

## 日本海東縁、上越沖の海鷹海脚における表層ガスハイドレート「濃集層準」の認定

### Identification of gas hydrate "concentrated horizons" in Umitaka Spur, off Joetsu, the eastern margin of Japan Sea

\*角和 善隆<sup>1</sup>、大川 史郎<sup>1</sup>、棚橋 学<sup>1</sup>、大井 剛志<sup>1</sup>、松本 良<sup>1</sup>

\*Yoshitaka Kakuwa<sup>1</sup>, Shiro Ohkawa<sup>1</sup>, Manabu Tanahashi<sup>1</sup>, Takeshi Oi<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>1</sup>

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 Properties, Meiji University

上越沖の海鷹海脚には、表層ガスハイドレートが胚胎している。2015年度の海鷹海脚における掘削同時検層（LWD）と、試料採取のためのコアリングの結果、そして高分解能3次元地震探査による調査結果の3者を組み合わせることで、海鷹海脚の地下に存在するガスハイドレートは、いくつかの「濃集層準」に区分でき、広く追跡できることが分かった。

#### 濃集層準の認定

連続的デジタルデータの得られたLWDでは、特に音波速度（Vp）が速くなる部分が複数の層準に区分できる。近接した場所で掘削し試料を採取した結果、それはガスハイドレートの濃集層準であることが確認できた。この「濃集層準」では主に、板状・脈状・粒状のガスハイドレートが泥質堆積物中に密集あるいは散在する。その密度は「濃集層準」や掘削サイトにより異なる。炭酸塩団塊は船上でのコア観察では確認できなかった。

この「濃集層準」のそれぞれの層序上での音波速度の変化パターンは、異なったLWD掘削地点において、多くは類似した形、層序的位置に見られ、見た目では対比可能である。ただし異常に音波速度が速く、速い部分が厚く続くような、ガスハイドレートが特に高く濃集する一部のマウンドでは、その対比は困難である。

#### 3次元地震探査による裏付け

高分解能3次元地震探査による調査結果から、上記のLWDデータの音波速度変化のパターンで推定した各「濃集層準」の対比にはほぼ誤りないことが裏付けられた。そして、この特定の「濃集層準」は、ほぼ南北2 kmにわたって追跡できることが確認された。3次元地震探査で見られる縞状構造は、一部のマウンドやポックマークの内部を除くと、全体的には海底面に平行に発達する。「濃集層準」は一部で珪藻群集の変化により同時代面が設定できるが、それが縞状構造と大きく斜交することは確認できていない。

#### 解釈

広く追跡できる「濃集層準」のガスハイドレートが形成されたのは、ガスハイドレートの産状からホストとなる泥質堆積物の堆積と同時になく、堆積後のある時期に、海底面下のある程度の深度で、未固結～半固結状態の泥を排除してできたものと推定している。しかし、これら「濃集層準」が形成された深度、ガスの供給時期や供給原因、そもそもなぜ「層準」として形成されたのか、などの詳細はわからない。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した。

キーワード：浅層ガスハイドレート、濃集層準、日本海

Keywords: shallow gas hydrate, concentrated horizons, Japan Sea

## 日本海ガスハイドレート地域の泥質堆積物の間隙充填状態：水成分の酸素同位体からの見積もり

### Pore space filling state of mud sediment in the gas hydrate area in the Japan Sea: assumption from oxygen isotopic composition of water fraction

\*狩野 彰宏<sup>1</sup>、宮原 玲奈<sup>2</sup>、森 大器<sup>2</sup>、松本 良<sup>3</sup>

\*Akihiro Kano<sup>1</sup>, Reina Miyahara<sup>2</sup>, Taiki Mori<sup>2</sup>, Ryo Matsumoto<sup>3</sup>

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 九州大学比較社会文化研究院、3. 明治大学ガスハイドレート研究所

1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Integrated Science for Global Society, Kyushu University, 3. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

日本海ガスハイドレートは塊状・ベイン状・粒状の形態で細粒堆積物中に存在している。細粒堆積物中では間隙水の活性低下と間隙内での毛細管現象により、間隙内にガスハイドレートは形成されにくいとされている。これは、南海トラフなどで観察される、砂層ハイドレートとは対照的である。しかし、上越沖で行った私たちの解析結果は、ガスハイドレートが少なくとも間隙の一部を充填することを示した。今回の研究では次の3つの解析を行った；1) 泥堆積物とハイドレートの部位を別個に密封したバイアル瓶の中にサンプリングし、同位体平衡に達した二酸化炭素の酸素同位体比を測定（水成分の同位体比を反映する）、2) 泥堆積物のバイアル瓶のヘッドスペースガスのメタン／二酸化炭素比を測定、3) 泥堆積物の重量を蒸発乾燥前後で計量し、間隙率を測定。泥堆積物間隙水とハイドレートの酸素同位体比の差は、堆積物中のハイドレートの割合が増加するにつれて1.5パーミル以下まで減少していた。これは閉鎖系でのレイリー分別を想定して計算した値と大きく異なる。この結果に加え、いくつかの泥サンプルのヘッドスペースガスのメタン／二酸化炭素濃度比は異様に大きかったことから、泥堆積物の間隙にはハイドレートが充填していたものと考えられる。加えて、上越の泥堆積物は他の地域（例えば、隠岐沖）の泥堆積物よりも明らかに間隙率が小さく、間隙の中にはハイドレートとともにガスが充填していたと思われる。私たちの分析結果は日本海ガスハイドレートの資源量を増加させ、将来のガス回収のための研究に役立つものと期待される。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した。

Clennell et al., 1999. Journal of Geophysical Research 104, B10, 22,985–23,003.

キーワード：ガスハイドレート、日本海、酸素同位体

Keywords: Gas hydrate, Japan Sea, Oxygen isotope

# 日本海表層型ガスハイドレート胚胎域におけるオスモサンプラーによるガス湧出強度別間隙水の地球化学的時系列解析

## Time-series analysis of pore waters collected by OsmoSampler from the perspective of gas venting strength in shallow gas hydrate field, Japan Sea

\*尾張 聡子<sup>1</sup>、戸丸 仁<sup>1</sup>、亀田 凌平<sup>1</sup>、松本 良<sup>2</sup>

\*Satoko Owari<sup>1</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Ryohei Kameda<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>2</sup>

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 明治大学 ガスハイドレート研究所

1. Chiba university, 2. Meiji University

ガスハイドレート胚胎域として知られる日本海では潜水調査艇や計量魚群探知機、マルチビーム音響測深機を使用した調査で海底からのプルームや湧出するガスが複数の海域で確認されているが、その強度や位置が数日スケールで変化していることが明らかとなり、ガス湧出を含む表層型ガスハイドレート系内の化学的環境が同様に短期的に変動している可能性がある。湧出やプルームの観察された海域からは共通して表層型ガスハイドレートが回収されており、湧出強度は海域ごとに、湧出密度（湧出点数）、湧出量、底質で特徴づけられた。新潟沖、鳥が首海脚は湧出密度が高く、湧出量も非常に大きい。海底面は数cmから50cm以上の大きさを超えるほどの炭酸塩岩が広く分布しており、調査艇で海底を掘り返すとバブルが噴出していた。海底表層の炭酸塩岩は過去の活発なメタン湧出の証拠とされる。新潟沖、海鷹海脚は鳥ヶ首海脚に比べると湧出密度は高いが、強度は弱く、海底面は主に泥で数cmほどの炭酸塩岩が散在している。秋田-山形沖、鳥海礁は魚群探知機によるプルームの確認はされているものの実際に調査艇による現場観察では湧出は確認されず、海底面は広く泥に覆われていた。以上の3サイトから、ガス湧出の強度や有無によってどれほどの時間・規模で表層型ガスハイドレート系内の化学環境を変動させるかを明らかにするため、鳥が首海脚はガス湧出の強いサイト、海鷹海脚は活発ではないが弱いガス湧出サイト、鳥海礁はガス湧出のない場所に、それぞれ長期連続採水器 OsmoSampler を海底に設置し、海底下30cmの間隙水を一年間採取した。採取された間隙水の主要溶存イオン・ガス濃度を全サイト約一日の精度で測定した。

