

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月27日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22540471

研究課題名（和文） 地層中のメタンハイドレート形成跡とその認定基準

研究課題名（英文） Detecting trace of methane hydrate in ancient deposits

## 研究代表者

宮田 雄一郎 (MIYATA YUICHIRO)

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：60253134

研究成果の概要（和文）：千葉県房総半島の更新統上総層群を中心とした変形構造調査と、ガスの発生と移動をもたらす変形構造の水槽実験を行った。ガスを注入すると逆ロート状噴出構造が、ガスに続いて水を注入すると砂脈やシルとして地層中に破壊構造を残した。これらの破壊様式は、上総層群にみられる多様な変形構造をよく説明することから、メタンハイドレート分解に伴う変形構造の証拠となりうる。

研究成果の概要（英文）：Post-depositional deformation structures in deep-water deposits of the Pleistocene Kazusa Group were described in detail. These structures show not only liquid injection but also gas injection into unconsolidated sand and semi-consolidated mud layers, which can never be explained by usual dewatering processes including sand bed liquefaction.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：地球科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、地質学

キーワード：ハイドレート、脱水構造、堆積物

## 1. 研究開始当初の背景

かつてメタンハイドレートの存在したことが強く疑われる場合も、どこにどのような形であったのかを示す証拠が示された例はない。液化化、脱水構造、海底地滑り堆積物が認定されることはあっても、それがハイドレートの存在を示すとは言えない。化石例湧水群集や炭酸塩チムニーなどがメタン湧水を

示すとしても、ハイドレートの形で存在した直接の証拠ではない。

現在、日本近海を始めとして島弧・大陸縁辺の厚い堆積体の多くに、メタンハイドレートのあることが知られている。堆積有機物を起源としたメタンが、高圧・低温の海底条件下でハイドレートをつくる現象は普遍的であり、現在に限られることではない。多くの地

質時代の堆積体でも普遍的に存在したと考えられている。しかし、地層中にその痕跡を見いだすことは容易ではない。温度の上昇（場合によっては圧力の低下）によって分解すると、水とフリーガスとなって移動し、その場から失われる。化学的な沈殿物を残すことも期待できない。しかし、ハイドレートの占めていた空間の閉塞と、それに伴う流体移動の痕跡が地層中に残される可能性が考えられる。本研究の目的は、このような地層中の痕跡を見いだすことにある。

千葉県房総半島の更新統上総層群は、この研究に最も適した地層である。この一帯からは茂原型メタンとよばれるメタンガスが産し、その安定炭素同位体比は現在のメタンハイドレートにもみられるような微生物起源であることを示している（名取, 1997; Igari and Sakata, 1989; Maekawa et al., 2003; 三田ほか, 2003）。地層が厚いにもかかわらず間隙比が高く、圧密が抑制されたことを示しており、ハイドレート形成が強く示唆されている。さらに、一部からは、化石例湧水群集や炭酸塩チムニーも報告されている（柴崎・間島, 1997）。また、東方の太平洋海底では、上総層群相当層にメタンハイドレートが知られている（金子ほか, 2003）。

この地層は、固結度の低いことから、堆積構造の調査にも適している。任意の露頭断面を切り出す作業や、樹脂を用いた露頭断面のはぎ取りが可能である。さらに、上総層群の主体をなす海底扇状地堆積体は、主としてタービダイト砂層と半遠洋成泥層の互層からなり、その層序・年代や形成環境については過去の豊富な研究成果を利用することができる。申請者も、過去 17 年間にわたって堆積相・堆積構造について現地調査を行ってきた。その過程で、上記の問題について材料を蓄積してきた。すなわち、この課題を検討できる露頭を数カ所絞り込んでいる。

## 2. 研究の目的

地質時代のメタンハイドレート存在の証拠となる地層中の変形構造とその判定基準を明らかにすることが目的である。泥(岩)層と砂(岩)層とでは変形様式が異なり、泥層では圧密した泥層のブリッフルな破壊と、未固結の泥の流動・注入とが共存することが実証のポイントである。砂層ではこれに加えて、液状化による流動との違いが重要になる。

(1) どのような構造がハイドレートの「抜け跡」といえるのか、および(2)「脱水」した流体が水とメタンガスであったこと立証する方法を具体的に見いだすこと、さらに(3) 形成深度とタイミングを明らかにする計画である。

