

調査航海概要報告書

1. 航海番号／レグ名／使用船舶：NT06-19／レグ1・レグ2／「なつしま」
2. 研究課題名：提案者／所属機関／課題受付番号
 - (1) 「富山トラフにおける変動地形と炭化水素鉱床の成因」
提案者：竹内 章／富山大学／S06-64
 - (2) 「日本海直江津沖に発達するメタンプリュームを伴う
海底メタンハイドレートシステムの研究」
提案者：松本 良／東京大学／S06-74
3. 首席研究者／所属機関：竹内 章／富山大学
4. 乗船研究者
 - レグ1：松本 良・蛭田明宏・竹内瑛一・石崎 理・劉 興起（東京大学），
弘松峰男（千葉大学），町山栄章（JAMSTEC），青山千春（独立総合研究所），
沼波秀樹（東京家政学院大学）
 - レグ2：張 勁・前川拓也・南野友里・大池優貴（富山大学），北田 貢（新江ノ島水族館），
角皆 潤・三枝俊介（北海道大学），岸本清行・西村清和（産業技術総合研究所）
5. 調査海域：日本海 富山トラフ（佐渡島南西沖～親不知沖）
6. 実施期間：平成 18 年 9 月 10 日（日）～平成 18 年 9 月 22 日（日）までの 13 日間

調査航海概要

平成 18 年度深海調査研究の一般公募に基づいて採択された上記の 2 課題について、日本海富山トラフにおいて「ハイパードルフィン」及び「なつしま」搭載機器による調査を実施した。本航海では、調査研究の効率化を図るために、航海を研究課題ごとに分割し、レグ1・2とした。首席は航海全体を通して乗船し、各レグの乗船研究者は直江津港で交代した。レグ毎に概要を記述する。

レグ1 （佐渡島南西沖：A・B海域 [図1]）

レグ1（9月10日～17日）では14日、15日、16日の3日間、東京大学・松本らのメタンハイドレート研究チームによる潜航がおこなわれた。

目的： 上越海盆の“海鷹海脚”と上越海丘上からはピストンコアラによりメタンハイドレートのサンプルが採取され、複数の地点で高さ600mにも及ぶメタンのプリュームが確認されている。本潜航の主要な目的は、①メタンプリュームの発生源であるメタンシープ点を見つけ出し、メタン湧出量の見積もりを行うこと、②メタン湧出と海水のメタン濃度異常との関係を明らかにすること、③バクテリアマットやノジュールなど、メタン活動に密接に関係する現象の分布範囲をしめすこと、である。

背景： 04年の夏の調査航海で巨大なポックマークがみられる“海鷹海脚”上に、①多数のプリュームを発見し、②その付近の海底からメタンハイドレートを回収した。これらの発見はいずれも我が国の長いメタンハイドレート研究の中では初めての事であり、上越海盆が高いメタン活動場にあることを強く示唆する。05年には、なつしまHDにより“海脚”上の調査を行い、③海底にメタンハイドレートが露出していること、④海底には広範囲にバクテリアマットが広がり周辺にはカニが多数群れていることを明らかにした。また、付近の海水のメタン濃度が極めて高いことも明ら

かにした。これらの調査の結果、当該海域がメタンハイドレートの環境インパクトを驗する上できわめ必要なフィールドであることが明らかとなり、集中的な調査の必要となった。

実施項目：

- ① ハイパードルフィンによる潜航で海底の観察と泥や岩石、生物、海水試料の採取をする。
- ② 計量魚探と SEABAT にアシストされた状態で海底のメタン湧出点（メタンプリュームの原点）を発見すること。
- ③ 海底付近の熱流量の分布をしらべ、流体の移動を間接的に証明する。

成果の概要：

- ① プリュームの原点を発見した。気泡はかなりの高度まで追跡でき、上昇速度はあまりはやくないことも確かめられた。
- ② バクテリアマットと海綿が密接な共生関係にありそうな事が分かった。
- ③ 上越海丘のマウンド付近にもメタン吹き出し孔があることが分かった。
- ④ メタンフラックスを見積もための間隙水の採取、ガス湧出量見積もりに必要な海水と堆積物の採取。

