

北海道沖オホーツク海でのガスプルーム調査

Surveys of gas plumes off Hokkaido, Sea of Okhotsk

*三輪 昌輝¹、山下 聡¹、板谷 和彦²、八久保 晶弘¹、坂上 寛敏¹、山崎 新太郎¹、小西 正朗¹、南 尚嗣¹、片岡 沙都紀³

*Masaki Miwa¹, Satoshi Yamashita¹, Kazuhiko Itaya², Akihiro Hachikubo¹, Hirotooshi Sakagami¹, Shintaro Yamasaki¹, Masaaki Konishi¹, Hirotsugu Minami¹, Satsuki Kataoka³

1.北見工業大学、2.北海道立総合研究機構、3.神戸大学

1.Kitami Institute of Technology, 2.Hokkaido Research Organization, 3.Kobe University

Gas hydrates (GH) are attracting attention as a future energy resource, with projects aimed at their utilization under way in various countries. In Japan, the MH21 R&D project in the Nankai Trough region has entered its production test stage. On the other hand, in 1995, when Japan pioneered a project for the utilization of GH, clear bottom-simulating reflectors (BSR) were confirmed also at the Kitami-Yamato Bank in the Okhotsk Sea offshore of Abashiri, indicating the possible existence of GH there. In addition to this, seismic survey records collected by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) during a cruise for their GH01 project in 2001 also confirmed noticeable BSR.

On the zone which GH exists in stability by temperature and pressure conditions (HSZ: Hydrate Stability Zone), GH existed in the upper part of HSZ is called shallow type GH, and that existed in the lower part is called deep type GH. This deep type GH is observed in a zone immediately above a BSR. Therefore, observation of BSR becomes an index of deep type GH existence. This BSR is confirmed in off Okushiri Island, off Hidaka, off Tokachi and off Abashiri in the around of Hokkaido Island.

On the other hand, shallow type GH is found in sediments of the surface layer or the exposed seafloor. That have been recovered off Abashiri in the Okhotsk Sea in the around of Hokkaido. In the area existed shallow type GH, gas plumes are also observed by echo sounder. Therefore, observation of gas plume becomes an index of shallow type GH existence.

In this study, to clarify the distribution of gas plume off Hokkaido in the Okhotsk Sea, a survey using the Oshoro-Maru, the research training ship of the Hokkaido University, was conducted in November 2015, and analysis of the data of quantitative echo sounder that was acquired in the past by research ships of the Hokkaido Research Organization (ORC). As a result, including past surveys, the number of locations where gas plumes have been confirmed is about 300 in the Okhotsk Sea offshore of Hokkaido.

キーワード：ガスハイドレート、ガスプルーム、海成堆積物

Keywords: Gas hydrate, Gas plume, Marine sediment

熱分解起源メタンを包接する結晶構造I型の天然ガスハイドレートの特徴

Characteristics of structure I natural gas hydrate encaged thermogenic methane

*八久保 晶弘¹、太田 有香¹、竹谷 敏²、Vereshchagina Olga³、Jin Young K.⁴、Obzhairov Anatoly³、小西 正朗¹、坂上 寛敏¹、南 尚嗣¹、山下 聡¹、高橋 信夫¹、庄子 仁¹

*Akihiro Hachikubo¹, Yuka Oota¹, Satoshi Takeya², Olga Vereshchagina³, Young Keun Jin⁴, Anatoly Obzhairov³, Masaaki Konishi¹, Hirotooshi Sakagami¹, Hirotsugu Minami¹, Satoshi Yamashita¹, Nobuo Takahashi¹, Hitoshi Shoji¹

1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所、3.ロシア太平洋海洋学研究所、4.韓国極地研究所

1.Kitami Institute of Technology, 2.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 3.Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, 4.Korea Polar Research Institute

Crystallographic structures of natural gas hydrate are usually either structure I or structure II. The latter can encage larger hydrocarbons, for example, propane, isobutane, n-butane, and neopentane. Because the origin of these molecules is thermogenic, methane ascending with them from deeper sediment layer is also thermogenic. Hydrate-bound thermogenic methane has been reported in the world (Gulf of Mexico, offshore Vancouver Island, Caspian Sea, etc.). C1/C2+ of guest gas in these sites are less than 10, indicating that compositions of ethane and propane in hydrate-bound hydrocarbons are in an order of several percent. Therefore, crystallographic structure of gas hydrate composed of thermogenic gas is primarily the cubic structure II.

On the other hand, the structure I gas hydrates retrieved off Joetsu contained thermogenic methane ($\delta^{13}\text{C} > -50$ permil, e.g. Lu et al., 2011). C1/C2+ of hydrate-bound hydrocarbons was more than 2,000, whereas the maximum value of methane $\delta^{13}\text{C}$ was -35permil (Hachikubo et al., 2015). It is still unknown how higher hydrocarbons reduced in the sediment. Gas hydrates have been discovered at the southwestern Sakhalin Island in the cruises of LV59 (2012), LV62 (2013), LV67 (2014), and LV70 (2015) on board R/V Akademik M. A. Lavrentyev in the framework of Sakhalin Slope Gas Hydrate (SSGH) project. We reported in the last JpGU meeting that hydrate-bound gas contained ^{13}C -rich methane, suggesting thermogenic origin. In this study, we focus on the gas hydrates of the cubic structure I containing thermogenic methane retrieved from the Tatar Trough, off Sakhalin Island, and compare with those retrieved off Joetsu.

We obtained hydrate crystals from sediment cores, and stored them in liquid nitrogen. Raman spectra of the crystal showed two peaks of C-H stretching mode, correspond to methane molecules in large and small cages of the structure I, and small peaks of hydrogen sulfide were also detected. We also obtained hydrate-bound gas on board and measured their molecular and stable isotope compositions. C1/C2+ of hydrate-bound hydrocarbons ranged between 200 and 800, suggesting that contribution of thermogenic C2+ was low. However, $\delta^{13}\text{C}$ and δ^{D} of hydrate-bound methane distributed from -48permil to -42permil and from -200 permil to -170 permil, respectively. According to an empirical classification of the methane stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and δ^{D} ; Whiticar, 1999), hydrate-bound methane obtained at the Tatarsky Trough was mainly thermogenic origin.

Characteristics of hydrate-bound methane is similar to those obtained off Joetsu. $\delta^{13}\text{C}$ of CO_2 in sediment gases was high (+20 permil), suggesting interaction between methane and CO_2 through microbial activity.

We appreciate the support of the crew onboard R/V Lavrentyev during the LV59, LV62, LV67, and LV70 cruises off Sakhalin Island. This study was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research (B) 26303021 of the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS).

Hachikubo, et al. (2015) Molecular and Isotopic Composition of Volatiles in Gas Hydrates and in Sediment from the Joetsu Basin, Eastern Margin of the Japan Sea. *Energies* 8: 4647-4666.

doi:10.3390/en8064647

Lu H, et al. (2011) The characteristics of gas hydrates recovered from Joetsu Basin, eastern margin of the Sea of Japan. In Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates, Edinburgh, UK, 17-21 July 2011.

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：ハイドレート、メタン、サハリン島

Keywords: hydrate, methane, Sakhalin Island

Controls of mud diapirism on gas hydrate systems in the Lower Fangliao Basin, offshore southwest Taiwan

*Feisal Dirgantara^{1,3}, Andrew Tien-Shun Lin¹, Char Shine Liu²

1.Institute of Geophysics, National Central University, Taoyuan, Taiwan, ROC, 2.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC, 3.TIGP -Earth System Science Program, Academia Sinica, Nangang, Taiwan, ROC

The accretionary wedge of the incipient arc-continent zone of Taiwan has been identified rich in gas hydrates as inferred from reflection seismic data. We employed 2D and 3D seismic data to understand the interplay of structural development, especially mud diapirism, and gas hydrate formation in the Lower Fangliao Basin, a slope basin situated in the upper accretionary wedge. Seismic reflection data show mud tectonics exerts controls on the formation of bottom-simulating reflectors (BSRs) and the distribution of gas hydrates. Mud diapirs can be recognized on seismic profile in terms of acoustically transparent piercement structures. The formation of mud diapirs in the study area is ascribed to overpressured sedimentary layers, compressional tectonic forces, and gas-bearing fluids. The sedimentary strata on both sides of a mud diapir exhibit dragging and onlapping features due to uplifting of the diapir. Both normal strata and growth strata are discernable, suggesting the dynamics of mud diapiric development through time.

The interplay of mud diapirism, sediment dispersal, and regional convergent tectonics to the gas hydrate system is echoed from seismic facies in the study area. Five seismic facies have been observed, including uneven-truncated, stratified-parallel, chaotic-transparent, strong-parallel-reflection, reflection-free facies and are deciphered as seafloor/erosional surface, hemipelagic sediments, mass transport deposits (MTDs), sandy turbidite sediments, and mud diapirs, respectively. The gas hydrate and free-gas zonation within gas hydrate stability zone (GHSZ) is characterized by (1) high amplitude reflections with the analogous phase of seafloor indicating possible porous turbidite sands reservoir; (2) BSRs showing polarity reversal to that of seafloor, suggesting higher impedance gas-hydrate charged sands overlying lower impedance sands with free gas; (3) those strong reflections in the fault zones as gas-bearing fluid conduits; (4) strong reflections on the sides of mud diapirs (e.g. flank drags) and above buried mud diapir demonstrating the presence of gas hydrates, and (5) high amplitude reflections dragging on diapiric flanks with reversal phase of seafloor indicating free-gas charged sands abutting mud diapirs. Vertical venting governed by mud tectonics is the key to inducing thermogenic gas seepages. When such structure is absent, biogenic gas could be the alternative source for free gas or gas hydrate accumulations. Upward mud intrusion contributes to initiation of brittle deformation for deeply buried gas migration pathways. The low-permeability nature of mud diapirs promotes prominent traps for free gas or gas hydrate preservation along the diapiric flank. Due to its high thermal conductivity, active mud diapirs may act as dewatering catalyst for hitherto preserved gas hydrates, allowing dissociated gas to be accumulated, even within GHSZ.

Keywords: gas hydrates, mud diapirs, seismic reflection, accretionary wedge, Taiwan

日本海の表層型メタンハイドレートの資源量把握：2013年度-2015年度調査の成果概要
Resource assessment of shallow gas hydrate of Japan Sea: Overview and Preliminary Results
of 2013-2015 METI Project

*松本 良¹、角和 善隆¹、棚橋 学¹、柳本 裕¹、シュナイダー グレン¹

*Ryo Matsumoto¹, Yoshitaka Kakuwa¹, Manabu Tanahashi¹, Yutaka Yanagimoto¹, Glen Snyder¹

1. 明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所

1. Gas Hydrate Laboratory, Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University

厚さ数cm～数10cmの塊状～層状メタンハイドレートを胚胎し、深部にガスチムニー（音響ブランキング構造）を伴うハイドレート・マウンドが日本海東縁部に広く分布することは2012年秋には広く知られることとなった（Matsumoto et al., 2005; 松本他2012）。南海トラフ堆積物中に発達する孔隙充填型（砂層型）と異なるこれらメタンハイドレートを表層型と呼ぶ。経済産業省は海洋基本法（平成25年4月閣議決定）に基づき2013年から2015年にかけて、メタンハイドレートの資源量を把握するための調査を実施した。明治大学は産総研からの再委託事業として広域地形地質調査、掘削調査、環境調査等を担い2013年度～2015年度の3年間で表層型メタンハイドレートが存在する可能性のある隠岐周辺、上越沖、秋田・山形沖、日高沖および北海道周辺の海盆・トラフの全てにおいて広域調査を実施、1742箇所ガスチムニー・マウンド構造を確認した。2014年度には上越沖と秋田・山形沖で、2015年度には隠岐周辺と上越沖において海底最大170m程度までの複数のLWD掘削およびコアリング掘削を実施し、世界で初めて、厚さ数メートル以上の塊状あるいは層状のメタンハイドレートの回収に成功した。3年間を通して無人探査機ROVによるマウンドおよびその周辺海底の観察、海水・底生生物のサンプリング、音響、地層水の長期連続採取などを実施し、純粋な氷状メタンハイドレートが露出する高さ数mの海底崖、メタンハイドレートが自己浮上した跡と思われるクレーター状凹地などをメタンハイドレート濃集域で複数確認した。講演では、本プロジェクトのゴールである資源量把握につき3年間で明らかにされた成果の概要を報告したい。なお、本研究は、経済産業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す。調査に参加されたAIST, JOGMECの研究者はじめ連携する大学・研究機関の方々にお礼申し上げます。

Matsumoto, R., Okuda, Y. et al., 2005. Methane plumes over a marine gas hydrate system in the eastern margin of Japan Sea. ICGH-5, Trondheim, 749-754.

松本 良・角和善隆・戸丸仁・高橋信夫 ほか 2012年10月 日本海東縁のガスハイドレートの産状と分布について（記者発表と会見）、明治大学岸本ホール。

キーワード：表層型メタンハイドレート、日本海、2015コアリング調査

Keywords: shallow gas hydrates, Japan Sea, 2015 coring campaign

日本海東縁部のガスチムニー・マウンド構造における掘削同時検層による表層型メタンハイドレート濃集部の同定

Identification of shallow methane hydrate concentrated intervals by LWD within the gas chimney-mound structure, eastern margin of Japan Sea.

*棚橋 学¹、蛭田 明宏¹、柳本 裕¹、シュナイダー グレン¹

*Manabu Tanahashi¹, Akihiro Hiruta¹, Yutaka Yanagimoto¹, Glen Snyder¹

1. 明治大学ガスハイドレート研究所

1. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

2014年、2015年の夏季に日本海東縁部における表層型メタンハイドレート分布域において、掘削同時検層（LWD: Logging While Drilling）による表層型メタンハイドレート調査を実施した。2014年度には、上越沖および最上トラフにおいて、自然γ線検層、比抵抗検層、音波検層、CMR（NMR核磁気共鳴）検層を実施したところ、自然γ線の低異常、比抵抗の高異常、音波速度の高異常、NMR孔隙率の低異常といった顕著な異常が認められ、これらの異常部がメタンハイドレート濃集部と考えられた。2015年度には、新たに中性子検層を加えて、ガスチムニー・マウンド構造におけるハイドレート濃集部の広がりをもより詳しく調べた。その結果、上記の異常に加えて、中性子孔隙率の高異常、中性子γ密度、シグマ（中性子捕獲断面）の低異常も認められ、表層型メタンハイドレートの特性および分布状況がより詳細に明らかとなった。同地点で実施された圧力保持コアラー等による地質コア試料採取の結果との対比等に基づき、ガスチムニー・マウンド構造における表層型メタンハイドレートの分布状況について報告する。

本研究は、経済産業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す。調査航海に参加いただき、貴重な助言をいただいたJOGMEC藤井、高山、小寺、産総研後藤の各氏に御礼申し上げます。

キーワード：表層型メタンハイドレート、ガスチムニー・マウンド構造、掘削同時検層

Keywords: shallow methane hydrate, gas chimney mound structure, Logging While Drilling

高分解能三次元地震探査による上越沖ガスチムニー構造の解明

High-resolution 3-D seismic survey (HR3D) of gas chimney structures off Joetsu, Niigata Prefecture

*大川 史郎¹、蛭田 明宏¹、松本 良¹

*Shiro Ohkawa¹, Akihiro Hiruta¹, Ryo Matsumoto¹

1. 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

1. Gas Hydrate Laboratory, Meiji University, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Property

新潟県上越沖の浅層ガスハイドレート賦存地域において、ガスチムニー内の微細構造を知るために高分解能三次元地震探査(HR3D)を実施した。サブボトムプロファイラー(SBP)記録断面図では、ガスチムニー内の構造は、ブランキング効果のために白抜けとなり、ほとんど見る事ができない。これはガスチムニー上部の海底面下に高反射率の物質があることにより、ほとんどの震源エネルギーが反射され、下方には伝播できないため生じている現象である。ブランキング効果のため、ガスチムニー内におけるハイドレートやBSRの分布状況、さらに地層境界の追跡が困難となっている。ガスチムニー内の構造を三次元的に解明するため、2015年夏、HR3D調査を実施した。HR3Dでは、短いケーブル、稠密な発振・受振間隔、高周波エアガン(GI Gun)を使用することによって高分解能データを得ることができる。SBPデータと比べると、分解能は劣るものの、チムニー内の反射を捕らえることができている。また、資源探査目的の既存3D地震探査データと比べ、高分解能のデータとなっている。HR3Dの結果、SBPや既存の3D地震探査データでは不明瞭であったガスチムニー内の詳細な構造を解明する上で有益な情報を得ることができた。なお、本研究は平成27年度経済産業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：高分解能三次元地震探査、HR3D、浅層ガスハイドレート、ガスチムニー、上越沖

Keywords: high-resolution 3D seismic survey, HR3D, shallow gas hydrate, gas chimney, off Joetsu

7K13広域調査で明らかになった富山トラフの詳細堆積地形

Detailed depositional topography in the Toyama Trough revealed by the 7K13 Cruise

*中嶋 健¹、佐藤 幹夫¹、弘松 峰男²、青木 伸輔³、柳本 裕³、松本 良³*Takeshi Nakajima¹, Mikio Satoh¹, Mineo Hiromatsu², Shinsuke Aoki³, Yutaka Yanagimoto³, Ryo Matsumoto³

1.産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門、2.海洋研究開発機構、3.明治大学

1.Institute for Geo-Resources and Environment, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.JAMSTEC, 3.Meiji University

表層メタンハイドレートの資源量把握のための広域地形調査を目的として2013年に行われた第7開洋丸による7K13航海で、マルチビーム音響測深とサブボトムプロファイラーにより富山トラフ内の詳細な海底地形及び後方散乱データが得られた(松本ほか, 2014)。

本研究では、その際に得られた富山深海長谷上流部の詳細堆積地形の特徴についていくつか紹介する。

富山深海長谷上流部の長谷底には、point bar, longitudinal barなどの様々なタイプのバーが認められる。また、チャンネルのtranslationに伴ってテラスが形成されている例が認められる。また、長谷底にはチャンネルに直交する崖とその下流にできたプール地形も認められる。

富山深海長谷屈曲部の外側自然堤防上には、大規模なセディメントウェーブ地形が発達する。この中には自然堤防上の大規模なスコア地形を伴うものもあり、サイクリックステップの機構で出来たことを示唆している。

本研究は平成25年度経済産業省メタンハイドレート開発促進事業によるデータを用いた。

文献：

松本 良・弘松峰男・青木伸輔・柳本 裕・佐藤幹夫・中嶋 健 (2014) 広域地形地質調査：ガストムニーの広域マッピング, 表層メタンハイドレート・フォーラム 表層メタンハイドレートの資源化を目指して, 3-1.

日本周辺海域における「ガスチムニー構造」の分布特性と被覆面積

Type distribution and composed area of "gas chimney structure" around Japan Island

*大井 剛志¹、佐藤 幹夫²、松本 良¹

*Takeshi Oi¹, Mikio Satoh², Ryo Matsumoto¹

1.明治大学 研究知財戦略機構、2.産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

1.Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University, 2.Institute for Geo-Resource and Environment, Natural Institute of Advanced Industrial Science and Technology

日本海東縁海域では、表層ガスハイドレートの分布と音響探査記録上で海底下に認められる音響ブランキング帯である「ガスチムニー構造」の分布が良く対応している。松本ほか（2015MS）により、日本海を中心に971個の「ガスチムニー構造」が確認され、産状とサイズに基づいて3つの形態（単一型、複合型、構造規制型）に分類された。継続して、2015年にも北海道南方海域やオホーツク海側にも範囲を広げた同様の探査が実施された。

調査期間は2015年5月6日から7月19日の75日間である。「ガスチムニー構造」の把握のためには、まず初めに概査として得られた海底地形および後方散乱強度データに基づいて海底異常特異点を抽出し、その直上で精査として得られた表層付近の海底地質プロフィールから海底下での音響ブランキングの有無を評価した。概査ではマルチビーム音響測深機（MBES）EM302（水深範囲：10m～7000m）を、精査ではサブボトムプロファイラー（SBP）TOPAS PS18（探査深度最大11,000m、透過深度：200m）を使用し、いずれも調査船の船底に装備されている。調査船の測位には、DGPS（精度2m以内）を用いた。

「ガスチムニー構造」は、調査を実施した隠岐周辺・上越沖・秋田山形沖・西津軽海盆・奥尻海盆・日高沖・十勝沖・網走沖の全てに分布しており、2015年の調査で新たに発見確認されたものは771個である。過去の2年間を含めると、調査海域に分布するガスチムニーは1742個となった。本発表においては、「ガスチムニー構造」の分布形態について海域ごとの特徴について、数とサイズ分布に着目して、紹介する。

なお、本調査研究は経済産業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。

引用文献

松本ほか、2015MS. 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、日本地球惑星科学連合大会、2015.

キーワード：表層ガスハイドレート、ガスチムニー構造、数とサイズ分布

Keywords: shallow gas hydrate, gas chimney structure, number and size distribution

保圧コア回収システムPCTB-PCATS によるメタンハイドレート含有コアの回収とメタンハイドレート量見積もり：日本海表層型メタンハイドレート資源把握調査

Recovery and hydrate estimate of gas hydrate bearing sediments by pressure coring tool PCTB and onboard core handling system PCATS

*松本 良¹、海老沼 孝郎²、蛭田 明宏¹、石田 直人¹、戸丸 仁³

*Ryo Matsumoto¹, Takao Ebinuma², Akihiro Hiruta¹, Naoto Ishida¹, Hitoshi Tomaru³

1. 明治大学研究知財戦略機構、2. 鳥取大学工学研究科社会基盤工学メタンハイドレート科学講座、3. 千葉大学理学部地球科学科

1. Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University, 2. Methane Hydrate Science, Graduate School of Engineering, Tottori University, 3. Dept of Earth Science, Faculty of Science, Chiba University

日本海東縁に分布する表層型メタンハイドレート賦存海盆内のガスチムニー構造中にメタンハイドレートがどのように存在するかを明らかにするため、2015年8月-11月、隠岐周辺と上越沖の3箇所のガスチムニー構造において海底からの深度100m程度までの掘削コアリングを実施した。昨年度の掘削結果を踏まえ、今回は保圧コア回収システムPCTB-PCATS(GEOTEK LTD)を採用した。通常のコアリングシステムではコア回収中の温度上昇と圧力減少により堆積物中に含有されるメタンハイドレートの一部～全部が分解し、海底下現地状態でのハイドレートの組織、産状、含有量を正確に知る事は困難である。保圧コアPCTBは現地圧力を保持した状態で長さ2.5m直径5.1cmのコアの回収を可能とする。PCTBは42回投入し32回で圧力保持されたコアが回収された。保圧コアは船上に設置されたPCATS(Pressure Core Analysis and Transfer System)でただちにX線CT観察、ガンマ線密度・速度検層を実施、判定された岩相に基づいて詳細分析項目を決定、複数のセクションに切断した。船上での低温全分解実験によりセクション内に含有されるメタンハイドレートからのメタン量を正確に測定し、メタンハイドレート含有量(体積分率)を知る事が出来る。推定されたハイドレート量と当該コアから抽出した間隙水の塩素濃度異常から、堆積物中の真の間隙水塩素濃度(ベースライン濃度)を求める事ができる。ベースライン濃度は、通常のコアリングシステムで回収された堆積物から“間隙水”を抽出してハイドレート含有量を計算する際の基礎データとなる。本講演では表層型メタンメタンハイドレートの保圧状態での組織と産状、いくつかの掘削サイトでのメタンハイドレート量見積もりについて報告する。本研究は、経済産業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。発表を許可して頂いた事に対して謝意を表したい。

キーワード：保圧コアリング、メタンハイドレート量

Keywords: Pressure coring, gas hydrate amount

日本海東縁に発達する表層型ガスハイドレート周辺の間隙水の濃度異常

Concentration anomalies of pore waters collected from shallow gas hydrate deposits in the eastern margin of the Japan Sea

*戸丸 仁¹、本多 祐樹¹、松本 良²

*Hitoshi Tomaru¹, Yuki Honda¹, Ryo Matsumoto²

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

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

日本海東縁のガスチムニー構造が発達する海域では海底の比較的浅部に塊状の表層型ガスハイドレートが胚胎している。ガスハイドレートの生成は結晶相から間隙水中の塩類を排除するため微視的には間隙水中の塩濃度が上昇する。一方、ガスハイドレートの分解・溶解は結晶を構成していた水が間隙水中に放出されるため間隙水中の塩濃度が低下する。これは間隙水の塩濃度がガスハイドレートの分布を推定するためのツールであると同時に、ガスハイドレートの生成速度や生成環境を反映する指標としても応用が可能である。本研究ではPS15航海で採取した堆積物間隙水の塩化物イオン濃度の変化に着目し、表層型ガスハイドレート形成時に堆積物中で起きている地球化学的な変化について考察する。

間隙水の塩化物イオン濃度は、ガスハイドレートがほとんど見られない、もしくは賦存量の少ない（分布のばらついている）サイトでは、海水値に近く、大きな変動は見られない。しかし、メタンフラックスが高く、厚いガスハイドレート層やガスハイドレートの集積率の高い層準が分布するサイトでは深度とともに塩化物イオン濃度が急激に上昇し、1400 mMを超えるような高度濃度帯がみられた。塩化物イオン高濃度帯の分布とメタンフラックス、地形的な関係性について議論を進める。

本研究は経済産業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：表層型メタンハイドレート、間隙水

Keywords: Shallow gas hydrate, Pore water

日本海における海底堆積物の物理性比較

Comparing physical properties of the sediments in the Japan Sea

*落合 博之¹、大井 剛志²

*Hiroyuki Ochiai¹, Takeshi Oi²

1.学校法人 北里研究所 北里大学、2.学校法人 明治大学

1.The Kitasato Institute Kitasato University, 2.Meiji University

日本海に分布するメタンハイドレートの大部分は、表層型とされ、ガスチムニー構造を伴うマウンドの海底面から数10mにわたって発達することが近年の研究で解明されている（松本ほか2014）。表層型メタンハイドレートは南海トラフの深層型とは多くの点で異なることから今後生産試験を行う際には、南海トラフとは全く異なる新しい開発スキームの作成が必要不可欠である。本研究は特に問題となる海底環境への影響とハイドレート集積付近での堆積物の物理的応答に焦点を置いた。表層型ハイドレートは、表層付近までハイドレートが集積しているため、生産試験の際には崩壊による海底環境の悪化が懸念されるばかりでなく構造物を海底に設置する際の地盤沈下や崩壊による基礎の軟弱化が問題となりうる。また、生産試験を行う際の基礎杭なども考える必要がある。一方で深い層でもハイドレートの回収における様々な作業が行われることから、深さごとの地盤強度などの試験を行うことで深さ分布の土壌の応力を把握することが必要不可欠である。そこで、本研究ではまず初めに隠岐周辺や上越沖のリファレンスサイトにおいて、海底面から数10mにわたる堆積物を採取し、せん断試験と貫入試験を行った。本講演では日本海のガスチムニー構造とその周辺堆積物の力学的応答について議論する。なお、本研究は経済産業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、海底堆積物、物理性

