

## 日本周辺海域のメタンハイドレート資源量評価 Resources assessment of methane hydrates in offshore surround Japan

小林 稔明<sup>1\*</sup>  
KOBAYASHI, Toshiaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
<sup>1</sup> Japan Oil, gas and Metals National Corporation

JOGMEC は、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21) の資源量評価グループの一員として、日本周辺海域のメタンハイドレート (以下、MHs) 資源量評価を行っている。

JOGMEC 保有の物理探査船「資源」により取得された二次元/三次元地震探査のマイグレーション断面の震探解釈を行い、MHs 賦存の指標となる海底疑似反射面 (以下、BSR) の分布、MHs 賦存の鍵層となる砂層の分布、そして、BSR 直上の砂層中の特徴的な強振幅反射波群に着目して MHs の抽出を行っている。また、MHs は高速度に対比されることがこれまでの知見として得られていることから、高密度速度解析を実施している二次元地震探査測線あるいは三次元地震探査エリアでは、その速度解析断面上の高速度異常との対比も行っている。

今回紹介する事例は、試錐情報のない三次元地震探査エリアでの震探解釈実施例である。

本スタディーエリアの特徴は、マイグレーション断面上の連続する反射波から、幾重にもうねる褶曲構造を示していることである。また、大きな落差はないが、断層によると思われる反射波のギャップも見られる。高密度速度解析断面からは、BSR を境とする明瞭な速度のコントラスト、BSR 直上の高速度異常が確認できる。

三次元地震探査のマイグレーション断面の震探解釈結果から、マルチプルの砂の流れが推定され、それぞれが異なる時代、異なる堆積環境を示していることが考えられる。また、それらの振幅強度及び、高密度速度解析断面上の速度分布から、砂の不均質性 (粒度及び、砂/泥比の違い) が示唆される。高密度速度解析断面上では、BSR 直上の砂層中に特徴的な高速度異常が見られるが、これらは、砂層中であること、BSR の直上であること、そして、高速度異常であることから、MH s であると推定している。

以上のように、試錐により確認はされていないが、地震探査のマイグレーション断面の震探解釈、高密度速度解析断面の速度分布から予察的に MH s の分布が推定できる。そして、今後の試錐計画の策定に有益な情報になることが期待できる。今回は、三次元地震探査実施エリアの例であるが、二次元地震探査測線でも同様な解釈を行うことにより、三次元地震探査実施計画の策定資料となる。

キーワード: メタンハイドレート, 三次元反射法地震探査, 高密度速度解析  
Keywords: Methane hydrate, 3-D seismic reflection survey, High density velocity analysis

## ASR 法による第 1 回メタンハイドレート海洋産出試験地域の応力評価 In-situ stress analysis using the anelastic strain recovery (ASR) method at the first offshore gas production test site

長野 優羽<sup>1\*</sup>; 林 為人<sup>2</sup>  
NAGANO, Yu<sup>1\*</sup>; LIN, Weiren<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構高知コア研究所  
<sup>1</sup>Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, <sup>2</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth  
Science and Technology

東部南海トラフに位置する第 1 回メタンハイドレート海洋産出試験地域の海底面下 265~313m から採取したコアを用いて、ASR 法による応力評価を実施した。船上での ASR 測定の結果、対象深度の応力は正断層型応力場であることが示唆された。同じコアを用いて実験室にて K0 圧密および除荷によるキャリブレーション試験を実施し、ASR 法の妥当性の検討を行った。

キーワード: 原位置応力, ASR 法, 未固結層, K0 圧密

Keywords: In-situ stress, Anelastic strain recovery method, Unconsolidated formation, K0 consolidation

## 画像解析法による砂の粒度分析について Grain size analysis of sands by an optical microscopy/digital image method

木村 匠<sup>1\*</sup>; 伊藤 拓馬<sup>2</sup>; 金子 広明<sup>3</sup>; 皆川 秀紀<sup>4</sup>  
KIMURA, Sho<sup>1\*</sup>; ITO, Takuma<sup>2</sup>; KANEKO, Hiroaki<sup>3</sup>; MINAGAWA, Hideki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 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, <sup>2</sup> 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 (現・地球環境産業技術研究機構), <sup>3</sup> 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, <sup>4</sup> 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

<sup>1</sup>Reservoir Modeling Team, Methane Hydrate Research Center, AIST, <sup>2</sup>Reservoir Modeling Team, Methane Hydrate Research Center, AIST (Now at RITE), <sup>3</sup>Reservoir Modeling Team, Methane Hydrate Research Center, AIST, <sup>4</sup>Reservoir Modeling Team, Methane Hydrate Research Center, AIST

