

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24244078

研究課題名(和文) 表層型ガスハイドレート貯存域に見られる低速度異常とガス量のその場測定

研究課題名(英文) Low velocity anomaly of gas hydrate-bearing sediments and in-situ measurements of gas content of deep-sea sediments

研究代表者

松本 良 (Matsumoto, Ryo)

明治大学・研究・知財戦略機構・教授

研究者番号：40011762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 26,600,000円

研究成果の概要(和文)：深海底から回収されたコアを測定しても、回収中の圧力減少でガスが逸脱し物性は変化するため、物性を正確に知る事は出来ない。海底下数メートルまでのフリーガスの存在を実証的に確かめるため、特別の観測装置mTPTを開発した。装置は1トンの錘とその下にぶら下がる同じ長さの3本のパイプからなる。1本には発信器、他の2本には受信器を取り付ける。堆積物中に3本足を貫入させ、相対するパイプ間の初動時間から堆積物の速度を求める。水深1000mの海底での試験で、表層から数メートルの間に初動時間が変化し、海水中の音速よりも遅い速度を確認し、気泡の存在を実証できた。本装置によりガス量のその場評価が可能となった。

研究成果の概要(英文)：Physical properties such as V_p of deep-sea sediments could not be determined by the measurements of sediment cores recovered from the deep sea floor. This is because the properties are drastically changed due to gas escape during core recovery. Unprecedented tool mTPT, multi-purpose tripod tool, has been developed for the in-situ measurements of physical properties. The tool is made up of heavy weight and three long pipes hanging down from the weight. A transmitter is installed within a pipe and receivers in the other two pipes. The three pipes are penetrated into the sediments and the transit time between the pipes is directly measured to estimate the V_p of the sediments. Experimental deployment on the deep-sea floor of 1000 m has successfully recorded anomalously low V_p within a few meters below the sea floor, indicating that the sediments contain significant amount of free gas. The tool provides new technology for in-situ measurements of the V_p of deep-sea sediments.

研究分野：堆積学 海洋地質学

キーワード：ガスハイドレート メタンハイドレート フリーガス 低速度異常 多目的三脚ツール 深海堆積物

するための観測装置の開発・試作を計画した。

1. 研究開始当初の背景

- (1) 本研究課題を提案した 2011 年当時、資源としての海洋ガスハイドレート (=メタンハイドレート) への社会的関心が高まり、太平洋側の南海トラフでは砂層型ハイドレート鉱床からガス生産試験を行なう準備が始まっていた。しかし別のタイプの海洋ハイドレートである日本海の表層型ガスハイドレート (=メタンハイドレート) は本課題研究チームによる学術調査は進んでいたが、本格的な資源探査はまだ始まっていなかった (①②③)。
- (2) 堆積物中にメタンハイドレートが生成集積すると、堆積物を伝わる音の伝播速度が大きくなる。この事を利用し、海洋地震探査 (=音響探査) で得られる音響異常から砂層型メタンハイドレートが探査・評価されていた。表層型も同様に伝播速度が大きくなる筈である。ところが、表層型メタンハイドレートが回収される海域ではしばしば海水速度 (1.5km/s) よりも小さな、異常に遅い速度が記録されていた。ハイドレートの存在は速度を大きくするので、観測された異常は、速度を著しく小さくするものが共存していることを意味する。研究チームは、この速度異常パラドックスこそ表層型ハイドレートの生成過程を解明する鍵と考えた。

2. 研究の目的

- (1) 海水よりも遅い速度を合理的に説明できる海底下の物質は気体 (フリーガス) である。低速度異常は表層型メタンハイドレートがフリーガス (おそらくメタンガス) と共存していることを示唆する。堆積物中にフリーガスとして存在するほどの過剰なメタンが存在するとそれは周囲の水と反応してメタンハイドレートを形成する。メタンハイドレートとフリーガスの共存はそれ自体、従来の常識に反する。堆積物中に本当にメタンガスがフリーガスとして存在しているのか? この問題を実証的に明らかにすることが重要な課題であり、このことを解明することが本研究の目的である (①②)。
- (2) 上の目的を達成するため、深海堆積物のガス含有量を深海底の「その場」で測定

3. 研究の方法

(1) 基本概念設計 :

堆積物の性質や組成は掘削や採泥で得られたコアを試験して求めることができる。しかし、高い圧力を蒙っている深海底下の堆積物を回収すると、回収途中で顕著な脱ガスが起こり、回収されたコアを分析してもガスが存在するか否か、ガス含有量はどれほどかをコア分析で明らかにすることは出来ない。そこで、海底下の「その場分析」で堆積物の物性を簡単に測定する方法を検討した。

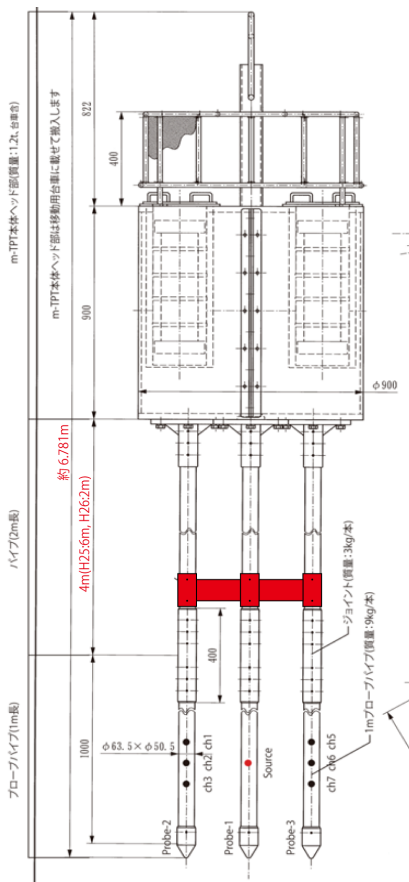
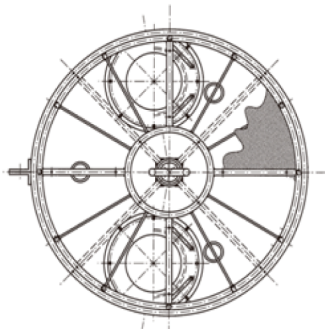
a. 深海底を観察探査する無人探査器 ROV に観測装置を搭載する方法。

b. 海底にパイプを挿入し、パイプの周囲の堆積物の物性を観測する方法。

a としては、陸上の堆積物中のガスや水分を観測できる TDR 法 (Time Domain Reflectometry 法) を検討した。すでにこの方法で深海底堆積物の気相率、液相率の測定、見積もりに成功しており、この方法を発展させることは可能である。しかし、TDR 法で気相率まで求めるには、堆積物コアを採取回収し、密度、容積などを求める必要があり、回収中の脱ガスを考慮すると、ガス量見積もりに大きな誤差が生ずる可能性がある。そこで、TDR 法はあくまで補助的な観測法と位置づけた。b の方法としていくつかのバリエーションが考えられる。一つは、パイプ先端に発信器あるいは受信器を挿入し、海底面に受信器あるいは発信器を設置し、パイプ先端から海底までの間の堆積物の平均速度を求めようというものである。パイプの挿入によって観測される平均速度が変化し、これを解析して伝播速度の深度プロファイルも求める事が可能となる。しかしこの方法は、海底あるいはパイプの先端で発せられた音が表面波として、海底面とパイプを伝わってしまい、初動の認識が困難という問題がある。そこで考え出された第 2 の方法は、2 本のパイプを並行に海底に突き刺し、一方のパイプの先端に発信器を他方のパイプの先端に受信器おき、パイプの間の堆積物の速度を求めようというアイデアである。本研究ではこの方法で観測装置を作製した。

(2) 装置の概要 :

観測装置は多目的 3 脚ツール (Multi-Purpose Tripod Tool : mTPPT) と名付ける。mTPPT は直径・高さとも 90cm で空中重量約 1 トンの錘と、外径 64mm、長さ 6 m のパイプ 3 本からなる。

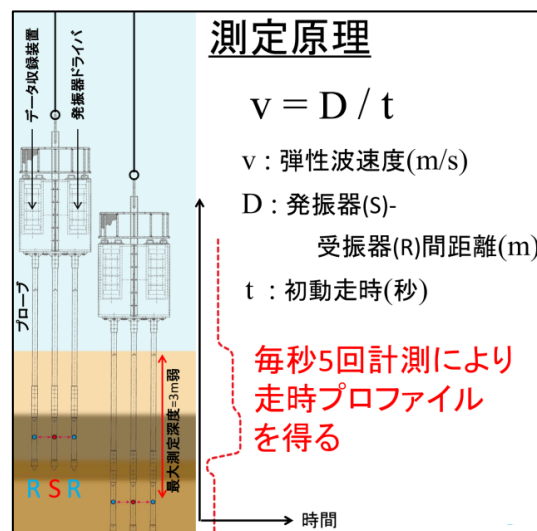


1本のパイプの先端から50cmの内部に音響発信器を、他の2本のパイプの同じ位置にセンサー受信器を取り付ける。音の通りを良くするため発信器、受信器をおいた位置には穴をあけた。堆積物中に挿入中に3本のパイプの間隔を常に一定にするため、パイプの先端から1m付近にはアングルを取り付けた。予察実験により、海底下で、3本のパイプの間が広がったり狭くなることが観察された。間隔が変わっては初動時間から速度を見積もることができない。

4. 研究成果

(1) 上越沖の表層型ガスハイドレート賦存海域での投入試験

2014年8月、表層堆積物中にガスハイドレートが存在する海域においてmTPTの投入と速度測定試験を行なった。mTPTは、通常のピストンコアを投入すると同様の手順で海底に投入する。上の写真は回収中のmTPTである。試験には、芙蓉海洋開発(株)の「第三開洋丸」を用いた。A-フレームでゆっくり吊り下げ、海底面直上からは0.3m/sの超低速で下降、海底浅層堆積物中に挿入しながら、プローブの間(間隔50cm)の音波伝播速度を1秒間に5回計測する。深度6cmごとに1回の測定で、分解能6cmで堆積物の速度構造が明らかにされる。次に測定の様式図を示す。



上の図で赤破線はプローブ間の初動時間の変化を示す。時間が長くなるほど速度は遅く、短いほど速い。テストをした海域での複数の試験では、海底直下の数メートルの堆積物の伝播速度

は海水より遅いことが確認された。また、速度の違う層も認識された。ガス含有量の違いを意味するかもしれない。

試験海域での深層水の音速は 1498m/s から 1512m/s であるが、堆積物の音速はいずれも 1500m/s より小さく、最も小さいものは 1426m/s と、海水音速より 5% も小さいことが分かった。広域的音響/地震探査により低速度の存在が示されていたが、mTPT による実測により、ガスハイドレート分布海域の堆積物は高速度異常ではなく低速度異常に特徴付けられる事が改めて実証された。

音速の低下は堆積物中のガスの存在を意味するが、現在のところ、ガス量と音速変化の関係を導く段階にはない。今後、広域的な検相データ、TDR 測定値、海底でのコア分析等のデータと統合して、定量的な評価まで発展させたい。

<引用文献>

- ① Matsumoto, R. (2009) Low velocity anomaly of gas hydrate bearing silt and clayey sediments, Joetsu Basin, Eastern Margin of Japan Sea. Invited talk at the AOGS Meeting, Singapore.
- ② Matsumoto, R., Hiromatsu, M., and Sato, M., 2011, Fluid flow and evolution of gas hydrate mounds of Joetsu Basin, eastern margin of Japan Sea: Constraints from high-resolution geophysical survey by AUV. Proceedings of ICGH-7, Edinburgh, UK.
- ③ Matsumoto, R., Kakuwa, Y., Tomaru, H., Tanahashi, M., and MD179 Shipboard Scientists, 2011, Occurrence and origin of shallow gas hydrates of the eastern margin of Japan Seas as revealed by Calypso and CASQ corings of R/V Marion Dufresne. Proceedings of ICGH-7, Edinburgh, UK

5. 主な発表論文

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① 松本 良. 資源開発を目指す表層型メタンハイドレート探査. 査読無、電気計算、83 巻、2015 年、pp. 1-5.
- ② SAEIDI ORTAKAND, M., HASEGAWA, S., and MATSUMOTO, R. Biostratigraphic and Paleoecologic evaluation of the Japan Sea's Joetsu Basin based on the study of Foraminifera. Paleontological Research, 査読有、vol. 19, 2014, 79-106.

- ③ ISHIHAMA, S., OI, T., HASEGAWA, S., AND MATSUMOTO, R., Paleooceanographic changes of surface and deep water based on oxygen and carbon isotopic records during the last 130 kyr identified in MD179 cores, off Joetsu, Japan Sea. Asian Earth Sciences, 査読有、vol.90, 2014, pp. 254-265.
- ④ KAKUWA, Y., NAKAJIMA, T., and MATSUMOTO, R. Submarine landslide identified in MD179 cores, off Joetsu area, eastern margin of the Sea of Japan. Journal of Asian Earth Sciences, 査読有、vol.90, 2014, pp. 218-227.
- ⑤ OGIHARA, S., Is the lycopene/n-C31 ratio an effective proxy of plaeoxicity of bottom water for the Japan Sea? : Unusual distribution of lycopene in the surface sediment from the Japan Sea collected by the MD179 cruise. Journal of Asian Earth Sciences. 査読有、vol.90, 2014, pp. 250-253.
- ⑥ 角和 善隆、中嶋 健、公文富士夫、松本良、仲村裕哉、大井剛志、富山隆将、町山栄章. 日本海 MD179 航海において採取されたコアの層相と対比-上越沖海鷹海脚周辺- 石油技術協会誌、査読有、78 巻 2013 年 97-103 ページ.
- ⑦ 角和 善隆、中嶋 健、公文富士夫、松本良、仲村裕哉、大井剛志、富山隆将、町山栄章. 日本海 MD179 航海において採取されたコアの層相と対比-上越海丘から北海道西南沖まで- 石油技術協会誌、査読有、78 巻 2013 年 104-112 ページ.
- ⑧ 内田 隆、高島 勲、須永 拓樹、佐々木 静、松本 良. 日本海東縁海底下に分布する砂層の孔隙特性と年代 : MD179 航海. 石油技術協会誌、査読有、78 巻 2013 年 270-277 ページ.
- ⑨ Urabe, T., Kuriyama, M., Matsumoto, R., and Kumon, F., Late Quaternary climates of East Asian elucidated from the total organic carbon contents of cored sediments (MD179-3304, 3312) off Joetsu City, Japan Sea. Journal of Asian Earth Science, 査読有、vol.30, 2013, pp. 1-12, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseres.2013.07.036>
- ⑩ Nakajima, T., Kakuwa, Y., Yasudomi, Y., Itaki, T., Motoyama, I., Tomiyama, T., Machiyama, H., Katayama, H., Okitsu, S., Tanahashi, M. and Matsumoto, R.,

Formation of pockmarks and submarine canyons associates with dissociation of gas hydrates on the Joetsu knoll, eastern margin of the Sea of Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有、vol.30, 2013, pp. 12-19.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jseres.2013.10.011>

[学会発表] (計12件)

- ① 松本 良、表層メタンハイドレートの資源量把握：2014年度調査の概要。表層メタンハイドレート・フォーラム2014。2015年1月30日。東京お茶の水、明治大学グローバルフロント。
- ② 村上文俊、松本 良、海底堆積物の速度測定を試み。表層メタンハイドレート・フォーラム2014。2015年1月30日、東京お茶の水、明治大学グローバルフロント。
- ③ MATSUMOTO, R., Regional mapping and resource assessment of shallow gas hydrates of Japan Sea – METI launched 3 years project in 2013. American Geophysical Union Fall Meeting, 2014年12月14日～12月19日 San Francisco, CA, USA
- ④ 松本 良、表層型メタンハイドレートの資源量評価の取り組み。メタンハイドレート総合フォーラム、2014年9月17日、イイノホール、東京日比谷。
- ⑤ 松本 良、佐藤幹夫、大井剛志、表層型メタンハイドレートの胚胎構造であるガスクムニーのタイプと分布密度について。JpGU 地球惑星科学連合大会、2014年5月24日、千葉県・幕張メッセ
- ⑥ 松本 良、日本海表層メタンハイドレートの資源化を目指して。日本財団-NPEC 合同シンポジウム(招待講演)、2014年3月1日、富山市 サンシップ。
- ⑦ 松本 良、表層メタンハイドレート探査について。海洋調査技術学会(招待講演)、2013年11月28日、産業技術総合研究所講堂(東京お台場)
- ⑧ 松本 良、上越沖より新しいエネルギー資源・表層メタンハイドレートの発見。新潟県産学官フォーラム(招待講演)、2013年11月21日、新潟県上越市ホテル・センチュリーイカヤ。
- ⑨ 石浜佐栄子、大井剛志、長谷川四郎、松本良。日本海東縁における浮遊性・底生有孔虫殻の酸素炭素同位体組成変動に基づく

過去13万年前の古海洋環境の復元。日本地質学会第120年学術大会。2013年9月16日、宮城県仙台東北大学。

- ⑩ MATSUMOTO, Ryo. Concept and evolution of hydrate mound, Japan Sea. JpGU 地球惑星科学連合2013年大会、2013年5月22日、千葉県・幕張メッセ。
- ⑪ MATSUMOTO, Ryo. Decades of gas hydrate exploration: Has the dream come true? 34th International Geological Congress (Invited), 2012年8月5日、Brisbane, Australia.
- ⑫ MATSUMOTO, Ryo. Shallow accumulation of gas hydrates and evolution of gas hydrate mounds, Joetsu basin, eastern margin of Japan Sea. 2012年8月5日、Brisbane, Australia.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 良 (MATSUMOTO, Ryo)
明治大学・研究知財戦略機構・教授
研究者番号：40011762

(2) 研究分担者

荻原 成騎 (OGIHARA, Shigenori)
東京大学・理学系研究科・助教
研究者番号：50214044
登尾 浩助 (NOBORIO, Kosuke)
明治大学・農学部・教授
研究者番号：60311544
石浜 佐栄子 (ISHIHAMA, Saeko)
神奈川県立生命の星・地球博物館・学芸部・学芸員
研究者番号：60416047
角和 善隆 (KAKUWA, Yoshitaka)
明治大学・研究知財戦略機構・教授
研究者番号：70124667
戸丸 仁 (TOMARU, Hitoshi)
千葉大学・理学研究科・准教授
研究者番号：80588244
落合 博之 (OCHIAI, Hiroyuki)
北里大学・獣医学部・講師
研究者番号：90440156