Keywords: The Japan Sea, sediments, physical properties

2015年度表層型メタンハイドレート調査海域におけるコーン貫入試験

Cone penetration tests at shallow gas hydrate exploration sites in 2015

*海老沼 孝郎¹、京野 修²、角和 善隆³、松本 良³

*Takao Ebinuma¹, Syu Kyouno², Yoshitaka Kakuwa³, Ryo Matsumoto³

1.鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 メタンハイドレート科学講座、2.応用地質株式会社、3.明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

1.Methane Hydrate Science Course, Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tottori University, 2.OYO Corporation, 3.Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

表層型メタンハイドレート濃集帯からメタンガスを生産する手法を検討するためには、生産設備の設置が想定される濃集帯表層部の海底地盤強度に係わるデータが必要となる。2015年度の表層型メタンハイドレート調査においては、将来の生産手法検討に資するために、上越沖の7地点において、コーン貫入試験による海底地盤の強度測定を実施した。試験には、英国Geoquip Marine社が所有するコーン貫入試験装置を使用した。コーン先端の貫入抵抗と周面摩擦抵抗に加えて間隙水圧を測定する機能を有する。特に、間隙水圧の測定が可能なコーンを使用する本試験は、Piezocone Penetrometer Testing (PCPT)と呼ばれる。以下、本試験をPCPTと略して呼称する。コーンの有効断面積 (10cm^2) と貫入速度 (2cm/s) は、陸上の地盤調査を目的とした貫入試験において標準化されている値に準拠している。ストロークは、3mである。コーンの先端抵抗の測定範囲は、最大100MPaである。PCPTの実施にあたっては、試験深度まで掘削した後に、ドリル・ストリングをシーベッド・フレームにクランプすることにより、コーン貫入のための反力を確保した。その後、ワイヤライン・ツールを降下させて、ドリル・ストリングのBHAにラッチさせた。コーンの地層への貫入は、所定のコーン貫入速度 (2cm/s) が得られるように流量を制御した流体を管内に圧入することにより行われた。コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧の3成分のデータは、リアルタイムに船上に伝送されて表示・記録された。PCPTの試験井は、PCPTに先立って実施されたコアリング実施坑井の近傍で掘削された。このため、PCPTの測定結果とコア試料の記載結果との対比を行った。また、Geoquip Marine社のPCPTでは、試験実施区間の前後で、不攪乱試料を採取することが可能である。今回の試験では、不攪乱試料を利用した船上でのVane剪断試験、陸上ラボでの三軸試験などが実施された。本調査では、PCPTの試験結果から推算した非排水剪断強度と、これら不攪乱試料を用いた試験結果を比較した。PCPT測定結果の深さプロファイルに見られる特徴的な変化に注目して、コア記載結果との対比を行ったところ、厚さ7cmのsandy ash層に対応して、コーン貫入抵抗が鋭いピークを示すとともに、過剰間隙水圧が急減圧した。また、泥層の中に粒状メタンハイドレートが胚胎していた区間では、PCPTのコーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び過剰間隙水圧のいずれも、他の深度と比較して、変動が大きかった。このように、PCPTは、泥層に介在する薄い砂層、塊状のメタンハイドレート、炭酸塩などに敏感に反応することが確認された。PCPTのコーン貫入抵抗から、陸上の地盤調査において使用されている関係式を用いて、非排水剪断強度を推定した。推定結果をPCPT実施深度の近傍で採取した不攪乱試料の三軸試験結果と比較したところ、関係式に含まれるコーン係数を15とした場合の推定値は、三軸試験により求めた剪断強度の値に近いことが分かった。このことから、PCPTにより、海底地盤の非排水剪断強度の推定が可能なことが確認された。各調査地点のPCPTデータから非排水剪断強度の深さプロファイルを求めて、表層部6mの比較を行った。いずれの地点においても、非排水剪断強度の大きな薄層が多数存在 (介在) した。これらは、PCPTデータとコア記載との対比で示した通り、砂の薄層、粒状のメタンハイドレートまたは炭酸塩を含む層と考えられる。一方、表層の軟弱層の厚さについては、調査地点により、大きく異なった。例えば、海底面から深さ0.5mまたは3mまで軟弱な層が認められ、その深さを境に不連続的に強度が増大する地点があった。これとは異なり、海底面から深さ6mまでの区間では、不連続的な強度の変化は見られない地点もあった。本調査により、PCPTは、表層型メタンハイドレートの賦存海域における海底地盤の強度調査に、有効なことが確認された。本研究は、経済産業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。

キーワード：表層型メタンハイドレート、ピエゾコーン貫入試験、非排水剪断強度

Keywords: Shallow gas hydrate, Piezocone penetrometer testing, Undrained shear strength

日本海東縁の表層型メタンハイドレートの濃集帯形成に関する作業仮説

A working hypothesis on the accumulation of methane hydrate in gas chimneys developed in the eastern margin of Japan Sea

*角和 善隆¹、蛭田 明宏¹、柿崎 喜宏¹、松本 良¹

*Yoshitaka Kakuwa¹, Akihiro Hiruta¹, Yoshihiro Kakizaki¹, Ryo Matsumoto¹

1. 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

1. Gas Hydrate Laboratory, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

A lot of gas chimney structures are identified by a sub-bottom profiler as acoustic blanking in the eastern margin of Japan Sea. The acoustic blanking is caused by hard stuff such as carbonate nodules and gas hydrate that develop usually on the seafloor or very shallow depths. Therefore, the deeper part of the acoustic blanking or gas chimney structure was remained unknown. The coring of gas chimney structure of three topographic highs by R/V Hakurei in 2014 clarified that gas hydrate occur from the surface to the deep in the gas chimneys.