（レグ1の項の記述は次席研究者松本良氏による）

レグ2 （佐渡島南西沖～親不知沖：D・E・F海域【図1】）

背景： 富山トラフにおいては、1990年代末にすでに海底擬似反射面 BSR によりメタンハイドレートが賦存する可能性が報告されていた。2001 年度に直江津沖において、経済産業省による基礎試錐「佐渡南西沖」の精密調査が実施され、ポックマーク群と地下のガスチムニーから、ガスハイドレートの分布が確認された。この調査結果を考慮して2本の試錐が2002-2003 年度に掘削され、地層の物性や化石年代の解析と地化学分析が詳細に行われた。2004 年には、基礎試錐「佐渡南西沖」海域の「海鷹海脚（仮称）」で巨大なメタンプリュームとされるソナー反応が発見され、コアリングでメタンハイドレートが回収された。2005 年、「なつしま」NT05-09 航海および「かいよう」による同海脚の精査により、メタンハイドレートの露出が確かめられた。同海脚の HPD603 潜航サイト（D海域）は、「なつしま」NT05-10 航海で地形調査を行い、さらに「淡青丸」KT05-11 航海、そして今回の NT06-19 航海直前に実施した「長崎丸」NA-220 航海による2度の事前調査で発見された、中層でのメタンプリューム直下の海底現象であった。北鳥ヶ首背斜にあるE海域は、昨年度の「なつしま」NT05-10 航海の地形調査で発見したポックマークが分布するサイトである。また、上越海丘をつくる背斜構造の冠頂部をF海域とした。これらの3サイトは富山トラフと北部フォッサマグナの境界をほぼ直線的に横断し、地質構造発達史とテクトニクスの議論に資する配置とした【図1】。

実施項目・手法： 本研究では「ハイパードルフィン」を用いた海底観察、岩石・生物試料採取、保圧型採水器（WHATSII）による採水・採ガス、および MBARI 型プッシュコアラーによる採泥、湧水量計の設置、CTD測定、DAI-PACK によるサイドスキャンソナー（SSS）・サブボトムプロファイラ（SBP）ならびに「なつしま」マルチナロービーム測深システム SEABAT8160 による海底地形調査、海底音響探査を行った。なお、航海後半は台風13号の通過の影響を受けたため、予定されていた潜航の一部が実施できなかった。

潜航調査概要

HPD602 潜航（9月19日／E海域＝北鳥ヶ首背斜）では、海底は終始泥質であったが、ポックマーク壁面の寄生丘では、変色域（メタン湧出に伴う微生物マット）が多数認められた。このマウンドでは、オオグチボヤ、イソギンチャク、ベニズワイ、球形海綿類が視認され、NT05-10 航海により富山湾で群生地が発見されたオオグチボヤの生息範囲は、富山トラフ一帯であることが確認できた。

HPD603 潜航 (9 月 20 日/D 海域) でも、ポックマーク底は一面泥であり、側壁や外輪のマウンドに海底変色域 (微生物マット) 群や炭酸塩クラスト帯が認められた。先行調査で調査域海底直上 500m 前後の層にメタンの高濃度水塊が発見されていたことから、海底面上にはガス状もしくはハイドレート状のメタンが大規模に湧出する箇所が存在していることが予想された。しかし本潜航調査では該当するような湧出地帯は発見されなかった。海底面上の大規模メタン湧出現象と海水中のブルームは、時間的もしくは空間的に一致していない可能性が示唆された。

HPD604 潜航 (9 月 21 日/F 海域) は長円形の丘 (H604 丘) を調査対象とした。麓は泥質の低平地で、中腹から板状団塊 (炭酸塩クラスト) が目立つようになり、不規則な形状のチムニーをともなうマウンドや変色域ではベニズワイが密集する。また D 海域と同様に、変色域では大きく顕著なほど多数の球形海綿が視認された。山頂 (水深 972m) の東に隣接してピットクレーターがあり、その外輪は、直径 20 メートル、深さ 7~9 メートルの円形をなす。

クレーターの内壁下半部は多少とも崖錐や浮泥で覆われた緻密なハイドレート層で構成され、一部はオーバーハングし、ハイドレートが剥き出しになった洞窟もある[写真1]。洞窟前面の転石 (ハイドレートの板状ブロック: 100×80×25cm, [写真2, 3]) を観察した際、付着していた半固結の泥岩が脱落して浮力が増し、勝手に浮上し始めた。このため、HPD で押さえながら海面下 70m まで上昇させて変化を観察した。詳細は割愛するが、融解を免れた一部は分裂しつつも海面まで到達し、作業艇により分析試料として回収された[写真4]。一連の作業は、結晶質固体のハイドレートは十分な大きさの塊であれば、1000m の深海底からでも固体のまま海面に到達し、気化することを如実に示した。