溶存イオン濃度は全サイトに共通して連動して3~5日周期ののこぎり状の変動と不規則に表れる変動幅の大きいスパイク状の変動を示した。しかしそれぞれの変動は海域ごとに変動幅や出現頻度が顕著に異なっており、例えば一年を通して繰り返されるのこぎり状変動は湧出密度、量が最も強い鳥が首海脚の変動率が最も大きい。これはガス湧出密度・量が強いほど大規模、もしくは短時間でガスハイドレートの形成が可能であり、ガスハイドレートの形成・分解に伴う真水の消費・放出バランスによって各海域のイオン濃度の変動が支配されている可能性が高い。

ガス濃度にも海域による顕著な違いが表れ、メタン濃度は湧出の強い鳥が首海脚において変動幅は最も大きく、メタンの最大濃度は10,000mMと他の2サイトと比較して約5,000倍高い。この最大濃度はメタンの過飽和に達することから間隙水試料の中にガスが気体として混入していた可能性が高い。メタン濃度はガス湧出強度には明瞭な正の相関はなく、ガス湧出をきっかけに形成されたガスハイドレートが湧出経路をふさぐことで湧出量を減少させるような負のフィードバック効果を持つことが推測される。ガス湧出を伴う表層型ガスハイドレート胚胎域はガスの湧出強度に規制された間隙水の化学環境が短期間で大きく変動していることが明らかとなった。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した。

キーワード：ガス湧出、表層型ガスハイドレート、日本海、長期連続採水器、間隙水、オスモサンプラー

Keywords: Gas venting, Shallow gas hydrate, Japan Sea, Long-term fluid sampling system, Interstitial water, OsmoSampler

## Compositional and textural trends of microcrystalline dolomite found within massive gas hydrate in Joetsu Basin

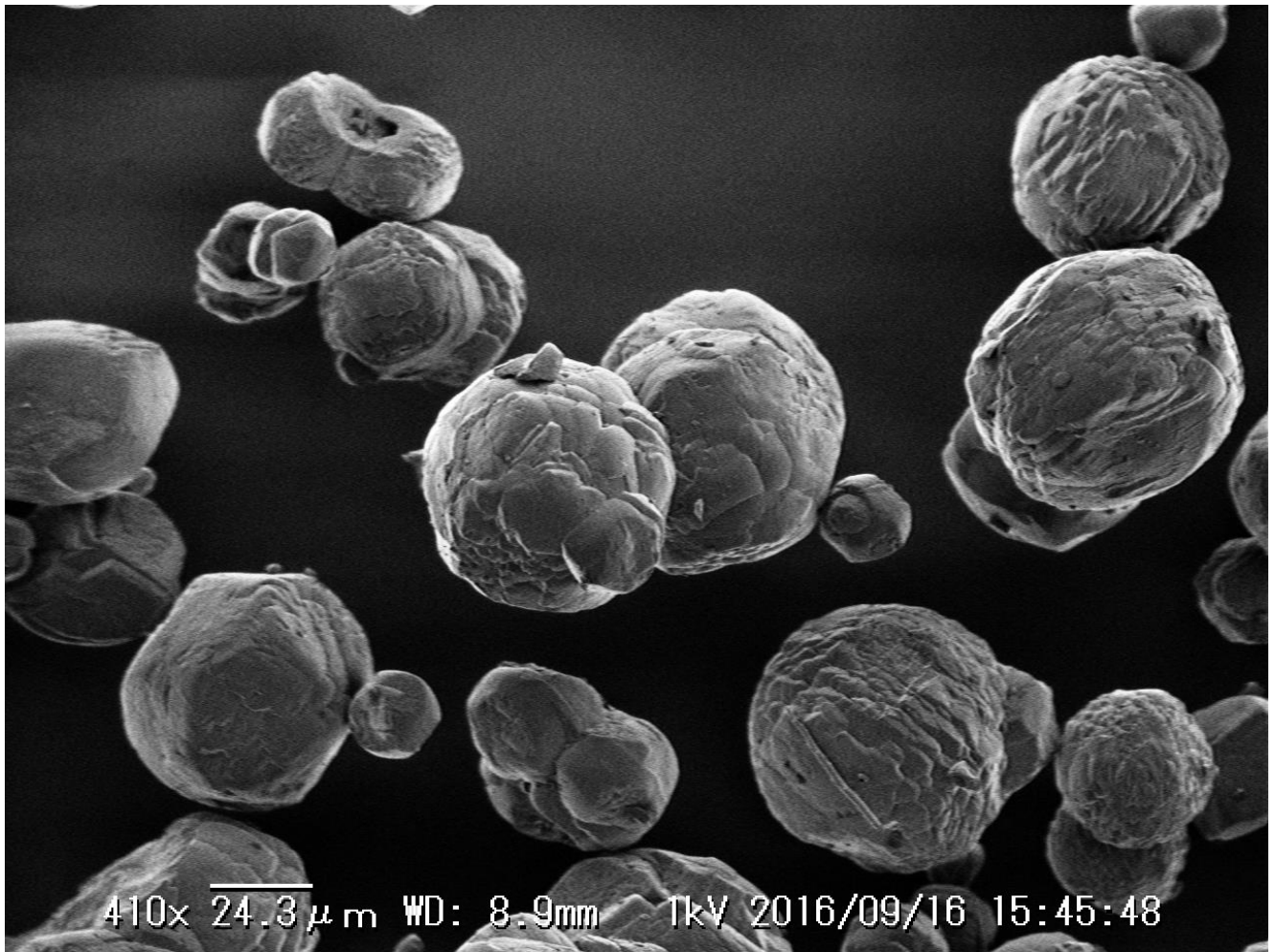
\*Glen Snyder<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>1</sup>, Yoshihiro Kakizaki<sup>1</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>3</sup>, Yohey Suzuki<sup>2</sup>

1. Gas Hydrate Research Lab, Meiji University, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 3. Department of Earth Sciences, Chiba University

Recent exploratory drilling of massive gas hydrates in the Sea of Japan has revealed the presence of relatively pure, spherical growths of microcrystalline dolomite. The absence of sediment in association with the dolomite suggests that they were formed within hypersaline fluid inclusions which are situated inside of the hydrate itself. Stable isotope analysis of the dolomites suggests that the carbon isotopes are in equilibrium with the dissolved inorganic carbon in porewaters, while oxygen isotopes are consistent with the depletion of <sup>18</sup>O during hydrate formation. Composition of the microcrystalline dolomite appears to be consistent with other hypersaline environments such as evaporative lagoons, where similar mineralization occurs, including characteristic pairing of spherical dolomite aggregates. XRD analysis indicates that other carbonates, such as aragonite and calcite, are completely absent and Mg/Ca ratios range from 0.76 to 1.04, with the highest ratios generally found in the deeper samples. SEM-EDS analysis of sections of polished grains indicates that the grains have hollow cores, and are uniform in Mg/Ca ratios from the outer portion to the inner portion. Anomalous Mg/Ca ratios in shallow hydrate may indicate areas where shallow hydrate exposures have been released from the seafloor, followed by renewed shallow hydrate growth.

Research was carried out on Expedition PS15 onboard the RV Poseidon. This study was conducted under the commission from AIST as a part of the methane hydrate research project funded by METI (the Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan).

Keywords: methane hydrate, dolomite, clathrate, Sea of Japan, Joetsu Basin



## 日本海東縁，隠岐トラフの表層型メタンハイドレート胚胎域におけるBGHSの特性

### Characteristics of BGHS in shallow methane hydrate fields of Oki Trough, eastern margin of Japan Sea

\*石田 直人<sup>1</sup>、水本 尚志<sup>2</sup>、河原 克樹<sup>2</sup>、戸丸 仁<sup>3</sup>、海老沼 孝郎<sup>1</sup>、松本 良<sup>4</sup>

\*Naoto Ishida<sup>1</sup>, Naoshi Mizumoto<sup>2</sup>, Katsuki Kawahara<sup>2</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>3</sup>, Takao Ebinuma<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>4</sup>

1. 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻、2. 鳥取大学工学部土木工学科、3. 千葉大学理学部地球科学科、4. 明治大学研究・知財戦略機構

1. Social Systems and Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University, 3. Department of Earth Sciences, Chiba University, 4. Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

最近の調査の進展により，山陰沖の対馬海盆や隠岐トラフが表層型メタンハイドレート賦存域であることが判明しつつある．本研究では，隠岐トラフにおけるメタンハイドレートの安定領域下限（BGHS；Base of Gas Hydrate Stability）に着目し，メタンハイドレートの集積・分解や周辺地形に与える影響について検討した．

隠岐トラフにおけるガスハイドレート安定領域下限の深度は，主に地温勾配によって支配される．隠岐トラフの南東縁に位置する若狭海丘列とその南西延長の隆起帯の地温勾配は，115-124°C/km前後の比較的高い値を示している（例えば，Yasui et al., 1966, 1968）．一方，隠岐トラフ南西縁での地温測定の結果，より低い71°C/kmの地温勾配が得られた．若狭海丘列南東の水深727m地点，および隠岐トラフ南西縁の水深763m地点で実施したCTD観測データと合わせ，この2地点のBGHS深度を求めたところ，それぞれ83mbsf，157mbsfと見積もられた．

次に，海水準変動による圧力変化に伴うBGHSの上下動幅を求めた．最終氷期を想定した海水準低下量を120mに設定した見積もりでは，若狭海丘列南東の地点では約14m，南西縁の地点では約27m，現在（高海水準期）よりBGHS深度が浅くなることが判明した．BGHSの変化は，安定領域下限付近でのメタンハイドレートの形成，または分解を促す．本研究ではメタンハイドレートの分解に着目し，隠岐トラフに見られるポックマークや海底地すべりとの関連について言及する．

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり，産業技術総合研究所の再委託により実施した．

キーワード：表層型メタンハイドレート、BGHS、隠岐トラフ、日本海

Keywords: shallow methane hydrate, BGHS, Oki Trough, Japan Sea

## バイカル湖南湖盆の湖底表層型ガスハイドレートの多様性 Variety of near-surface gas hydrates at the southern Baikal basin

\*八久保 晶弘<sup>1</sup>、山崎 亮<sup>1</sup>、北 桃生<sup>1</sup>、竹谷 敏<sup>2</sup>、Khlystov Oleg<sup>3</sup>、Kalmychkov Gennadiy<sup>4</sup>  
、Manakov Andrej<sup>5</sup>、De Batist Marc<sup>6</sup>、坂上 寛敏<sup>1</sup>、南 尚嗣<sup>1</sup>、山下 聡<sup>1</sup>

\*Akihiro Hachikubo<sup>1</sup>, Ryo Yamazaki<sup>1</sup>, Momoi Kita<sup>1</sup>, Satoshi Takeya<sup>2</sup>, Oleg Khlystov<sup>3</sup>, Gennadiy Kalmychkov<sup>4</sup>, Andrej Manakov<sup>5</sup>, Marc De Batist<sup>6</sup>, Hirotohi Sakagami<sup>1</sup>, Hirotsugu Minami<sup>1</sup>, Satoshi Yamashita<sup>1</sup>

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所、3. ロシア科学アカデミー陸水学研究所、4. ロシア科学アカデミー地球化学研究所、5. ロシア科学アカデミー無機化学研究所、6. ゲント大学

1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 3. Limnological Institute, SB RAS, 4. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 5. Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry, SB RAS, 6. Ghent University

Natural gas hydrate exists in the bottom sediment of Lake Baikal. Near-surface gas hydrate was first discovered at the Malenky mud volcano at the southern Baikal basin in 2000. In the framework of Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2017), our international collaboration between Japan, Russia, and Belgium, has revealed distribution of near-surface gas hydrates at the southern Baikal basin, and found eight new places (Krasnyi Yar 1-3, Kedr, Mamay, PosolBank2, Kedr2, and Solzan). The total number of places where near-surface gas hydrates were found is 14 in the southern Baikal basin, and we report the characteristics of gas hydrates retrieved from these sites.

Gas hydrate crystals were quickly collected onboard and stored in liquid nitrogen. Samples of hydrate-bound gas were obtained onboard and stored in 5-mL vials. We obtained the powder X-ray diffraction (PXRD) patterns of the crystals and measured molecular and stable isotope compositions of the gas vials.

PXRD results showed that almost all samples belonged to the crystallographic structure I; however, some samples retrieved at Kedr and Kedr2 where massive and granular crystals were recovered in the last cruises (MHP-15 and 16) belonged to the crystallographic structure II.

According to the  $C_1/C_2 - C_1d^{13}C$  diagram (Bernard *et al.*, 1976), the  $d^{13}C$ - $dD$  diagram for  $C_1$  (Whiticar, 1999), and the  $C_1d^{13}C - C_2d^{13}C$  diagram (Milkov, 2005), the gas characteristics show the following information:

1) Hydrate-bound hydrocarbons at the Krasnyi Yar 1-3, PosolBank2, and Solzan are mainly microbial origin, those at the Kedr and Kedr2 mud volcanoes are thermogenic origin, and those at the Mamay are in the field of mixed-gas between microbial and thermogenic.

2)  $C_1dD$  of the hydrate-bound gas at the Krasnyi Yar 1-3, PosolBank2, and Solzan distributed around -300 permil, and those at the Kedr and Kedr2 were around -270 permil due to the effect of thermogenic methane.

3)  $C_2d^{13}C$  of the hydrate-bound gas at the PosolBank2 was around -30 permil, and that at the Solzan was around -70 permil, indicating the effect of microbial  $C_2$ . The latter  $C_2d^{13}C$  at the Solzan is the lowest value of hydrate-bound  $C_2$  in the world.

4)  $C_2d^{13}C$  of the hydrate-bound gas at the Kedr and Kedr2 mud volcanoes showed that  $C_2d^{13}C$  of the structure II was around 10 permil lower than that of the structure I, suggesting that the structure I



dissociated and formed the structure II according to an isotopic fractionation.

#### References

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

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

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

キーワード：ガスハイドレート、結晶構造、バイカル湖

Keywords: gas hydrate, crystallographic structure, Lake Baikal

## ガスプルームと大気CH<sub>4</sub>濃度異常

### Gas plume and anomaly atmospheric CH<sub>4</sub> concentration

\*青木 伸輔<sup>1</sup>、小宮 秀次郎、登尾 浩助<sup>2</sup>、松本 良<sup>3</sup>

\*Shinsuke Aoki<sup>1</sup>, Shujiro Komiya, Kosuke Noborio<sup>2</sup>, Ryo Matsumoto<sup>3</sup>

1. 明治大学院農学研究科、2. 明治大学農学部、3. 明治大学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, Meiji University

陸上における地層中からのガス放出は温室効果ガス（メタン（CH<sub>4</sub>）や二酸化炭素（CO<sub>2</sub>））を大気に直接放出する。一方、水域における地層中からのガス放出は、水中で「ガスプルーム」として認定される。ガスプルームは気泡から構成され、水中を上昇する様子が鉛直方向の音響異常として観察される。日本海で観測されるガスプルームはガスチムニーを経て供給されるCH<sub>4</sub>ガスによるものである。ガスチムニーを通路とする強いCH<sub>4</sub>フラックスにより、局所的にハイドレートが集積する（表層型ガスハイドレート）。ガスプルームの探査がガスハイドレートの集積帯を調査する1つの手段となっている。ガスプルームのガス成分が大気に放出されれば、大気中のCH<sub>4</sub>濃度が高くなる可能性がある。そこで、我々はガスプルームと大気CH<sub>4</sub>濃度異常について調査した。

一部のガスプルームサイトにおいて、ガスプルームの近辺（<5 km）で大気中のCH<sub>4</sub>濃度が高くなる現象（>2.0 ppm）を確認した。大気CH<sub>4</sub>濃度の異常は陸域（人間活動）由来の可能性もあるため、人工衛星（ASCAT、WindSat）の風向データを確認した。陸から風が吹いているときに洋上のガス濃度が高くなるという関係は見られなかった。水温プロファイルは海域によって異なり、大気濃度異常に関連するものと思われる。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した。7K14、7K15航海中の第七開洋丸の乗組員の方々に深謝いたします。

キーワード：表層型メタンハイドレート、ガスプルーム、メタン（CH<sub>4</sub>）

Keywords: Shallow gas hydrate, Gas plume, Methane (CH<sub>4</sub>)

## 北海道日高沖の高メタン活動域での化学合成生物シロウリガイ類の発見 The discovery of chemosynthetic *Calyptogena* in the high methane activity area off Hidaka, Hokkaido.

\*沼波 秀樹<sup>1</sup>、Okutani Takashi<sup>2</sup>、Warabi Remi<sup>3</sup>、Tomaru Hitoshi<sup>4</sup>、Kobayashi Takeshi<sup>2</sup>、  
Matsumoto Ryo<sup>3</sup>

\*Hideki Numanami<sup>1</sup>, Takashi Okutani<sup>2</sup>, Remi Warabi<sup>3</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>4</sup>, Takeshi Kobayashi<sup>2</sup>, Ryo Matsumoto<sup>3</sup>

1. Department of Home Economics, Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei-Gakuin University, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Meiji University, 4. Chiba University

1. Department of Home Economics, Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei-Gakuin University, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Meiji University, 4. Chiba University

北海道南東沖（広尾沖）では、これまでメタン湧水が報告されている（藤倉ら、2012など）。漁協の聞き取り調査などから北海道南西沖（日高沖）にもメタン湧水が存在する可能性があり、2016年8月1日～7日に東京海洋大学所属の研究実習船・海鷹丸による海洋調査（UT16 Leg. 2）を実施した。調査は、日高舟状海盆の4地点でオケアン型採泥器、ピストンコアラー、CTDを用いて行われた。その内の1地点でオケアン型採泥器によって化学合成生物であるシロウリガイ類を採集したので報告する。

今回の調査では、日高沖の4調査地点中3地点（水深692～988m）でオケアン型採泥器による堆積物の採取を行った。その内のG1603採集地点（水深988m）で35cm×35cm×16cmの堆積物と共にシロウリガイ類の3個体分の合弁と破片が採集されたが、いずれも死殻であった。底質は砂泥で、シロウリガイ類の他にゴカイ類やクモヒトデ類が採集された。

これまで北海道南東沖の広尾海底谷の北壁（水深1240m）では、メタン湧出とシロウリガイ類の生息が確認されている（藤倉ら、2013）。今回採集された日高沖のシロウリガイ類と広尾海底谷に分布するシロウリガイ類を比較したところ、貝殻の外形は似ているもののヒンジの形態が異なり、別種であると考えられた。シロウリガイ類には、生息水深の違いによる種分化があることが知られている（Fujikura et al., 2000）。日高沖と広尾沖のシロウリガイ類の生息深度はほぼ同水深であるが、各産地間は約260km離れている。また、広尾海底谷は沈み込み帯である千島海溝の陸側斜面部に位置するが、今回の採集地点は千島海溝及び日本海溝陸側斜面よりさらに陸側の前弧海盆である日高舟状海盆の平坦部である。2種の分布については、今後分子系統解析や地質学的考察を必要とする。

今回の採集地点では、ほぼ同じ場所でピストンコアラーによる調査を行っており、ピストンコアラー引き上げ時に先端部からガスハイドレートが零れ落ちるのを観察している。また、ピストンコアラーで採取された堆積物間隙水中の分析結果では、SMI深度が非常に浅いことから深部からのメタン供給が極めて高いことが分かった。さらに、採集地点周辺では、海鷹丸の音響測深機（PDR）によってメタンプルームも観測されている。これらの観測事実から、付近の海底には表層型のガスハイドレートが存在し、高い密度でシロウリガイ類が生息していることが示唆された。今回の発見により、北海道太平洋側の海域では、シロウリガイ類が表層型ガスハイドレートの発見の手がかりとなり得ることが分かり、資源探査の上からも重要な発見と言える。

### 【引用文献】

藤倉克則, 奥谷喬司, 丸山正 (2012) 潜水調査船が観た深海生物: 第2版. 東海大出版会. 東京. pp. 487.  
Fujikura, K., Kojima, S., Fujiwara, Y., Hashimoto, J. & Okutani, T. (2000) New distribution records of vesicomid bivalves from deep-sea chemosynthesis-based communities in Japanese waters. *Venus*, 59, 103-121.

キーワード：表層型ガスハイドレート、シロウリガイ類、メタン湧出

Keywords: shallow gas hydrate, Calyptogena, methane seep

## Characterization of topography-bottom sediment-benthos in shallow gas hydrate fields of the Japan Sea

\*戸丸 仁<sup>1</sup>、沼波 秀樹<sup>2</sup>、松本 良<sup>3</sup>

\*Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Hideki Numanami<sup>2</sup>, Ryo Matsumoto<sup>3</sup>

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 東京家政学院大学、3. 明治大学ガスハイドレート研究所

1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Tokyo Kasei Gakuin University, 3. Gas Hydrate Laboratory, Meiji University

Wide distribution of mounds and pockmarks that were formed due to the formation and/or dissociation of shallow gas hydrates have been observed in the Mogami Trough, Joetsu Basin, and Oki Trough, Japan Sea. ROV researches have found the outcropping of gas hydrate near the seafloor, gas seepage and distribution of carbonate clasts and bacterial mats on the seafloor which resulted from high gas (methane) flux from deep sediment to the water column in those areas. We also found that the distribution densities of *Zoarcidae* (Genge fish in Japanese) and red snow crab are significantly high in those areas, the distribution of shallow gas hydrate, essentially methane, likely controls the distribution and relationships among topography, bottom sediment, and benthos. In this study, we integrate the bathymetry and backscatter data with the data of seafloor observation using ROV in order to characterize the seafloor environments including shallow gas hydrate deposits.

High backscatter areas are often observed on the summit of mounds or topographic high, rather than within the pockmark and on the flank. Carbonate clasts and bacterial mats distribute in relatively narrow region within the high backscatter area, their distributions, however, do not overlap each other. Methane flux/concentration is not the only process which can constraint the precipitation of carbonate and cultivation of bacterial mats together. The *Zoarcidae* and red snow crab likely live on the high backscatter areas except within the pockmarks, the topography, controlling bottom current, slope angle etc., as well as bottom sediment type may constraint their distributions. Our results show the importance of integrated seafloor data for assessing the effects of gas hydrate formation/dissociation on the seafloor environments. This study used data collected during the academic researches and expeditions conducted under the commission from AIST as a part of the methane hydrate research project funded by the Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan.

## 掘削同時検層データから得られた東部南海トラフ第二渥美海丘のメタンハイドレート胚胎タービダイト層の浸透率

The permeability estimated from Logging-While-Drilling (LWD) data, obtained by methane-hydrate bearing sediments of the Daini-Atsumi Knoll, Northeast Nankai Trough

\*鈴木 清史<sup>1</sup>、高山 徳次郎<sup>1</sup>、藤井 哲哉<sup>1</sup>

\*Kiyofumi Suzuki<sup>1</sup>, Tokujiro Takayama<sup>1</sup>, Tetsuya Fujii<sup>1</sup>

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/Technology Research Center

### 要旨

砂層型メタンハイドレート(MH)胚胎層の成因を考える上で、流体通路となる地層の浸透率の情報は重要である。また、MH胚胎層からのメタンガス生産について検討する場合、特に減圧法ではMH胚胎状態での地層の浸透率がメタンガス生産に大きな影響を与えることから、コアの実測や検層データ解析による浸透率把握が試みられている。JOGMECは東部南海トラフ地域において2017年に第二回海洋産出試験を予定しており、2016年にはその事前掘削航海を行った。

今回、昨年のキャンペーンで掘削された2坑井において新たに取得された掘削同時検層(LWD)データを用い、MH胚胎層のMH胚胎状態における浸透率(初期水有効浸透率)とMH分解後の浸透率(絶対浸透率)についての検討をおこなった。初期水有効浸透率については、核磁気共鳴検層ツールで得られたT2分布からTimur-Coates法を用いて計算した浸透率について、過去に取得されたこの地域のコアを用いて測定された浸透率と比較し検討した。また、MHを含まない状況の絶対浸透率については、密度検層結果から計算された孔隙率とコア測定値を基準として岩相毎に決定した係数を用いKozeny-Carmanの式を用いて求めた。検討の結果s、MHが濃集している区間においてはTimur-Coates式の係数を50000とすると、コアの測定結果と整合することが分かった。この結果は2004年の基礎試錐「東海沖~熊野灘」の核磁気共鳴検層データとコア試料の測定から求められた係数と同じである。この結果、初期水有効浸透率はMH飽和率により変化するが砂層については概ね数mDから数百mD、泥シルトについては0.01~1mD程度となった。これらの値の妥当性と孔隙充填型のMH胚胎タービダイト層の浸透特性の特徴について報告する。

