ³ 珪藻ミニラボ, ⁴ 東京家政大学, ⁵ 熊本大学
¹Meiji University, OSRI, ²Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, ³Diatom Minilab Akiba, Co. Ltd., ⁴Tokyo Kasei University, ⁵Kumamoto University

1. はじめに

微化石層序に基づいた年代論や古環境解析は、海底資源エネルギーの分布を地質学的に解釈するうえで重要である。日本海上越沖の表層ガスハイドレート分布域においても、メタンハイドレートの大規模な分解が海底環境に与えたインパクトを明らかにすることに役立っている (Matsumoto et al., 2009)。2010 年の MD179 航海により採取された大口径ピストンコアにより、過去 13 万年間の微化石層序が明らかになったことで、より明確に年代と環境を解釈することが可能となった。

本発表では、第四紀日本海における珪藻と有孔虫の微化石層序と安定同位体層序について紹介したのち、これらの結果を日本海におけるその他のハイドレート胚胎海域の結果に適用させて議論する。

2. 上越沖における珪藻および有孔虫の微化石層序

日本海東縁、上越沖では、過去 3 万 2 千年間における 12 の有孔虫帯と過去 13 万年間における 8 つの珪藻化石帯が上越沖のピストンコアより確認され、それぞれ表層水や底層水の環境変化を示している (Nakagawa et al., 2009; Akiba et al., 2014)。

3. UT13 航海研究

2013 年 7 月に、東京海洋大学が管理する海洋調査船「海鷹丸」航海が、隠岐トラフと最上トラフにおいて精密調査されているガスハイドレートマウンド海域において実施された。ピストンコアラーによりハイドレートマウンド上から 6-8m が掘り進められ、いくつかの塊状メタンハイドレートと 13 のピストンコア堆積物が採取された。それらの堆積物から微化石層序と放射性炭素同位体年代測定を行い、各コアの堆積速度を先行研究と比較することで推定した。さらに、発表では安定同位体比測定結果から環境変動の議論も行う。

3-1. 結果①-隠岐トラフにおける堆積速度

- 一概ねのコアにおいて、約 3~4 万年前から現在にかけての堆積物が約 15 cm/kyr の一定の堆積速度で堆積している。
- PC1302 は融氷期~後氷期の堆積物が削剥されており、全体の堆積速度が比較的速い。
- コア最下部にメタンハイドレートが産出する PC1305 は他のコアに比べ平均堆積速度が遅く、崩壊 (削剥) 層準がある可能性が高い。メタンハイドレート上部の堆積物は約 4 万年前と推定される。

3-2. 結果②-最上トラフコアで認められた微化石層序の特徴

- 古い ¹⁴C データ結果より、最上トラフの 5 コアのうち 3 コアにおいて、最終氷期前後の堆積物が欠如している。
- PC1311 では絶滅種の *Epistominella pulchella* の連続産出や保存状態の悪い個体の産出がコア下部から上部まで特徴的に認められる。その一方で、保存状態の良い暖流性浮遊性種も含まれ、年代の異なる群集が混在していると推定される。
- こうした堆積物の欠落現象は、メタンハイドレートの分解に伴う崩壊活動や深部からの水や堆積物の上昇活動などを示唆しているかもしれない。

謝辞

本研究は松本 (明治大学) 科研費により実施された。松本先生ほか、航海関係者一同の皆様に感謝いたします。

キーワード: 日本海東縁, メタンハイドレート, 微化石層序, 安定同位体比, 堆積速度, 絶滅種

Keywords: the eastern margin of the Japan Sea, methane hydrate, microbiostratigraphy, stable isotope, sedimentation rate, extinct species

有孔虫層序に基づく上越海盆地域の堆積過程の研究 Deposition process based on foraminiferal stratigraphy

梅崎 陽介^{1*}

UMEZAKI, Yosuke^{1*}

¹ 熊本大学自然科学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology Kumamoto University

新潟県上越市沖の海盆地域には、メタンハイドレートが賦存する「海鷹海脚」, 「上越海丘」という高まりがあり、頂部にはマウンドやブロックマークが認められる。これまで「海鷹海脚」「上越海丘」など高まりの上での研究は多くなされており、「海鷹海脚」上では、中川ほか(2009)は過去 3.2 万年間における 12 の有孔虫化石帯を認定し、コア対比における良好な層位学的指標を示した。2010 年に行われた「Marion Dufresne」による航海では、「上越海丘」の東方に位置する北側に開いた谷部で試料が採取された。谷では浅部からの堆積物の供給のほかに、ハイドレートの噴出に伴って谷の側方から堆積物が流れ込んでくる可能性があり、有孔虫化石層序を基に、谷部でのハイドレートの噴出に伴う堆積過程を明らかにすることを目的に研究を行った。

水深 1224m の谷地形から採取された本研究コア (MD179-3308; コア長 30.9m) では、珪藻化石分析より 4 つの珪藻帯が認定され、珪藻帯とテフラの分布から 1620cm と 2700cm には大きな年代ギャップがある可能性が考えられている。有孔虫分析は、試料中の底生有孔虫数が 200 個体前後になるまで分割を行い、分割分から底生有孔虫を拾い出して有孔虫種の同定と計数を行い、底生有孔虫群集組成と各種有孔虫指数を求める方法で行った。

分析の結果、大きな年代ギャップが推定されているコア深度 1620cm と 2700cm の層準で有孔虫にも大きな変化が確認された。0cm~1620cm, 2700cm 以深の層準は約 3 万年間の堆積記録をしていると考えられ、中川(2009)の認定した有孔虫帯と類似した層準が認識できた。0cm~980cm は整然と堆積している一方、980cm~1620cm では同じ年代の堆積物の繰り返しや、年代層序が逆転している堆積物ブロックが認識できるなど再堆積が起きていることが分かった。1620cm~2700cm は約 10 万年前前後の堆積記録を有しており、最下部の層準より年代が古いことからこの堆積物ブロックも大規模に移動してきたことが考えられる。

このように本研究コアの堆積物の 980cm より下位では大規模な堆積物の移動や再堆積が認識された。このことは最終氷期最寒期 (LGM) に起きたハイドレートの分解やガスの噴出に伴う海底変動と関連している可能性が示唆される。

キーワード: 底生有孔虫, 浮遊性有孔虫, 有孔虫数, メタンハイドレート, 堆積過程

Keywords: benthic foraminifera, planktonic foraminifera, foraminiferal number, methane hydrate, Deposition process