A series of observation of the recovered cores by necked eyes, X-ray CT photography and experiments such as sieving of carbonate nodules from mud clarified the close association of carbonate nodules and gas hydrate in the sediments of gas chimneys. This combination of carbonate nodules and gas hydrate occurs periodically and the calculated cycles are around 15 ky.

Preceding studies clarified the following subjects.

1. Carbonate nodules in the gas hydrate field of Japan Sea are interpreted to be formed in the sulfate-methane interface (SMI).
2. The carbon and oxygen isotopic ratios of the carbonate nodules demonstrated the thermogenic methane from the deep largely contributes the formation of the nodules.
3. Active faults and folds develop in the mobile belt of the eastern margin of Japan Sea and form many topographic highs.

Combining the above-mentioned preceding studies and acquired data, we propose the following working hypothesis: Methane gas has been periodically supplied from the depth by the movements of active faults, and the gas repeatedly formed both carbonate nodules and methane hydrate at around the depth of SMI that existed at or in the shallow depth of the seafloor.

Further studies are required if the proposed mechanism of the accumulation of shallow gas hydrate would be applied generally to the other gas hydrate-bearing topographic highs that distribute in the eastern margin of Japan Sea.

We express sincere gratitude to all the persons in JOGMEC who engaged to operate R/V Hakurei in 2014. X-ray CT photos of cored samples are taken under the cooperation program between Kochi Core Center and Akihiro Hiruta (14B013). This research is a part of the shallow methane hydrate exploration project of METI.

キーワード：表層型メタンハイドレート、炭酸塩団塊、日本海、海洋掘削、活断層

Keywords: shallow methane hydrate, carbonate nodule, Japan Sea, drilling, active fault

日本海東縁ガスハイドレート賦存域における海底堆積物の古地磁気・岩石磁気研究とその応用

A rock paleomagnetic study of marine sediments in gas hydrate area of the eastern margin of Japan Sea

*下野 貴也¹、松本 良¹

*Takaya Shimono¹, Ryo Matsumoto¹

1. 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

1. Gas Hydrate Research laboratory, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Property, Meiji University

表層型ガスハイドレートとその周辺堆積物の磁気的な関係を明らかにするため、隠岐周辺と上越沖で採取された堆積物コア試料の古地磁気・岩石磁気分析をおこなった。本発表では、2015年の8月-11月に実施された掘削航海中に船上でおこなわれたコア試料(whole-round)の磁化率測定結果と下船後に得られた堆積物試料(discrete)の古地磁気・岩石磁気記録から隠岐周辺と上越沖における堆積物の磁気的特徴について報告する。さらに、船上でおこなったガスハイドレートとガスハイドレートを含む堆積物の磁化率測定をもとにガスハイドレートの含有量推定を試みる。

下船後の古地磁気・岩石磁気測定の結果、隠岐周辺のガスチムニー構造の外側で採取された堆積物試料は安定な残留磁化方位を示し、その磁化率は船上で測定したコア試料の値とよく一致した。また、上越沖で採取された堆積物の平均的な磁化率は隠岐周辺に比べて高く、上越沖では陸から供給される磁性鉱物のフラックスが大きいことが示唆される。

本研究は経済産業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：表層型ガスハイドレート、岩石磁気、海底堆積物、日本海

Keywords: Shallow gas hydrate, Rockmagnetism, marine sediments, Japan Sea

表層メタンハイドレートに含まれるメタノールからみたメタンハイドレート生成年代推定の試み

Estimation of shallow gas hydrate formation age by methanol analysis in the gas hydrates

*谷 篤史¹、山田 恭平¹、戸丸 仁²、大井 剛志³、松本 良³

*Atsushi Tani¹, Kyohei Yamada¹, Hitoshi Tomaru², Takeshi Oi³, Ryo Matsumoto³

1.大阪大学大学院理学研究科、2.千葉大学大学院理学研究科、3.明治大学ガスハイドレート研究所

1.Graduate School of Science, Osaka University, 2.Graduate School of Science, Chiba University,

3.Gas Hydrate Laboratory, Meiji University

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（ケージ）構造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（谷ほか, 2013）。我々は、このメタンハイドレートがいつどのように生成したのかということに興味を持ち、研究を進めてきた。これまでの研究から、環境放射線によりメタンハイドレート内部にメタノールやホルムアルデヒドが生成し、その量がメタンハイドレートの生成年代の指標となりうることを示した（Tani et al., 2008; Tani et al., 2011; 谷, 2013）。しかし、メタノールやホルムアルデヒドは環境放射線による生成量が微量であることや、メタンハイドレート近傍の堆積物の間隙水に微量ながら含まれていることから、浅部から回収したメタンハイドレート試料ではメタンハイドレート生成年代に関する議論を十分に行えていなかった（谷ほか, 2011）。本研究では、2015年度に実施された掘削調査において採取したメタンハイドレート試料を対象とし、そこに含まれるメタノール量を計測することで、堆積年代とメタンハイドレートの生成年代について議論する。なお、本研究は経済産業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：表層メタンハイドレート、生成年代、メタノール、ガスクロマトグラフィー、自然放射線

Keywords: shallow gas hydrates, formation age, methanol, gas chromatography, natural radiation

表層型メタンハイドレート広域調査航海で観測された海洋大気ガス濃度異常

Atmospheric gas concentration anomalies in the ocean: A preliminary report from a shallow gas hydrate exploration project

*青木 伸輔¹、小宮 秀治郎¹、登尾 浩助²、松本 良³

*Shinsuke Aoki¹, Shinsuke Aoki¹, Kosuke Noborio², Ryo Matsumoto³

1. 明治大学院農学研究科、2. 明治大学農学部、3. 明治大学研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

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

ガスハイドレートの賦存海域では、しばしば海底から海中に立ち上がるガスプルームが観察される。ガスハイドレートの胚胎域における海底からのガス湧出はこれまでも世界中で報告されてきた。また、このガス湧出を構成する主な物質はメタンであることも報告されている。メタンは温室効果ガスの1つであり、重要な短寿命気候汚染物質と考えられている。海底におけるイベント（原油の流出事故）や、海上の油井・ガス井が大気へ影響するとの報告もあり、ガスプルームが大気へ影響することも考えられる。そこで本研究では、ガスハイドレート賦存域において海洋大気ガス濃度を連続測定し、海上でのガス濃度分布を調査することを目的とした。表層メタンハイドレートの資源量把握のために行われた広域地形調査（7K14, 7K15）に併せて、海洋大気CH₄濃度の連続測定を行った。測定期間は2014年4月から6月、2015年5月から7月である。大気試料の採取口は船舶のコンパスデッキ（海面から8 mほど）に設置し、ポンプを用いて船内の観測室まで引き込んだ。採取したガスは波長スキャンキャビティリングダウン（WS-DRDS）方式ガスアナライザー（G2201-i, Picarro社）を用いて連続観測を行った。調査期間中は約6 knotで航走し、船舶の位置情報は船体に搭載しているGPSのデータを用いた。

広域地形調査中にガスプルームが観測される海域と、観測されない海域があった。また、プルームが観測される海域においても、観測される地点には偏りが生じていた。さらに、海域によってはプルームの観測地点近傍で大気CH₄濃度が高くなる現象も観測された。海域ごとに水深や海水温が異なることや、ガスプルームの規模により、大気中のCH₄濃度に影響が出るのではないかと考えられる。

本研究は経済産業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：ガスハイドレート、メタンガス、ガスプルーム

Keywords: gas hydrate, Methane gas, gas plume

ROV潜航調査で確認された日本海表層型メタンハイドレート露頭

Shallow methane hydrate outcrops discovered through ROV submersible survey in the Japan Sea

*石田 直人¹、沼波 秀樹²、松本 良¹

*Naoto Ishida¹, Hideki Numanami², Ryo Matsumoto¹

1. 明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所、2. 東京家政学院大学家政学部家政学科

1. Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the Strategic Coordination, Meiji University,

2. Faculty of Home Economics, Department of Home Economics, Tokyo Kasei Gakuin University

表層メタンハイドレートは、海底近傍の細粒堆積物中に塊状の集積体として産するのが特徴である。ROV（遠隔操作水中無人探査機）を用いた日本海表層メタンハイドレート調査において、海底面に露出するメタンハイドレートが数地点において確認された。海底におけるメタンハイドレートの露出状況や周辺地形について、潜航調査映像を交えて述べる。本研究は経済産業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：表層メタンハイドレート、ROV、日本海

Keywords: shallow methane hydrate, ROV, Japan Sea

日本海東縁の表層ガスハイドレート域におけるハビタットマッピングによる底生生物分布（予察）
Preliminary account of benthic habitat mapping on shallow gas hydrate areas on the eastern margin of Japan Sea.

*沼波 秀樹¹、蕨 麗未²、戸丸 仁³、佐藤 幹夫⁴、松本 良²

*Hideki Numanami¹, Remi Warabi², Hitoshi Tomaru³, Mikio Satoh⁴, Ryo Matsumoto²

1.東京家政学院大学現代生活学部現代家政学科、2.明治大学研究・知財戦略機構、3.千葉大学理学部地球科学科、4.産業技術総合研究所

1.Department of Modern Home Economics, Faculty of Contemporary Human Life Science, Tokyo Kasei Gakuin University, 2. Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University, 3.Department of Earth Sciences, Chiba University, 4.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2015年9月9日～28日に実施したNT15-E03調査で隠岐トラフ南西部（3潜航）、隠岐トラフ南東縁（3潜航）、鳥ヶ首海脚北（1潜航）、小木南西沖（1潜航）、弾崎沖（1潜航）、鳥海礁北東（1潜航）の合計10潜航について、ROV「ハイパードルフィン」のハイビジョンカメラに撮影されているマクロベントスの種別の個体数をROVの位置が記録されている10秒間隔で計数し、同時に底質も記録して、ベントス分布と底質（メタン湧出の状態）との関係について検討する。さらにROVの位置データと底質、ベントス分布をGISに入力し、海底地形図に反映して、ハビタットマップを作成し、各海域の底生生物分布と海底環境を比較する。本研究は経済産業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：表層ガスハイドレート、ハビタットマッピング、底生生物

Keywords: shallow gas hydrate, habitat mapping, benthos