キーワード：ガスハイドレート、浸透率、タービダイト、掘削同時検層、初期水有効浸透率、絶対浸透率

Keywords: Gas Hydrate, Permeability, Turbidite, Logging-While-Drilling (LWD), Initial Effective Permeability, Absolute Permeability

## N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>およびArハイドレートの解離熱測定

### Measurement of dissociation heat of N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, and Ar hydrates

\*八久保 晶弘<sup>1</sup>、柿崎 圭人<sup>1</sup>、大野 浩<sup>1</sup>、竹谷 敏<sup>2</sup>

\*Akihiro Hachikubo<sup>1</sup>, Keito Kakizaki<sup>1</sup>, Hiroshi Ohno<sup>1</sup>, Satoshi Takeya<sup>2</sup>

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所

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

Gas hydrates are crystalline clathrate compounds composed of gas and water molecules, and stable under low temperature and high pressure conditions. Dissociation heats (enthalpies) of gas hydrates have been obtained from their phase diagrams using the Clapeyron equation; however, the application has also been difficult due to low quality of the phase data. Dissociation heat of N<sub>2</sub> hydrate was reported by Kang *et al.* (2001), but the value is thought to be overestimated because it is larger than that of methane hydrate. Dissociation heat of O<sub>2</sub> and Ar hydrates have not reported yet. In this study, we applied calorimetric technique to determine their dissociation heat.

The samples of gas hydrates were synthesized from fine ice powder and guest gases at 273.2 K and the pressure condition of 20MPa (N<sub>2</sub>) and 16MPa (O<sub>2</sub> and Ar). The ice powder started to melt and formed these gas hydrates. Approximately 1 g of each hydrate sample was set in a pressure cell specially designed for a Tian-Calvet type heat-flow calorimeter, and its dissociation monitored. The experimental setup and technique were the same as the one that was used previously by Hachikubo *et al.* (2009; 2012).

Dissociation heats of N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, and Ar hydrates from hydrate to gas and ice are 12.8±0.2 [kJ mol<sup>-1</sup>], 12.6±0.1 [kJ mol<sup>-1</sup>], and 13.2±0.1 [kJ mol<sup>-1</sup>], respectively. Yoon *et al.* (2003) reported that dissociation heats of N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> hydrates are 12.18 [kJ mol<sup>-1</sup>] and 11.52 [kJ mol<sup>-1</sup>], respectively, using the Clausius-Clapeyron equation. Therefore, our data are several percent smaller than the previous report.

#### References

Kang S-P, Lee H (2001) Enthalpies of dissociation of clathrate hydrates of carbon dioxide, nitrogen, (carbon dioxide + nitrogen), and (carbon dioxide + nitrogen + tetrahydrofuran). *J Chem Thermodyn* **33**: 513-521.

Hachikubo A, Kida M, Okuda M, Sakagami H, Shoji H (2009) Dissociation heat of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane. *Seppyo* **71**(5): 341-351.

Hachikubo A, Khlystov O, Kida M, Sakagami H, Minami H, Yamashita S, Takahashi N, Shoji H, Kalmychkov G, Poort J (2012) Raman spectroscopic and calorimetric observations on natural gas hydrates with cubic structures I and II obtained from Lake Baikal. *Geo-Mar Lett* **32**: 419-426.

Yoon J-H, Yamamoto Y, Komai T, Haneda H, Kawamura T (2003) Rigorous approach to the prediction of the heat of dissociation of gas hydrates. *Ind Eng Chem Res* **42**: 1111-1114.

キーワード：ガスハイドレート、解離熱、水和数、熱量測定

Keywords: gas hydrate, dissociation heat, hydration number, calorimetry

## 窒素ハイドレート生成時のゲストガス安定同位体分別過程 Isotopic fractionation process of guest gas at the formation of nitrogen hydrate

小関 貴弘<sup>1</sup>、\*八久保 晶弘<sup>1</sup>、大野 浩<sup>1</sup>、竹谷 敏<sup>2</sup>

Takahiro Ozeki<sup>1</sup>, \*Akihiro Hachikubo<sup>1</sup>, Hiroshi Ohno<sup>1</sup>, Satoshi Takeya<sup>2</sup>

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所

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

Gas hydrates are crystalline clathrate compounds composed of water and gas molecules that are stable at low temperature, high partial pressure of each gas component, and high gas concentration. Nitrogen hydrate exists in Greenland and Antarctic ice sheets as an air (N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> mixed gas) hydrate. Recently, existence of nitrogen hydrate has been expected in the Titan (the largest moon of the Saturn). On the other hand, isotopic fractionation of carbon and hydrogen in methane and ethane during the formation of gas hydrates was reported by Hachikubo *et al.* (2007). In this study, we report isotopic fractionation of nitrogen during the formation of nitrogen hydrate. The samples of nitrogen hydrate were experimentally prepared in a pressure cell and isotopic compositions of both residual and hydrate-bound gases were measured.  $\delta^{15}\text{N}$  of hydrate-bound molecules was about 0.2 permil higher than that of residual gas molecules in the formation processes. Temperature effect on the isotopic fractionation was small between 226K and 273K.

### Reference

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

キーワード：ガスハイドレート、安定同位体、窒素

Keywords: gas hydrate, stable isotope, nitrogen



## メタン・硫化水素系混合ガスハイドレートのラマン分光分析 Raman spectroscopic analysis of mixed-gas (methane and hydrogen sulfide) hydrate

柿崎 圭人<sup>1</sup>、\*八久保 晶弘<sup>1</sup>、竹谷 敏<sup>2</sup>

Keito Kakizaki<sup>1</sup>, \*Akihiro Hachikubo<sup>1</sup>, Satoshi Takeya<sup>2</sup>

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所

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

Natural gas hydrates in subsurface marine sediment encage hydrogen sulfide. Microbial community produces hydrogen sulfide from methane ascending from deeper sediment layer and sulfate supplied from sea water. The existence of hydrogen sulfide decreases the equilibrium pressure of natural gas hydrate. Therefore, near-surface gas hydrates might exist in shallower area (i.e. less than 300m below sea level). On the other hand, hydration number decides the amount of gas in an unit volume/weight of crystal. In the case of ideal full-occupation of hydrate cages, the value of hydration number is 5.75 (Sloan and Koh, 2008). However, actual hydration number is estimated to be around 6, because small amount of empty cages decrease the free energy and stabilize the crystal. The cage occupancies and the hydration numbers can be estimated from these Raman peak intensities using a statistical thermodynamic model (Sum et al., 1997); however, the effect of hydrogen sulfide on the estimation has not examined yet. In this study, we synthesized methane and hydrogen sulfide mixed-gas hydrate and obtained their Raman spectra.

The mixed-gas hydrates were synthesized in a pressure cell, and retrieved the crystals at the temperature of liquid nitrogen. Hydrate-bound and residual gases were also sampled and their gas compositions were determined using gas chromatograph. Raman spectra were obtained at 123 K in the range 2,800-3,000  $\text{cm}^{-1}$  and 2,500-2,700  $\text{cm}^{-1}$  for the C-H stretching peaks of methane and the S-H stretching peaks of hydrogen sulfide, respectively. The Raman peaks were fitted using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane and hydrogen sulfide encaged in the large and small cages of the cubic structure I.

The methane peak ratio of large to small cages first increased with the composition of hydrogen sulfide (up to several percent), and then decreased and converged with the number of 3.2. On the contrary, The hydrogen sulfide peak ratio distributed from 2.4 to 2.8, increased with the composition of hydrogen sulfide, and then converged with the number of 3.2. These results suggest that molecules of hydrogen sulfide prefer to be encaged in small cages, although the molecular diameter of hydrogen sulfide is larger than that of methane.