DAI-PACK 調査: HPD602-604 潜航で、貴重な SSS イメージと SBP プロファイルを取得できた。SBP の結果によれば、どの海域の表層も、塊状半固結泥層に炭酸塩クラストが混在する透明層からなり、その厚さは低地で厚く (HPD602/603 で 5m 程度, H604 で約 12~13m) の未固結堆積層で埋積されていること、丘陵部に向かい急激に薄化して頂上部で海底面にマージすること、とくに陥没地壁面の寄生丘では、被覆層が数十 cm と薄く、その生成が若いこと、下位の半固結泥岩が破碎されていること、などが明らかになった。とくに H604 丘付近では、固形ハイドレートが挟在し始める層準は海底下 1.0~1.5m にあり、固形ハイドレート層の上面は海底下 3.0~3.5m にある。以上から、H604 丘を頂上とする隆起地形は、岩塩ドームに似たハイドレートドームと考えられる。

まとめ: 米国オレゴン沖ハイドレトリッジなどではシャーベット状ハイドレートの海底露出が有名であるが、今回の F 海域での潜航調査では、緻密な結晶質の固形メタンハイドレートが世界最大規模の露頭として新たに発見・観察された。この露頭は、この海域の地下でメタンの移動・湧昇が活発であること、泥火山やドームとピットクレーターの存在は地下からのメタン流出が局在化していること、などを示唆している。また、海底から自己の浮力で浮上を開始したハイドレートが完全分解を免れて海面まで達して大気にメタンを放出した事実をつぶさに観察したことは本航海の画期的な成果であった。

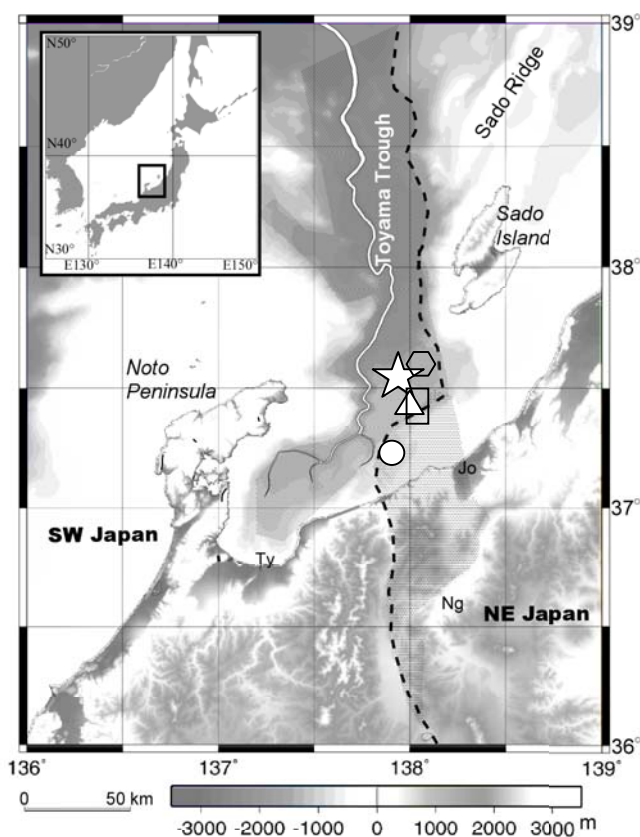


図 1. NT06-19 潜航地点位置図

四角：A 海域（“海鷹海脚” ……レグ 1）
 六角：B 海域（上越海丘 ……レグ 1）
 三角：D 海域（“海鷹海脚” ……レグ 2）
 白丸：E 海域（北鳥ヶ首背斜 …レグ 2）
 星印：F 海域（上越海丘 ……レグ 2）
 破線は糸魚川 - 静岡構造線とその延長。
 写真 1 ～ 4 はいずれも F 海域関係。



写真 1. メタンハイドレート露頭
 洞窟内に浮泥被覆のない固形ハイドレートの
 厚板状ブロックが見える。



写真 2. 固形ハイドレートの転石
 付着した半固結の泥がオモリになって海底に鎮座
 している。泥がなくなれば、勝手に浮き上がる。



写真 3. 結晶質のメタンハイドレート
 転石（写真 2）のクローズアップ。表面の一部
 に微生物による白色不定形の皮膜が付着。
 半透明な塊状部は純粋な固形ハイドレート。
 淡い乳白色の氷薄層と縞状をなす部分もある。



写真 4. メタンハイドレート塊の回収作業風景
 海底から浮上したハイドレートは数個の小片に分解し、
 激しく発泡しながら漂っていた。これを手網ですくい上げ
 て、化学分析用のサンプルとして回収した。バケツ内（右
 上の挿入写真）はそのうちのひとつ。