(1) メタンハイドレートの産状は、主として海底下の掘削試料からある程度明らかに

なっている。泥質堆積物中では、主として脈状・層状・ノジュール状など、砂質堆積物中では粒子間セメントである。ここではハイドレートが地層中で成長するとき、あるいは分解時の堆積膨張が、堆積物の圧密の程度に応じた破壊と流体移動様式をもたらすことが期待される。この点に着目した水槽実験を行い、実験結果に対応した地層中の変形・破壊構造を見いだすことを目的とする。

### (2) 脱水構造の特徴

ハイドレートの分解で生じた流体の移動様式を、地震による液状化に起因する脱水構造と区別することが目的である。砂泥互層中ではハイドレートの分解に伴った出砂現象が知られている。とくに、フリーのメタンガスを含む気液 2 相の集中的な移動が起こった場合、これを液体のみの脱水構造と区別することのできる基準が何であるかが焦点となる。これについても、水槽実験を計画している。このとき(a) 砂泥互層では、層状貫入とそれに伴う脈の形成に及ぼす圧密度の効果に着目する。液状化が主に海底表層部で起こるのに対して、ハイドレート分解は BSR 深度（海底から数 100m 下位）に及ぶためである。さらに、(b) 砂層中の集中的な流体移動では、流体の流量と気・液の体積比が破壊様式に大きく影響すると予想している。液体だけの注入と気液混合流体とでは、かなり異なった構造を示すだろう。露頭で見出している脱水パイプ (elutriation pipes) や砂粒子の鉛直配向について、水槽実験で再現し、露頭試料と比較することで、ハイドレート特有の脱水構造の特徴を明らかにする。

### (3) 形成深度とタイミング

地層中でハイドレート起源を疑わせる流体注入など構造がみられた場合、流体移動の発生した場所が、海底面からどれほどの深度であったかを知ることが重要になる。ハイドレートの安定領域であったのか、液状化の起こる深度と区別できるのか、など「場」の条件が地質状況と整合するかを検証する必要がある。さらに、化石例湧水群集や炭酸塩チムニーなどのメタン湧水を示す証拠との位置関係、スランプ層あるいはダイアピルや泥火山との関係は、それらの起源を知る上で重要である。上総層群では、養老川セクションなどで氷期・間氷期のサイクルが明らかにされており、テフラ鍵層の対比によって形成年代と海水準の関係を知ることもできる。海面低下や隆起によって減圧されることでハイドレートの分解・噴出が促される。こうした、環境条件とタイミングの両面からハイドレート分解の想定条件として矛盾しないかを検証する。

## 3. 研究の方法

初年度は、上総層群と日南層群の野外調査

を中心に、2年目は水槽実験との比較を中心に、3年目は従来の「脱水構造」の見直しを含めて計画した。上総層群では7種類の変形構造についてハイドレート「抜け跡」構造の疑いがある。従来多様な脱水構造の報告がある日南層群についても同様の見地から見直し再調査を行う。さらに、液状化に伴う変形・脱水構造と比較する目的で水槽実験を行い、変形過程を捉えた上で、変形構造と砂層中の粒子組織の違いを明らかにする。構造や組織の特徴に加えて、海底下のハイドレートの産状との対応についても、地質状況（とくに形成深度）を把握する必要があり、変形時の圧密度の指標も検討する。得られたハイドレート「抜け跡」の指標をもとに、これまで脱水構造とみなされてきた変形構造・組織を見直す作業を行った。

#### 4. 研究成果

上総層群梅ヶ瀬層の特定層準には多様な未固結変形構造と脱水構造がみられる。すなわち、(1)砂の層状注入、(2)砂脈、(3)砂のレンズ：泥層内部にレンズ状～不規則な形状で注入した小規模な構造。(4)ストロー状構造：砂層中パイプ状に粘土分を洗い流した構造、(5)泥脈、(6)砂のブロック：タービダイト砂層中にとり込まれた砂層の偽礫、(7)粒子配向の乱れ、(8)浮上した偽礫、(9)逆ロート状噴出構造、である。砂層中に水を注入しただけでも、上記(1)と(2)の構造が、ガスを注入すると(9)の構造が、ガスに続いて水を注入すると(2)の構造が、それぞれ再現された。間隙水で満たされた砂層中でガスを発生させるために減圧したところ、(A)砂層を減圧した場合は、砂層の間隙水中に微少な気泡が発生して膨張するため不飽和で強度を増した。しかし砂層上部に間隙水が集まると間隙水圧も上昇して、強度が低下して流動した。膨張した気泡が砂層上部に達すると、流動的な砂層中を一気に上昇して破壊した。上位に泥層があると、ガスと水の層を形成する。これが泥層を破壊すると、ガスに続いて水が脈状に注入し、砂脈やシルとして地層中に破壊構造を残した。さらに、(B)泥層に見立てたゼラチン中では、その場でレンズ状気泡が拡大した。それらが連結して上位の砂層に達すると、ガスは砂層中へ一気に注入し、入れ替わりに砂層中の間隙水が入り込んで小規模な砂脈を残した。これらの破壊様式は、上総層群にみられる多様な変形構造をよく説明することから、メタンハイドレート分解に伴う変形構造の証拠となりうる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 15 件)