Sloan and Koh (2008) Clathrate Hydrates of Natural Gases, 3rd ed., CRC Press: Boca Raton, FL, USA

Sum et al. (1997) Measurement of clathrate hydrates via Raman spectroscopy. J Phys Chem B 101: 7371-7377.

キーワード：ガスハイドレート、硫化水素、ラマン分光分析

Keywords: gas hydrate, hydrogen sulfide, Raman spectroscopic analysis

## Gas hydrate dissociation behavior from temperature monitoring data

\*Koji Yamamoto<sup>1</sup>, Xiaoxing Wang<sup>2</sup>, Takayuki Kanno<sup>2</sup>, Xiaowei Wang<sup>3</sup>

1. Japan Oil, Gas, and Metals National Corporation, 2. Schlumberger K. K., 3. Baker Hughes Inc.

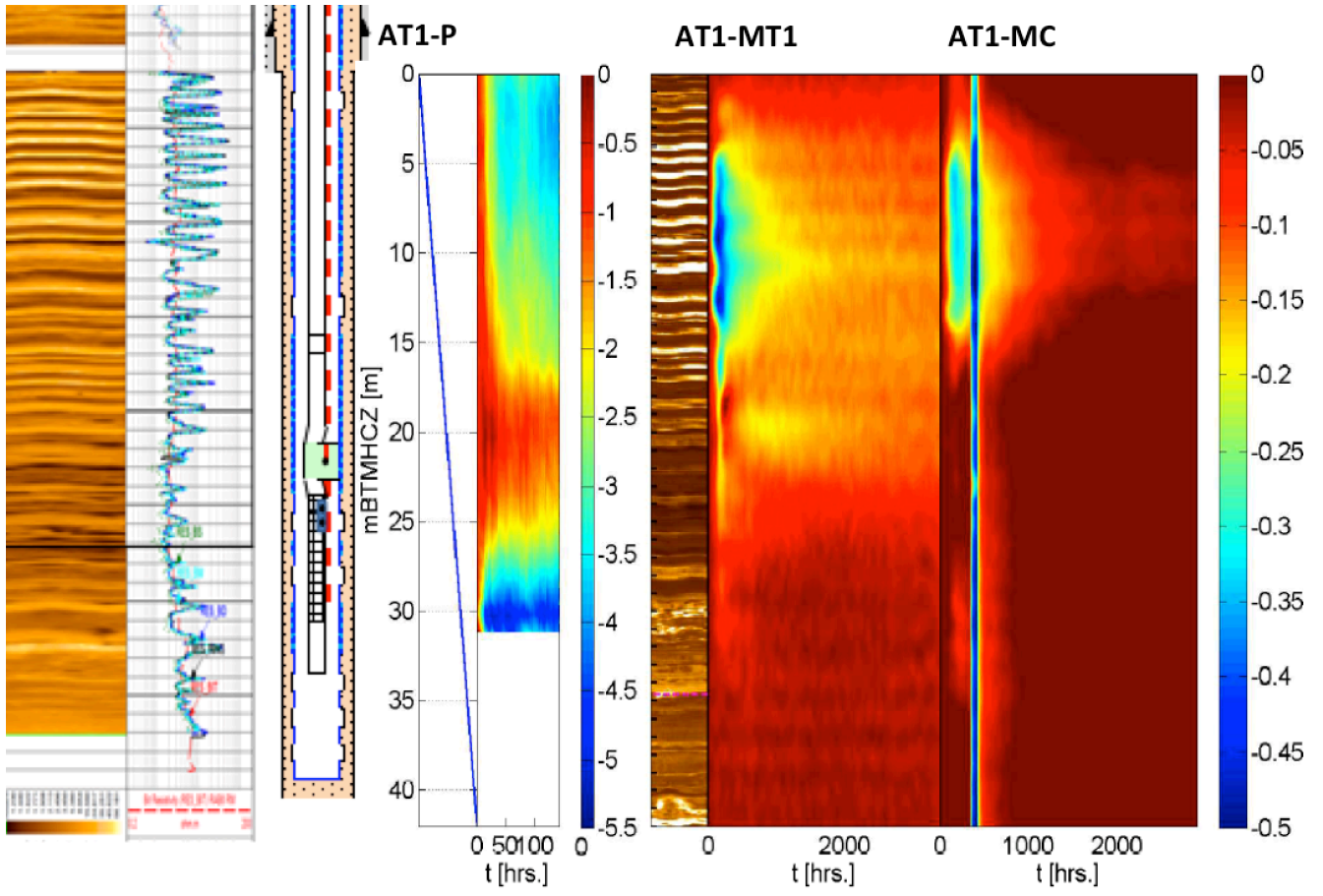
Because the gas hydrate dissociation is an endothermic process, temperature measurement is an important way to know the response of gas hydrate reservoir to the application of some gas production techniques. Furthermore, a heat source, and how efficiently the heat is supplied from the formation are critical knowledge to evaluate effectiveness of the depressurization method as a practical gas production technique that depends on natural heat supply from formations.

The program of the 2013 first offshore production test of methane hydrate in the Eastern Nankai Trough included temperature monitoring in the production hole (AT1-P) and monitoring holes (AT1-MT1/MC). In all wells, some degree of temperature drop was observed.

During the six-days of the depressurization operation, maximum 5 K and 0.5 K in P and MT1 wells respectively. The vertical profiles of the temperature drop show high degree of heterogeneity, and the dissociation process reached in a localized region of the monitoring well. The water production zone in the production well was also concentrated at a specific depth.

Rapid temperature changes were observed in every well when the sand production event happened and terminated the flow in the seventh day of the test. The data show that the sanding occurred at a specific depth with strong water flow, and effect of it reached the monitoring hole location of 20 to 30 m far away.

Keywords: Gas hydrate, Thermal behavior, Depressurization, Downhole measurement



## 4-Component seismic survey in the second offshore production test of methane hydrate

\*小林 稔明<sup>1</sup>、佐伯 龍男<sup>1</sup>、藤井 哲哉<sup>1</sup>、稲盛 隆穂<sup>2</sup>、寺西 陽祐<sup>2</sup>、高橋 浩央<sup>3</sup>、小林 史英<sup>4</sup>

\*Toshiaki Kobayashi<sup>1</sup>, Tatsuo Saeki<sup>1</sup>, Tetsuya Fujii<sup>1</sup>, Takao Inamori<sup>2</sup>, Yousuke Teranishi<sup>2</sup>, Hiroo Takahashi<sup>3</sup>, Fumihide Kobayashi<sup>4</sup>

1. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、2. 株式会社地球科学総合研究所、3. 株式会社オーシーシー、4. 国際ケーブル・シップ株式会社

1. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, 2. JGI, Inc., 3. OCC Corporation, 4. Kokusai Cable Ship Co., Ltd.

JOGMEC carries out 4-component seismic surveys before and after an offshore production test and grasps a change in physical properties by dissociation of methane hydrate (MH) three-dimensionally and evaluates MH dissociation behavior from those data comparisons.

The 4-component seismic survey data was acquired three times in August, 2012 before the production test, in April and August, 2013 after the test in the first offshore production test. The result could show the change in physical properties by the data comparison between before and after the test. On the other hand, improvements of quality of acquired data such as a design of receiver and source points, accuracy of source points and cause of a change in physical properties by data comparison between before and after the test were mentioned as a problem. So, the problems experienced in the first production test were improved for a data acquisition of the second offshore production test. A preliminary simulation was carried out. As a result, it was confirmed that the improvement of the resolution of MH around the production well was possible by the following matters;

- ・ One OBC (Ocean Bottom Cable) would be manufactured additionally and two OBCs would be used.
- ・ Two OBCs would be set in east and west so as to insert the production well. Those direction would be made north and south.
- ・ Source points would be arranged in the range of 4 km north and south and 3 km east and west centering on the production well.
- ・ In order to improve the accuracy of the source points, GPS antenna would be installed at the center of the float hanging an air-gun.

So, one OBC was produced additionally in FY2016 and the 4-component seismic survey data before the test was acquired by the specifications according to the results of the simulation around the production well of the second offshore production test in August, 2016.

From the comparison of the profiles between the acquired data and the data of Daini Atsumi Knol in the geophysical survey project in 'Tokaioki to Kumanonada 'took in 2002, it could be confirmed that the resolution in the MH reservoir, below BSR (Bottom Simulating Reflector), and between the sea bed and the top of the MH reservoir was improved. Therefore, more accurate reservoir structure grasp and the evaluation of MH dissociation behavior by comparing to the data after the test will be expected.

This study shows an example of interpretation of the profile before the test.

This study is performing as part of resources assessment of MHs offshore surrounding Japan that JOGMEC is conducting as a member of a research group for resources assessment of Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21).

キーワード：4成分地震探査、海底受振ケーブル、メタンハイドレート

Keywords: 4-Component seismic survey, OBC, Methane Hydrate

# Methane Hydrate Potential of the Hidaka Trough, Offshore Japan

\*藤本 暁<sup>1</sup>、藤井 哲哉<sup>1</sup>

\*AKIRA FUJIMOTO<sup>1</sup>, Tetsuya Fujii<sup>1</sup>

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

JOGMEC, as a member of research group for resources assessment of Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan (MH21), has been conducting resources assessment of methane hydrate (MH) offshore surrounding Japan.

This study aims to investigate the gas hydrate potential by the analysis of the 3D seismic reflection survey. In terms of resources assessment, it is important to understand the character and distribution of the BSR (bottom simulated reflector), sand distribution, high velocity anomaly and strong amplitudes above BSR to interpret the methane hydrate concentrated zones (MHCZ) quantitatively.

The 3D seismic reflection data (4800 m streamer, 384 channels, 48 fold) acquired in 2013 and 2014 by geophysical vessel 'Shigen', which is owned by Agency for Natural Resources and Energy. We investigated the potential of methane hydrate as resources in the Hidaka trough by the 3D data in Hidaka trough which located in the south Hokkaido government, Japan.

The BSR exists in quaternary sediment and extends over a broad area of the Hidaka trough. Amplitudes of BSR are various and some of them associate with amplitude versus offset (AVO) anomaly. Quaternary sediment is interpreted as hemipelagic and gravity flow deposit. Low amplitude anomaly below BSR associated with low interval velocity and pull down effect are observed as large gas chimney.

Topographical anomalies like small diapir with high amplitude indicates hydrate mounds on the water bottom. They suggest that hydrocarbon matured and generated in deep area, then it migrated and trapped to shallow sediment through several faults caused by tectonics in the foreland basin. It is obvious that hydrate in the basin are closely related to the petroleum system.

Even the focused area has not been drilled, the analysis of 3D seismic data and its interpretations are useful to understand thermal structure, fluid migration, and estimation of the MHCZ in the basin.

キーワード：砂層型メタンハイドレート、反射法地震探査

Keywords: Methane Hydrate, Seismic Reflection

## 間隙水及びガスの地球化学的特徴から見る日高トラフのガストムニー内でのメタンの生成・消費過程

### Methanogenesis and methane consumption within the gas chimney structure in Hidaka Trough, offshore Hokkaido: implications from pore water and gas geochemistry

\*間々田 剛志<sup>1</sup>、中島 亮佑<sup>1</sup>、戸丸 仁<sup>1</sup>、松本 良<sup>2</sup>

\*Mamata Tsuyoshi<sup>1</sup>, Ryosuke Nakajima<sup>1</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>2</sup>

1. 千葉大学大学院理学研究科、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

日高トラフには表層型メタンハイドレート胚胎域に特徴的なガストムニー構造やメタンブルーム、脱ガス構造などが確認されている。堆積物中のガストムニー構造や海中でのガスブルームの形成には堆積物深部からのメタンの供給が重要であり、そのメタンは海底表層堆積物の微生物が関与する化学反応のエネルギー源となっている。本研究では日高トラフのガストムニー構造を伴うマウンド上で採取した堆積物の間隙水溶存イオンや溶存ガスの炭化水素組成、炭素安定同位体を分析し、特にガストムニー構造内で起きているメタンの生成と消費過程に着目し、海底表層堆積物内の化学的環境を考察した。

サブボトムプロファイラーで顕著なガストムニーが確認された地点の堆積物は非常に浅い場所硫酸-メタン境界 (Sulfate-Methane Interface; SMI) が存在し、還元的な環境が海底付近まで広がっていることが明らかになった。SMI周辺では溶存無機炭素 (DIC) の  $\delta^{13}\text{C}$  が鋭い負のピークを示しており、嫌気性メタン酸化が硫酸イオンの消費において支配的であることがわかった。さらにSMI以深のメタンの  $\delta^{13}\text{C}$  と DIC の  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\text{C1}/(\text{C2}+\text{C3})$  比の比較からは、日高トラフでは熱分解起源メタンと微生物起源のメタンが深部から供給されるとともに、微生物が媒介する  $\text{CO}_2$  還元経路によってメタンが生成されていることが示され、これらの寄与が還元的な環境の形成に大きく影響していると考えられる。

本研究は学術研究調査で得られたデータ及び経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した調査のデータを使用した。

## 隠岐トラフおよび上越海盆の表層型ガスハイドレート賦存域における表層堆積物中のメタンの挙動

### Geochemistry of methane in surface sediment of shallow gas hydrate deposits in the Oki Trough and Joetsu Basin, Japan Sea

\*亀田 凌平<sup>1</sup>、柿崎 喜宏<sup>2</sup>、戸丸 仁<sup>1</sup>、松本 良<sup>2</sup>

\*Ryohei Kameda<sup>1</sup>, Yoshihiro Kakizaki<sup>2</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>2</sup>

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 明治大学ガスハイドレート研究所

1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Gas Hydrate Laboratory, Meiji University

日本海東縁の上越海盆や隠岐トラフの海底に広く存在が確認されている表層型ガスハイドレートは、ガスチムニーやガス湧出を伴って発達しており、ガスの存在そのものが海底～海底面下の環境を決定づける要因であり、そこで起きている物質の変化の中心となっている。本研究では、2015年に実施された表層型ガスハイドレートを対象として掘削航海（PS15）で採取された間隙水中の硫酸イオン濃度、溶存ガス組成、溶存ガスの炭素同位体組成比から、特に硫酸-メタン境界（SMI）周辺での生物地球化学的反応について、海域ごとの違いを明らかにした。

表層型ガスハイドレートが胚胎するサイトの多くでは、SMIは隠岐トラフより上越海盆の方が浅く、基本的なガスの供給量が上越海盆のほうが高いことを反映している。深部のメタンの $\delta^{13}\text{C}$ からは、上越海盆のほうが熱分解起源ガスを相対的に多く含むことが明らかになった。SMI周辺ではメタンの $\delta^{13}\text{C}$ の負異常が見られ、特に上越海盆でのメタンの $\delta^{13}\text{C}$ の変動幅が大きく、SMI周辺での嫌氣的メタン酸化と微生物によるメタン生成がともに活発であることを示唆する。また、同時にSMI周辺での $\text{C1}/(\text{C2}+\text{C3})$ の減少は嫌氣的メタン酸化によるものであるが、 $\text{C1}/(\text{C2}+\text{C3})$ の大きさは上越海盆でのメタン量の多さや隠岐トラフでのエタン量の多さを反映しており、ガスの起源の違いが表層堆積物中でのガスの挙動を規制していることが明らかになった。

本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり、産業技術総合研究所の再委託により実施した。

キーワード：表層型ガスハイドレート、日本海

Keywords: shallow gas hydrate, Japan Sea

# 山陰沖表層型メタンハイドレート賦存域における海水・間隙水のイオン分析

## Ionic analysis of seawater and interstitial water in methane hydrate fields off Sain'in region of eastern Honshu, Japan

\*茂手木 竜也<sup>1</sup>、石田 直人<sup>1</sup>、海老沼 孝郎<sup>1</sup>

\*Tatsuya Motegi<sup>1</sup>, Naoto Ishida<sup>1</sup>, Takao Ebinuma<sup>1</sup>

1. 国立大学法人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

1. Department of Management of Social Systems and Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tottori University

2016年7月にUT16航海において対馬海盆、大和海盆、隠岐トラフで採取した堆積物の間隙水中の溶存イオンを分析することで海底環境を推定した。その結果、調査海域付近のSMI深度が浅いことからメタンフラックスは高いと考えられる。また、メタンハイドレートを直接採取することはできなかったが、塩素イオン濃度が深度方向に上昇したコアもあり、以深部においてハイドレートが形成している可能性がある。

キーワード：表層型メタンハイドレート、間隙水

Keywords: Methane hydrate, Interstitial water



## Geochemical characteristics of hydrocarbon gases within gas chimney structures in the Tsushima Basin and the Oki Trough, Japan Sea

\*井口 彩<sup>1</sup>、戸丸 仁<sup>1</sup>、茂手木 竜也<sup>2</sup>、石田 直人<sup>2</sup>、松本 良<sup>3</sup>

\*Aya Iguchi<sup>1</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Tatsuya Motegi<sup>2</sup>, Naoto Ishida<sup>2</sup>, Ryo Matsumoto<sup>3</sup>

1. 千葉大学、2. 鳥取大学、3. 明治大学

1. Chiba University, 2. Tottori University, 3. Meiji University

Shallow gas hydrate often develops in gas chimney structure with mound/pockmark in the Japan Sea, however, the distribution and reaction of gas inside the chimney is not well understood. We retrieved cores from the well-developed gas chimneys with mound in the southeastern margin of Tsushima Basin and western and eastern Oki Trough to examine the relationship between the geochemical composition of gas and geological structure of gas chimney in the Japan Sea of Southwest Japan.

Concentrations of sulfate dissolved in pore waters rapidly decrease with depth to the sulfate-methane interface (SMI). Contrarily, concentrations of methane increase downward from the depth of the SMI. Methane/ethane ratios are low (<100) above the SMI, however, those rapidly increase below the SMI. This is because methane was preferentially oxidized by the sulfate at the depth of SMI and methane was generated by methanogenic bacteria above the SMI. The highest methane flux is observed in the western Oki Trough area where the thermogenic methane are most dominant below the SMI among sites. This site is characterized by the subsurface structure of a large-scaled gas chimney complex and the thermal gradient as high as 57mK/m, indicating that thermogenic methane is produced in relatively shallow sediment and is efficiently delivered to the near-surface environments.

キーワード：ガスクムニー、炭化水素ガス、日本海

Keywords: gas chimney, hydrocarbon gas, Japan Sea

## 隠岐トラフの海底～表層の生物地球化学的特徴 Biogeochemistry of the seawater-seafloor of Oki trough

\*近田 みのり<sup>1</sup>、戸丸 仁<sup>1</sup>、松本 良<sup>2</sup>

\*Minori Chikada<sup>1</sup>, Hitoshi Tomaru<sup>1</sup>, Ryo Matsumoto<sup>2</sup>

1. 千葉大学理学研究科、2. 明治大学研究知財戦略機構

1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University

Recently, Shallow methane hydrates near the seafloor has been found in the Japan Sea including Oki Trough area, there are also found characteristic submarine topography such as mound/pockmark topography and chimney structure indicate shallow methane hydrates existence. Some of these features often accompany active methane seepage (methane plume), they cause the local changes of biogeochemical environments near the seafloor. Understanding impact shallow methane hydrates work seafloor environment and water column play important role in understanding ocean environment including shallow methane hydrate areas. We have collected seawater and sedimentary pore water samples in order to characterize the biogeochemical processes associated with the high methane delivery and accumulation. The sampling sites are focused in an area where mound-gas chimney structures are well developed at water depths of 760 m, situated in the Oki Trough of the Japan Sea, ~120 km offshore Tottori.

Concentrations of methane dissolved in water columns collected from fixed point observation of offshore Tottori show little variations near the seafloor, but some variations near depth from 200 meters below the sea-level (mbsl) to 400 mbsl. The concentration of methane dissolved in the seawater is high between 200 and 400 mbsl, which may reflect the formation of shell-like methane hydrates on the surface of the methane bubbles near the seafloor and its dissociation around the upper limit of the hydrate stability around 400 mbsl, and subsequent methane release into the seawater.

Concentrations of methane and ethane dissolved in the sedimentary pore waters collected from the same location are relatively high, comparable to the sites in Offshore Joetsu, and the concentration of sulfate rapidly decrease downward to the sulfate-methane interface at <1.5 meters below the seafloor, methane flux is as high as those in the Offshore Joetsu sites. The chemical compositions of these gases are similar to the sites where bacterial mats and carbonates with frequently high concentrations of methane are widely observed in other areas of Oki Trough.

This study was conducted as a part of the shallow methane hydrate exploration project of METI and the expeditions by the Tottori Prefecture Fishery Research Center.

## Investigation of Gas Hydrate Petroleum System in the Miyazaki-oki Forearc Basin, Japan: Preliminary Results

\*Aung Than Tin<sup>1</sup>、和田 直也<sup>2</sup>、田中 誠<sup>1</sup>、小松 侑平<sup>3</sup>、藤井 哲哉<sup>1</sup>、鈴木 清史<sup>1</sup>

\*Aung Than Tin<sup>1</sup>, Naoya Wada<sup>2</sup>, Makoto Tanaka<sup>1</sup>, Yuhei Komatsu<sup>3</sup>, Tetsuya Fujii<sup>1</sup>, Kiyofumi Suzuki<sup>1</sup>

1. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、2. シュルンベルジェK.K.、3. 日本オイルエンジニアリング株式会社  
1. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, 2. Schlumberger K.K., 3. Japan Oil Engineering Co. Ltd.

JOGMEC Methane Hydrate R&D Group has been conducting long-term feasibility studies to assess the available gas hydrate resources in the eastern Nankai Trough, Japan. In order to understand methane generation, migration and accumulation mechanism of gas hydrate, petroleum system modeling (PSM) approach has been utilized for the resource assessment study of the eastern Nankai Trough with provable results. We have applied the modeling approach of the eastern Nankai Trough study in exploring methane hydrate resource assessment of Miyazaki Oki area. This study presents preliminary results of 1D and 2D modeling study of Miyazaki Oki area in investigating sensitivity of lithology and petroleum systems parameters to simulate gas hydrate stability zone (GHSZ) to match with interpreted bottom simulating reflectors (BSRs).

Study area comprises lower Miocene to Pleistocene, deep to shallow marine sedimentary successions of Hyuganada group and Miyazaki Group overlain the basement Shimanto Group. Based on 6 interpreted sequence boundaries from 3D migration seismic and velocity data, construction of a depth 3D framework model is made and distributed by a conceptual submarine fan depositional facies model derived from seismic facies analysis and referring existing geological report. In contrast to the eastern Nankai Trough, the Miyazaki Oki area is lack of calibration data such as pressure and temperature but an exploratory well, Udo Oki-1X, was drilled in the vicinity of the study area. The exploratory well covers most of Miyazaki group where geochemical data, lithology, temperature and vitrinite reflectance are available. Referring to this well, pseudo wells are constructed and sensitivity analyses of lithology and petroleum system parameters are performed. These 1D pseudo well results are applied to 2D modeling and migration simulation. Biogenic methane generation models, Gaussian distribution with peak temperature (model applied in the eastern Nankai Trough models) and Middleburg model based on sedimentation rate, were applied to generate biomethane. PetroMod compaction and permeability curves are assigned for each lithology and hybrid algorithm (combination of Darcy and Flowpath) were used in migration simulation process.

The 2D modeling study has confirmed that lower boundary of GHSZ at pseudo wells has been simulated with sensitivity of a few tens of meters in comparing with interpreted BSR. Furthermore in terms of geological properties, as gas hydrate accumulation increases, trends of reducing effective porosity and permeability are also observed accordingly. Preliminary results of 1D and 2D modeling will be applied to 3D model to investigate migration of biomethane and accumulation of methane hydrate in spatial distribution. As the future works, simulation run of 3D base case model, investigation of structural development and updating facies distribution are planned to perform.

キーワード：宮崎沖、ガスハイドレート安定領域、石油システムモデリング、ピエスアル  
Keywords: Miyazaki Oki, Gas Hydrate Stability Zone, Petroleum System Modeling, BSR