Grain size is a fundamental property of earth materials. However, no two of the many techniques yield a consistent measurement of this property; thus, elucidating the relationships among different methods is valuable for understanding what constitutes grain size. This study compares the grain size distributions analyzed by optical microscopy/digital image (Morphologi G3 instrument (Malvern Ltd; the UK)) and those analyzed by laser diffraction. In most of the investigated samples, the size distributions obtained by both methods were very similar. However, a shift toward a coarser grain-size distribution was observed in the optical microscopy analysis of finer sand samples, and the frequency distribution was broadened. The fractions of sand and silt size fractions were also consistent between the two methods, but optical microscopy indicated a smaller clay size fraction than the laser diffraction method. The median particle size (30 – 200  $\mu\text{m}$ ) was similar in both methods. The standard deviation was lower in the optical microscopy method than that in the laser diffraction method. We conclude that optical microscopy is a useful technique for determining the grain size distribution. Additionally, we investigated the particle shape and particle size in the experimental fault formed by ring-shearing test. 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: 粒度分析, 画像解析法, レーザー回折法, 砂, リングせん断

Keywords: grain size analysis, digital image method, laser diffraction method, sand, ring-shear test

## HR14 RC1403-7から得られた塊状ガスハイドレートに伴う礫 Gravels Associated with a Massive Gas Hydrate Obtained from HR14 RC1403-7

内田 隆<sup>1\*</sup>; 千葉 明日香<sup>1</sup>; 松本 良<sup>2</sup>  
UCHIDA, Takashi<sup>1\*</sup>; CHIBA, Asuka<sup>1</sup>; MATSUMOTO, Ryo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学大学院工学資源学研究所地球資源学専攻, <sup>2</sup> 明治大学ガスハイドレート研究所  
<sup>1</sup>Akita University, <sup>2</sup>Meiji University

日本海東縁海鷹海脚において、JOGMEC 所属の海洋資源調査船「白嶺」で掘削した HR14 の RC1403 (Sec. 7) では、厚さ 20cm 以上の未固結な礫層が厚さ 13cm 以上の塊状ガスハイドレートの上位に認められた。この礫層から 1100 + 個の礫を回収し、各礫について長径、短径、短径/長径比、円磨度 (5 ランク)、球形度 (4 ランク) の測定のほか、岩質および色を調査した。

礫径はほぼ中礫 (平均 8.29mm) であり、灰白色から暗灰色の石灰質泥岩のみからなる。円磨度と球形度のきわめて良い円礫 (長径/短径比平均 0.765) を主とする。礫径分布の積算曲線を確立プロットしたところ、ほぼ 1 本のセグメントとなり正規分布を示すことから、エネルギーの強い流れによって供給されたことが示唆される。

礫層の上位層および塊状ガスハイドレート層の下位層は未回収であったため、礫層の層位関係は不明である。また、下位の塊状ガスハイドレートの上部 10cm 程度まで同様な礫が含有されているように見えたが、礫径分布は礫層本体とほぼ同様であった。ガスハイドレート生成時に上位の礫層の一部を取り込んだものか、またはコアバレルの縁周辺に多く認められたことから掘削によって未固結な礫がハイドレート中に押し入れられた可能性もあるかも知れない。礫はすべて石灰質泥岩であり、色も明~暗灰色であり、異種礫は認められなかった。これらの堆積の場と起原については現在検討中である。

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

キーワード: ガスハイドレート, 日本海, 礫  
Keywords: gas hydrate, Japan Sea, gravel

## 日本海東縁に分布する海底下泥質堆積物の孔隙特性と初期続成作用：MD179・HR14 Pore Characteristics and Early Diagenesis of Muddy Sediments below the Sea Floor in the Eastern Margin of Japan Sea

堀内 瀬奈<sup>1\*</sup>; 内田 隆<sup>1</sup>; 松本 良<sup>2</sup>  
HORIUCHI, Sena<sup>1\*</sup>; UCHIDA, Takashi<sup>1</sup>; MATSUMOTO, Ryo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学大学院工学資源学研究科地球資源学専攻, <sup>2</sup> 明治大学ガスハイドレート研究所  
<sup>1</sup>Akita University, <sup>2</sup>Meiji University

2010年に実施したMD179航海で採取した、#3296、#3299、#3304、#3308、#3313、#3317、#3320 および#3325の堆積物コア試料について、孔隙率と孔径分布を測定しそれらの深度変化を検討した。また、2014年に実施した白嶺航海(HR14)で採取されたコア試料のうち、RC1405、RC1407 および RC1408 について孔隙率と孔径分布を測定し同様の検討を行った。

これらのコア試料は暗緑灰色～オリーブグレイの色を呈し、シルト～粘土サイズ堆積物からなる。顕微鏡観察の結果、石英や長石などの碎屑粒子のほかに#3304(海鷹海脚中央)と#3299(海方海脚東方)のコア試料に有孔虫(大きさ0.2～0.4mm)が確認できた。また、いずれのコア試料でも珪藻およびその破片が多いことが確認できた。珪藻は、形が保存されたものもあったが、ほとんどが破片状のものであった。#3299(海鷹海脚東方)、#3304(海鷹海脚中央)および#3317(上越海丘南方)のコア試料では、極細粒の砂質堆積物が確認できた。また、各サイトおよび深度の大きな変化はないが、珪藻やフランボイダル黄鉄鉱が特徴的に産している。

孔隙率測定では、ほとんどのコア試料で孔隙率は深度が深くなるにつれて、やや減少あるいは大きな変化が見られないといった結果が多い中で、#3304とHR14のRC1407においては深度につれて孔隙率がやや増加する傾向が確認できた。この現象については、有孔虫をはじめ珪藻、フランボイダル黄鉄鉱の含有量と産状に注目して、引き続き検討中である。

本研究はMH21メタンハイドレート・プロジェクトおよび平成26年度経産省メタンハイドレート開発促進事業の一環として実施されたものである。

キーワード: 日本海, ガスハイドレート, 泥質堆積物, 続成作用, 埋没続成  
Keywords: Japan Sea, gas hydrate, muddy sediment, diagenesis, burial diagenesis

## 最上トラフで採取されたHR14-RC1408 コア試料に含まれる浮遊性・底生有孔虫殻の安定同位体組成変動と堆積年代 Oxygen and carbon isotope records of foraminifera and depositional age from HR14-RC1408 core, Mogami Trough

石浜 佐栄子<sup>1\*</sup>; 大井 剛志<sup>2</sup>; 秋葉 文雄<sup>3</sup>; 須貝 俊彦<sup>4</sup>; 角和 善隆<sup>2</sup>  
ISHIHAMA, Saeko<sup>1\*</sup>; OI, Takeshi<sup>2</sup>; AKIBA, Fumio<sup>3</sup>; SUGAI, Toshihiko<sup>4</sup>; KAKUWA, Yoshitaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県立生命の星・地球博物館, <sup>2</sup> 明治大学ガスハイドレート研究所, <sup>3</sup> (有) 珪藻ミニラボ, <sup>4</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻

<sup>1</sup>Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, <sup>2</sup>Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, <sup>3</sup>Diatom MiniLab, <sup>4</sup>Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo

日本海は周囲を浅い海峡で囲まれていることから、第四紀後半には汎世界的な海水準変動の影響によって、劇的な海洋環境の変化を受けている。例えば最終氷期極相期 (Last Glacial Maximum, LGM) には、海水準の低下によって日本海がほぼ閉塞され、表層水の低塩分化による鉛直循環の停止と底層の強還元環境化が起こったと推定されている。現在の日本海は対馬暖流 (Tsushima Warm Current, TWC) の流入と、対馬暖流を起源とする日本海独自の底層水 (日本海固有水; Japan Sea Proper Water, JSPW) の存在が特徴的であるが、過去の海水準変動は、対馬海峡を通る海流の強弱や日本海固有水の形成などにも影響を及ぼしてきたと考えられる。

有孔虫は、水塊の変化を反映して群集が変化し、また殻の炭酸カルシウム中に当時の海水組成の情報を記録していることから、海洋環境の復元に有効である。これまで、日本海における有孔虫殻の同位体比に関する研究は数多く行われてきたが (Oba *et al.*, 1991; Crusius *et al.*, 1999; Domitsu and Oda, 2006; Lee, 2007; Kido *et al.*, 2007 など)、最終氷期以降の変動に焦点を当てた研究事例が多く、10 万年以上の長期にわたって底生・浮遊性有孔虫の双方を対象に研究を行った事例はあまりない。また近年の調査により、日本海東縁の上越沖や最上トラフなどに表層型ガスハイドレートが分布していることが次第に明らかになってきたが (松本ほか, 2009 など)、過去の海水準変動がハイドレートの分布にどのような影響を及ぼし、ハイドレートの分解活動が海洋環境の変化にどのように影響を与えてきたのかなどについては、まだ明らかになっていない。そこで、2014 年の白嶺 HR14 航海において最上トラフで採取された 1 コア (RC1408: 水深約 830m、掘削長 48m) を用いて、浮遊性・底生有孔虫殻の安定同位体組成変動からみた堆積年代と海洋環境変動について推定を行った。

HR14-RC1408 コアから、乾燥重量 10-30 g 程度の試料を深度 30-70 cm 間隔で採取し、凍結乾燥後に水洗した残さに含まれる有孔虫の拾い出しを行った。拾い出しにあたっては、幼体の影響を避けるためふるいをを用いて 150  $\mu$  m 以上の大きさの個体のみを選別した。これらの個体から殻表面および内部の不純物を除去したうえで、90 °C のリン酸と反応させ、高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体比質量分析計 IsoPrime (GV instruments 社製) を用いて、単一種の浮遊性・底生有孔虫殻の同位体組成を測定した。