①下梶 秀則・宮田雄一郎、2013、塊状タービダイト砂層の古流向と粒子ファブリックの関係。日本堆積学会 2013 年千葉大会講演要旨、82-83。千葉大学 (千葉市) 4 月 12 日

②宮田 雄一郎・下梶 秀則、2013、大型はぎとり試料による砂粒子配向の自動測定。日本堆積学会 2013 年千葉大会講演要旨、104-105。千葉大学 (千葉市) 4 月 12 日

③蟹井猛宏・宮田雄一郎、2012、偽礫の定置様式からみたタービダイトに伴うデブライトの起源、日本地質学会第 118 年学術大会(大阪)講演要旨、257。大阪府立大学 (堺市) 9 月 16 日

④宮田雄一郎・須崎 精一郎、2012、縞状珪藻土層にみられた 11 年周期 一大分県更新統野上層一、日本地質学会第 118 年学術大会(大阪)講演要旨、256。大阪府立大学 (堺市) 9 月 16 日

⑤潮崎 翔一・宮田雄一郎、2012、和歌山県四万十帯サラシ首層の層序と構造 一泥火山の可能性一、日本地質学会第 118 年学術大会(大阪)講演要旨、255。大阪府立大学 (堺市) 9 月 16 日

⑥佐々木政和・宮田雄一郎、2011、ガスハイドレート分解による未固結変形構造の再現実験。日本堆積学会 2011 年長崎大会講演要旨、86-87。長崎大学 (長崎市) 12 月 23 日

⑦蟹井猛宏・宮田雄一郎、2011、タービダイトーデブライトに含まれる泥岩偽礫の堆積実験。日本堆積学会 2011 年長崎大会講演要旨、82-83。長崎大学 (長崎市) 12 月 23 日

⑧宮田雄一郎・佐々木政和・山中昂、2011、粒子配向から見た砂層の液状化・脱水の痕跡。日本堆積学会 2011 年長崎大会講演要旨、68-69。長崎大学 (長崎市) 12 月 23 日

⑨宮田 雄一郎、2011、タービダイト混合粒径砂にみられる粒径別のオリエンテーション。日本地質学会第 118 年学術大会・水戸大会 講演要旨、228。茨城大学 (水戸市) 9 月 10 日

⑩佐々木 政和・宮田 雄一郎、2011、砂層・泥層中の気泡の発生と移動による地層の破壊。日本地質学会第 118 年学術大会・水戸大会 講演要旨、232。茨城大学 (水戸市) 9 月 10 日

⑪蟹井猛宏・宮田雄一郎、2011、タービダイトに伴うデブライト 一泥火山起源の水中

土石流堆積物との比較－ 日本地質学会第  
118年学術大会・水戸大会 講演要旨, 228. 茨  
城大学 (水戸市) 9月10日

⑫宮田 雄一郎・馬場 奨次, 2010, タービダ  
イト砂層の粒子オリエンテーション (予察).  
日本地質学会第117年学術大会・富山大会 講  
演要旨, 富山大学 (富山市) 9月19日

⑬佐々木政和・宮田雄一郎, 2010, ハイドレ  
ート分解を示唆するタービダイト砂層中の  
脱水構造と脱ガス構造. 日本地質学会第117  
年学術大会・富山大会 講演要旨, 富山大学  
(富山市) 9月19日

⑭酒井北斗・宮田雄一郎・松田博貴・山中寿  
朗, 2010, 田辺層群の泥ダイヤブルに関連し  
た炭酸塩岩と黄鉄鉱ノジュール. 日本堆積  
学会, 茨城大学 (水戸市) 3月27日

⑮佐々木政和・宮田雄一郎, 2010, ハイドレ  
ート分解を示唆するタービダイト砂層中の  
脱水構造と脱ガス構造. 日本堆積学会, 茨城  
大学 (水戸市) 3月27日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮田雄一郎 (MIYATA YUICHIRO)  
山口大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号: 60253134

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: