

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ス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—メタンハイドレート貯留層特性評価を目的として—
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, Zemskeya 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