有孔虫の同位体組成および群集の特徴は上越沖の MD179-3312 コア (Ishihama *et al.*, 2014) とも良く対比され、その変動から海洋同位体ステージ (MIS) 1-9 に相当すると推定することができた。これは <sup>14</sup>C 年代およびテフラから得られた年代値や、TL 層準、珪藻群集解析結果とも調和的である。MIS 1, 5e, 9 の温暖期のピークに相当すると考えられる層準では、対馬暖流の流入を示唆する温暖種の *Globigerinoides ruber* や *Neogloboquadrina incompta* (dextral)、*Globigerina bulloides* (thin-walled form) が産出するとともに、浮遊性有孔虫殻の  $\delta^{18}\text{O}$  値が減少し、底生有孔虫殻の  $\delta^{18}\text{O}$  値および  $\delta^{13}\text{C}$  値がやや減少している。これらの 3 層準では、現在と同様の高海水準期であり、対馬海峡を通過して対馬暖流が流入していたと推定できる。MIS 2 および MIS 6 の氷期極相期と推定される層準では、浮遊性有孔虫殻の  $\delta^{18}\text{O}$  値が  $\Delta = -3 \text{ ‰}$  ほど減少するが、これは従来の研究と整合的な結果であり、表層水の低塩分化による影響をあらわすと解釈できる。MIS 4-5e および MIS 6-8 周辺の層準では、*G. bulloides* が貧産となる層準があるが、これらは過去のデータとも整合的であり (Kido *et al.*, 2007; Khim *et al.*, 2007; Ishihama *et al.*, 2014)、何らかの表層環境の変動を表していると考えられ、今後対比のための補助データとなり得る可能性がある。今後、メタン湧出域に特徴的とされている *Rutherfordoides cornuta* (秋元ほか, 1996) が確認された層準 (大井ほか, 2015) 周辺について、更に詳しく分析を進める予定である。

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。また同位体組成の測定は、高知大学海洋コア総合研究センター共同利用研究 (採扱番号 14A010, 14B008) のサポートにより遂行された。

キーワード: 日本海, 浮遊性有孔虫, 底生有孔虫, 酸素同位体, 炭素同位体, ガスハイドレート

Keywords: Japan Sea, planktonic foraminifera, benthic foraminifera, oxygen isotope, carbon isotope, gas hydrate

## 第四紀後期の日本海東縁におけるメタン関連種 *Rutherfordoides cornuta* の産出 Late Quaternary occurrences of methane-related species, *Rutherfordoides cornuta*, in the eastern margin of the Japan Sea

大井 剛志<sup>1\*</sup>; 石浜 佐栄子<sup>2</sup>; 角和 善隆<sup>1</sup>; 松本 良<sup>1</sup>  
OI, Takeshi<sup>1\*</sup>; ISHIHAMA, Saeko<sup>2</sup>; KAKUWA, Yoshitaka<sup>1</sup>; MATSUMOTO, Ryo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 明治大学ガスハイドレート研究所, <sup>2</sup> 神奈川県立生命の星・地球博物館

<sup>1</sup> Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, <sup>2</sup> Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

### 研究背景

底生有孔虫は底層水や海底堆積物組成のさまざまな変化に適応して棲み分けしており、日本海では外洋と大きく異なる日本海固有水塊に対応する膠着質群集の存在や第四紀後期の劇的な環境変動に対応した貧酸素種群の変遷が特徴的である。一方、日本周辺の深海底に複数存在するメタンバブル湧出域ではバクテリアや大型生物などが特殊な底生生態系を形成しているため、底生有孔虫種の中にも特異な種が存在することが予想される。*Rutherfordoides cornuta*は相模湾の冷湧水に伴う間隙水のメタン濃度と相関がある(秋元ほか, 1996)とされ、北西太平洋のいくつかの海域から生息しているが、現在の日本海からは生息が確認されていない(的場・中川, 2009)。このことから、本種はメタン濃度のほかにも日本海固有水という低温で特殊な深層水の存在が関わっているのかもしれない。それに対して、日本海上越沖海鷹海脚域の最終氷期最盛期(LGM)にあたる約2万年前前後(27-17 ka)では、*R. cornuta*の近縁種である*Rutherfordoides rotundata*が産出することが報告されている(中川ほか, 2009)。このことは、底生有孔虫殻の炭素同位体組成の異常(竹内ほか, 2007)などに対応しており、海水準低下に伴うメタンハイドレートの不安定化とメタン湧出が海底で起きていたことを表している(松本ほか, 2009; 中川ほか, 2009)。

### 研究目的

筆者は、上越沖のみならず隠岐島周辺域や飛鳥西方域などの日本海の様々なメタンハイドレート胚胎域において得られた堆積物から抽出した有孔虫化石群集を分析し、これらから*R. rotundata*でなく複数の*R. cornuta*の産出を確認した。本発表では、これまで確認された*R. cornuta*の産出域や産出年代に基づき、それぞれの海域におけるハイドレートの成長や分解と関連した特異な地質環境解析を説明する。

### 試料と年代

研究試料は、上越沖海鷹海脚 MD179-3304 と隠岐トラフ西方域 UT13-PC1303 と最上トラフ北方域 HR14-RC1408 の3海域で採取された堆積物コアである。それぞれの堆積年代は、放射性炭素年代(<sup>14</sup>C)・安定酸素同位体比イベント年代・テフラ年代・TL層の下限年代に基づいて求められた。

### 研究成果

*R. cornuta*の産出は3海域の堆積物コアすべてから確認され、それぞれの堆積年代は約25-28kaの範囲のLGM初期となる。その後(上位)に分布する厚い暗色のTL-2層では、激減する底生有孔虫個体数からほとんどの底生有孔虫種が生息できない特異な無酸素環境が支持される一方、*R. cornuta*や*R. rotundata*の産出からメタン湧水が持続していたことが示唆される(中川ほか, 2009)。このことから、LGMの日本海では、隠岐トラフ西方～海鷹海脚～最上トラフ北方における胚胎海域でハイドレートの分解に伴うメタン湧出イベントがそれぞれほぼ同時期に起きていた可能性が高まった。

加えて、最上トラフ北方のRC1408で得られたMIS6やMIS8の低海水準期試料からも、底生有孔虫組成の詳細な分析を行い、メタン湧出との関連性について議論する予定である。

### 謝辞

MDコアはMH21のプロジェクトの一部として、HR14コアは「平成26年度経産省メタンハイドレート開発促進事業」の一環として、それぞれ実施・採取されたものである。?

キーワード: 海水準低下, 底生有孔虫, メタンハイドレート, 最終氷期, メタン湧水, *Rutherfordoides*

Keywords: fall of sea level, benthic foraminifera, methane hydrate, last glacial maximum, methane seep, *Rutherfordoides*

## 日本海最上トラフ RC1408 コアの全有機炭素・全窒素の含有率と安定同位体比を用いた古環境復元 Paleoenvironmental change elucidated from the total organic carbon concentration and stable isotope from Mogami trough

ト部 輔<sup>1\*</sup>; 公文 富士夫<sup>2</sup>  
URABE, Tasuku<sup>1\*</sup>; KUMON, Fujio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 信州大学大学院総合工学系研究科, <sup>2</sup> 信州大学理学部物質循環学科

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shinshu university, <sup>2</sup>Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

本研究は、日本海堆積物に残された有機炭素・全窒素量の時間的・空間的な分布の把握を行い、併せて生物生産性を支配した日本海の環境変遷の解明を試みている。日本海の新潟県上越沖から採取された堆積物コアの全有機炭素 (TOC: total organic carbon) の含有率の変動が、過去 13 万年にわたって北半球高緯度地域の数百年周期の気候変動と非常によく一致することが明らかになってきた (Urabe et al. 2014)。そこで新たに最上トラフから採取された RC1408 コアの全有機炭素 (TOC)・全窒素 (TN: total nitrogen) の含有率と安定同位体比を高時間分解能で測定した。RC1408 コアの TOC 含有率は、気候が温暖な間氷期・亜間氷期に 1.5~2% と高く、寒冷な氷期・亜氷期に 0.8% と低いという結果であった。TOC の安定同位体比は、間氷期において -23.1~-21.3 ‰ と高い値を示し、氷期には -25.7~-24.7 ‰ と低い値を示した。

2.9~9.8 ka の完新世中期から後期は、1.5~1.9 % と比較的高い TOC 含有率から、海洋表層における生物生産が活発であったことが示される。これは、完新世の温暖な気候下で夏季アジアモンスーンが活発化し、東シナ海の富栄養な沿岸水塊が、黒潮・対馬暖流によって、対馬海峡を介して流入したことに起因すると考えられる (Tada et al. 1999; Urabe et al. 2014)。また、6.0~9.8ka にかけての C/N 比の減少と、 $\delta^{13}\text{C}$  値の上昇は、海水準が最も高くなった 6.0ka に向かって、TOC に対する、海洋表層の植物プランクトンを主とする海洋源有機物と陸上植物を主とする陸源有機物の寄与率が変化し、海洋源有機物の寄与が高まり、そして、6.0ka 以降は、現在の海洋環境に移行したことが示唆される。11.0~12.2 ka の TL1 にあたる層準では、TOC 含有率の急上昇と、比較的高い C/N 比、比較的低い  $\delta^{13}\text{C}$  値から、陸上有機物の流入が増加したことも示唆されるが、依然として海洋源有機物の値に近いこと、主には海洋表層の生産性が急激に増加したことに起因すると考えられる。そして、この海洋表層における高い生物生産が、海底へ沈降する有機物フラックスを増加させ、有機物分解による底層水の酸素消費が増加し、底層水が還元化したために、TL1 のラミナが形成されたと考えられる。最終氷期極相期 (LGM: Last Glacial Maxima) から完新世への移行である最終退氷期には、アジアモンスーンの活発化や栄養塩の流入によって、日本海表層の生物生産が急激に増加したと考えられる (Tada et al. 1999; Urabe et al. 2014)。同時に  $\delta^{13}\text{C}$  値も、急激に上昇していることから海洋の生物生産が急激に増加したことが支持される。LGM にあたる 16.2~27.5 ka では、-25 ‰ 程度の最も低い  $\delta^{13}\text{C}$  値と 0.8~1.1 % の最も低い TOC 含有率から、海洋の生物生産は非常に少なく、全有機炭素に対する陸上有機物の寄与が比較的增加していたが、その流入量自体は小さかったことが示唆される。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環として行われたものである。

キーワード: 古環境変動, 第四紀, 日本海, 有機炭素, 安定同位体

Keywords: Paleoenvironmental change, Quaternary, Japan sea, organic carbon, stable isotope

## 飛騨山脈北部及び日本海上越沖のNi・Cr含有率の時空間分布からみた最終間氷期以降の堆積物輸送変動 Sediment transportation changes based on spatiotemporal variations of Ni and Cr in the Hida range and off-Joetsu area.

古川 理央<sup>1\*</sup>; 須貝 俊彦<sup>2</sup>; 松本 良<sup>3</sup>  
FURUKAWA, Rio<sup>1\*</sup>; SUGAI, Toshihiko<sup>2</sup>; MATSUMOTO, Ryo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (現 独立行政法人産業技術総合研究所), <sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科, <sup>3</sup> 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo (current AIST), <sup>2</sup>Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, <sup>3</sup>Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the strategic Coordination, Meiji University

日本海東縁の海底堆積物には、日本列島起源の堆積物が多量に含まれていると考えられる。陸源物質の輸送・堆積過程の解明は、メタンハイドレート含有層の形成環境を理解するうえで重要である。日本海東北沿岸の堆積物中のNi・Crの主要供給源は姫川流域周辺に限定されることから(今井ら,2010)、堆積物のNi・Cr濃度の時間変化をもとに、姫川流域から供給される物質輸送の歴史を復元できる可能性がある。細粒な河川供給物は海底谷だけでなく海脚にも連続的に堆積していると考えられる。本研究では、姫川河口から数10<sup>3</sup>300km離れた海脚で掘削された3本のボーリングコア堆積物に含まれるNi・Cr濃度の最終間氷期以降の変化を明らかにした。さらに、姫川を含む北陸の主要河川の河床堆積物、上越海岸堆積物のNi・Cr濃度の空間分布を求め、飛騨山脈から日本海への物質輸送の時空間変動を検討した。

本研究では、上越沖の大陸棚に近接する水深約1000mの海脚で得られたMD179-3296(姫川河口からの距離約45km)コアと同3312コア(同61km)、姫川河床堆積物を含む北陸地方の表層堆積物試料に加え、比較のため姫川河口から約284km離れた秋田一山形沖で掘削されたRC1408コアを分析試料とした。Ni、Crの起源は姫川上流に分布する時代末詳の蛇紋岩化した超苦鉄質岩と考えられており、西隣を流れる青海川流域にも蛇紋岩が分布する。姫川は飛騨山脈北部を水源とし、河口の沖合に大陸棚が発達しない急勾配な河川である。

研究方法としては、試料を乾燥、粉碎後タブレット状に加圧形成し、波長分散型蛍光X線分析装置(ZSX PrimusII RIGAKU製 東京大学新領域創成科学研究科自然環境学専攻所有)で検量線法による元素分析を行った。MD179-3296、3312コアは、テフラ、14C年代値、有孔虫酸素同位体比等に基づく年代モデル(仲村ら,2013;滝澤ら,2014など)を用いて、深度を時間変換した。堆積物はレーザー折式粒度分布測定装置(SALD3000S同所有)を用いて粒度分析も行った。

地球化学図(今井ら,2010)に示されたNi・Crの濃度分布パターンから、姫川起源の碎屑物は姫川河口からおおよそ20<sup>3</sup>30km以内ではサスペンション粒子として海流に流されつつ沈み、それより離れると主に重力流によって流下していると考えられる。姫川と青海川の河床堆積物の元素・粒度分析の結果、粒子が粗いほどNi・Cr濃度は高いことが明らかになり、Ni・Crは主に鉱物態で、碎屑物として供給されると推定された。さらに、姫川河床堆積物のNi・Crは蛇紋岩帯の直近のみで高濃度を示し、Ni・Crの起源は姫川や青海川流域の中でも一部に限定される事が分かった。3296、3312コアのNi・Cr濃度は概ね一致し、温暖期に増加、寒冷期に減少する傾向を示した。ただし、姫川河口に近い3296コアの方が濃度のピーク値が高く、遠地のRC1408コア中のNi・Cr濃度は3296コアの濃度の半分<sup>3</sup>分の1程度であった。Ni・Cr濃度の時間変化は、湖底堆積物のTOC含有率から推定された中部山岳地域の気温・降水量の変化(公文ほか,2009)と同調している。姫川周辺の急峻な地形条件を考慮すると、主に夏季モンスーンに影響された降雨量変化が蛇紋岩碎屑物の供給量の変化要因と考えられる。

本研究は、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。

### 参考文献

今井ら(2010)海と陸の地球化学図. 207p, 産業技術総合研究所. 滝澤ら(2014)日本地球惑星科学連合大会講演要旨HQR24. 公文ら(2009)中部山岳地域の湖沼堆積物の有機物含有率を指標とした過去16万年間の気候変動復元. 地質学雑誌, 115, 7, p.344-356. 仲村ら(2013)日本ガスハイドレート調査で得られた上越沖海底堆積物の後期更新世テフラ層序. 石油技術協会誌, 78, p.79-91.

キーワード: MD-179 航海, 氷期・間氷期サイクル, 元素分析, 姫川, 物質輸送, 夏季モンスーン

Keywords: MD179 marine core, glacial-interglacial cycle, element analysis, Hime river, sediment transportation, summer monsoon

## サハリン島沖ガスハイドレート胚胎域の間隙水溶存ガス Dissolved gas in pore water at the hydrate-bound field off Sakhalin Island

八久保 晶弘<sup>1\*</sup>; 竹谷 敏<sup>2</sup>; VERESHCHAGINA Olga<sup>3</sup>; 坂上 寛敏<sup>1</sup>; 南 尚嗣<sup>1</sup>; 山下 聡<sup>1</sup>; 高橋 信夫<sup>1</sup>; 庄子 仁<sup>1</sup>; JIN Young K.<sup>4</sup>; OBZHIROV Anatoly<sup>3</sup>  
HACHIKUBO, Akihiro<sup>1\*</sup>; TAKEYA, Satoshi<sup>2</sup>; VERESHCHAGINA, Olga<sup>3</sup>; SAKAGAMI, Hiroto<sup>1</sup>; MINAMI, Hirotsugu<sup>1</sup>; YAMASHITA, Satoshi<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Nobuo<sup>1</sup>; SHOJI, Hitoshi<sup>1</sup>; JIN, Young K.<sup>4</sup>; OBZHIROV, Anatoly<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 北見工業大学, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> ロシア科学アカデミー太平洋海洋学研究所, <sup>4</sup> 韓国極地研究所  
<sup>1</sup>Kitami Institute of Technology, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), <sup>3</sup>Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, <sup>4</sup>Korea Polar Research Institute

We summarize characteristics of dissolved gas in pore water in sub-bottom sediments off Sakhalin Island, where gas hydrates were retrieved. Gas hydrates have been discovered at the northeastern, southeastern and southwestern Sakhalin Island in the cruises of LV31 (2003), LV32 (2003), LV36 (2005), and LV39 (2006) in the framework of hydro-Carbon Hydrate Accumulations in Okhotsk Sea (CHAOS) project, and those of LV47 (2009), LV50 (2010), LV56 (2011), LV59 (2012), LV62 (2013), and LV67 (2014) in the framework of Sakhalin Slope Gas Hydrate (SSGH) project. We retrieved sediment cores (184 cores in total) including gas hydrates (29 cores) in these cruises (R/V Akademik M. A. Lavrentyev).

The dissolved gases in the pore water were extracted according to a headspace gas method. Basically, 10 mL of sediment and 10 mL of saturated aqueous solution of NaCl with a small amount of benzalkonium chloride (preservative) were introduced into a 25 mL vial to create a 5 mL headspace. The headspaces were flushed with nitrogen or helium as an inert gas. The vials were then shaken thoroughly and stored overturned. Molecular and stable isotope compositions of these samples were measured in our laboratory (Kitami Institute of Technology).

The depths of sulfate-methane interface (SMI) distributed mainly 1-3 mbsf, and those of hydrate-bound core were shallower (30 cm to 1 m). The dissolved gases in pore water below the SMI depth were primarily methane (more than approximately 99% of the total hydrate-bound gas), although ethane, propane, CO<sub>2</sub>, and hydrogen sulfide were also detected. The molecular and isotopic compositions of dissolved gas in the pore water indicated that the sediment cores including gas hydrates contain <sup>13</sup>C-rich methane and relatively high concentrations of <sup>13</sup>C-rich ethane compared to other gas-rich sediment cores. The gas-rich sediment cores without gas hydrates are characterized by high C<sub>1</sub>/(C<sub>2</sub>+C<sub>3</sub>) ratios and <sup>13</sup>C-depleted methane and ethane. We suggested the idea that small amount of thermogenic gas controlled occurrence of gas hydrate in the subsurface sediment off Sakhalin Island.

キーワード: ガスハイドレート, 間隙水, 安定同位体, オホーツク海, サハリン島  
Keywords: gas hydrate, pore water, stable isotope, Sea of Okhotsk, Sakhalin Island

結晶構造 I 型のメタン・エタン混合ガスハイドレート解離時における結晶構造 II 型の結晶二次生成  
Formation of sII gas hydrate during dissociation of sI mixed-gas hydrate composed of methane and ethane

太田 有香<sup>1\*</sup>; 八久保 晶弘<sup>1</sup>; 竹谷 敏<sup>2</sup>  
OOTA, Yuka<sup>1\*</sup>; HACHIKUBO, Akihiro<sup>1</sup>; TAKEYA, Satoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北見工業大学, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Kitami Institute of Technology, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Double structure gas hydrate, composed of the cubic structure I and II, has been discovered in a same sediment core retrieved from the Kukuy K-2 mud volcano at Lake Baikal (e.g., Kida *et al.*, 2006). The structure II gas hydrate contained 13-15% of ethane, on the contrary, the structure I has only several % of ethane. It has been reported that a structure II gas hydrate appears in appropriate gas composition of methane and ethane (Subramanian *et al.*, 2000a; 2000b). Some models tried to explain how the double structure formed (Hachikubo *et al.*, 2009; Manakov *et al.*, 2013), however, which structure first formed has been still unknown.

Synthetic mixed-gas (methane and ethane) gas hydrates were formed and their dissociation process was investigated by using a calorimeter (Hachikubo *et al.*, 2008). In most cases, two peaks of heat flow appeared and the dissociation process was divided into two parts. This can be understood in the following explanation that (1) the sample contained both crystal structures (I and II), and/or (2) ethane-rich gas hydrate formed simultaneously from dissociated gas and showed the second peak of heat flow. However, Raman spectra of these samples showed that the crystallographic structure of the samples was originally unique in most cases. In this study we tried to check the latter process, namely a secondary formation of ethane-rich gas hydrate.

We made a methane and ethane mixed-gas hydrate (3.62% C<sub>2</sub>) in a pressure chamber (volume: 20mL), and stored in liquid nitrogen. A part of the sample was put into a calorimeter (Setaram BT2.15) and dissociated under the temperature gradient of 0.15 K min<sup>-1</sup>. We observed double peaks in the thermograph, indicating that a new gas hydrate formed from the dissociation gas of the original hydrate, concentrated ethane, and then dissociated. In the next experiment, we put the rest of the sample into the calorimeter, heated in the same condition, and recovered the sample at the end of the first peak of dissociation. The raman spectra of the sample revealed that a structure II ethane-concentrated gas hydrate formed secondarily in the sample. The composition of ethane was 23.4%, corresponded to the field of structure II (Subramanian *et al.*, 2000a; 2000b). Stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta\text{D}$ ) of methane and ethane were also measured, and confirmed the existence of several ‰ difference in ethane  $\delta\text{D}$  between the first and second peaks, corresponded to the field data of the double structure observed at the Kukuy K-2 mud volcano (Hachikubo *et al.*, 2009).

Hachikubo *et al.* (2008) Dissociation heat of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane. Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates, 6-10 July, 2008, Vancouver, Canada. <http://hdl.handle.net/2429/2694>

Hachikubo *et al.* (2009) Model of formation of double structure gas hydrates in Lake Baikal based on isotopic data. *Geophys Res Lett* **36**: L18504. doi:10.1029/2009GL039805

Kida *et al.* (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

Manakov *et al.* (2013) A physicochemical model for the formation of gas hydrates of different structural types in K-2 mud volcano (Kukui Canyon, Lake Baikal). *Russian Geology and Geophysics*, **54**, 475-482. doi:10.1016/j.rgg.2013.03.009

Subramanian *et al.* (2000a) Evidence of structure II hydrate formation from methane + ethane mixtures. *Chem Eng Sci* **55**: 1981-1999. doi:10.1016/S0009-2509(99)00389-9

Subramanian *et al.* (2000b) Structural transitions in methane + ethane gas hydrates - part I: upper transition point and applications. *Chem Eng Sci* **55**: 5763-5771. doi:10.1016/S0009-2509(00)00162-7

キーワード: ガスハイドレート, メタン, エタン, バイカル湖

---

MIS24-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30

Keywords: gas hydrate, methane, ethane, Lake Baikal