

クルーズレポート

NT06-16 なつしま ハイパードルフィン

紀伊海底谷におけるPCB汚染の汚染源の特定とメ
イオベントス群集への影響評価

白山 義久
(京都大学フィールド科学教育研究センター)

1.はじめに

PCBは自然界には存在しない化学物質であり、不燃性で加熱・冷却しても性質が変わらず化学的に安定であること、電気絶縁性に優れること、さらに水には溶けないが有機溶媒にとけるといった特徴を示す。これらの工業的に優れた性質により、かつてはトランスやコンデンサー、熱媒体、ノーカーボン複写紙などに用いられて来た。しかし、PCBが環境中から生物体に取り込まれた場合、脂溶性で代謝や排泄が遅いことから、肝臓や体内脂肪に蓄積され、さらに内分泌攪乱化学物質として作用することが明らかとなっている。このため、人体や生態系に深刻な影響を与える物質として非常に関心の高い物質の一つである。

環境省による「日本近海海洋汚染実態調査（1975～1994年）」及び「海洋環境モニタリング調査（1995年～）」において、大阪湾より本研究を実施する紀伊海底谷を通り太平洋へ至る「C測線」が設定され、1980年より定期的に海水及び海底の堆積物、海様生物に含まれる有害化学物質、さらに生物種の組成、漂流ゴミの数量などの調査が実施されている。その結果、1991年に紀伊海底谷に位置する測点C-5で採取された海底堆積物中から、高濃度のPCB（ポリ塩化ビフェニル）が検出された。同定点におけるPCB濃度は、河川等を通じて陸域からPCBが負荷されたと考えられる沿岸域における濃度と比較すると100～300倍程度高い値であったため、同定点においてPCBを含む何らかの廃棄物が人為的に投棄されたものと考えられている。さらに、1996年に測点C-5において海底の堆積物表層から15cm深まで堆積物試料を層別に分析した結果、同定点での堆積速度を考慮すると1980年代からPCB濃度が上昇していた可能性が示唆されており、同時期に海洋投棄が行われたものと考えられている。

その後、紀伊海底谷における堆積物中のPCBが底生生物群集に与える影響を評価するため、申請者らにより平成15年度東京大学海洋研究所「淡青丸」KT-03-2次航海において、環境省による調査で高濃度のPCBが検出された地点を中心に8測点（「6.調査海域の範囲」で示した地形図の調査海域内）を設定し、小型底生生物（メイオベントス）の採集と海底堆積物中のPCB濃度に関する調査を行った。

メイオベントス類とは、一般的に1,000 μ mの篩目を通過し32 μ mの篩目に捕らえられる小型の底生生物であり、海底表面や堆積物の間隙、海藻の表面などに生息する。同類は、海底堆積物中のバクテリアやデトリタスの消費者であり、さらにマクロベントスや稚仔魚の食糧源であることから、海洋生態系の物質循環において重要な役割果たす生物群であると考えられている。さらに、メイオベントスは、1) 環境変動に対する感受性が異なる22門にも及ぶ多様な動物群で構成されること、2) 大型底生生物と比較して個体数密度が高いこと、3) 世代時間が短いため環境攪乱に対する反応が早いことなどの特徴から、海洋環境の指標生物としても重要視されている。

上記の申請者らによる研究結果より、各測点でPCB濃度を比較すると北緯33度35分、東経134度53分付近を中心にPCB濃度が高く、この近傍に汚染源

が存在する可能性が高い事が示唆された。また、各測点におけるメイオベントスの生物量（個体数および乾燥重量）に対するPCBの影響は明確に確認できなかったが、多変量解析（クラスター解析、non-metric multidimensional scaling解析、Redundancy解析）を行った結果、高PCB濃度の測点においてメイオベントスの群集構造が明瞭に変化しており、さらにPCB濃度が線虫類やカイアシ類などの主要な動物群の測点間の分布傾向に影響を与えている可能性が示唆された。

そこで本研究は、紀伊海底谷におけるPCB汚染に関して、汚染源の正確な位置および原因となった物質（製品）の特定を行うとともに、堆積物中のPCBによる小型底生生物群集への影響を評価する事を目的とした。

2. 航海日程

平成18年8月11日（金）～平成18年8月15日（火）

3. 航海概要

1) 精密海底地形図の作成

これまでの環境省および申請者らによる調査結果より、汚染源の位置は北緯33度35～36分、東経134度53分付近である可能性が高い。そこで、同地点を中心にハイパードルフィンによる潜行調査を実施し、TVカメラによる海底の観察を行うための事前調査として、まず精密な海底地形図を作成するための探査を8月11日から12日に実施した（図1）。

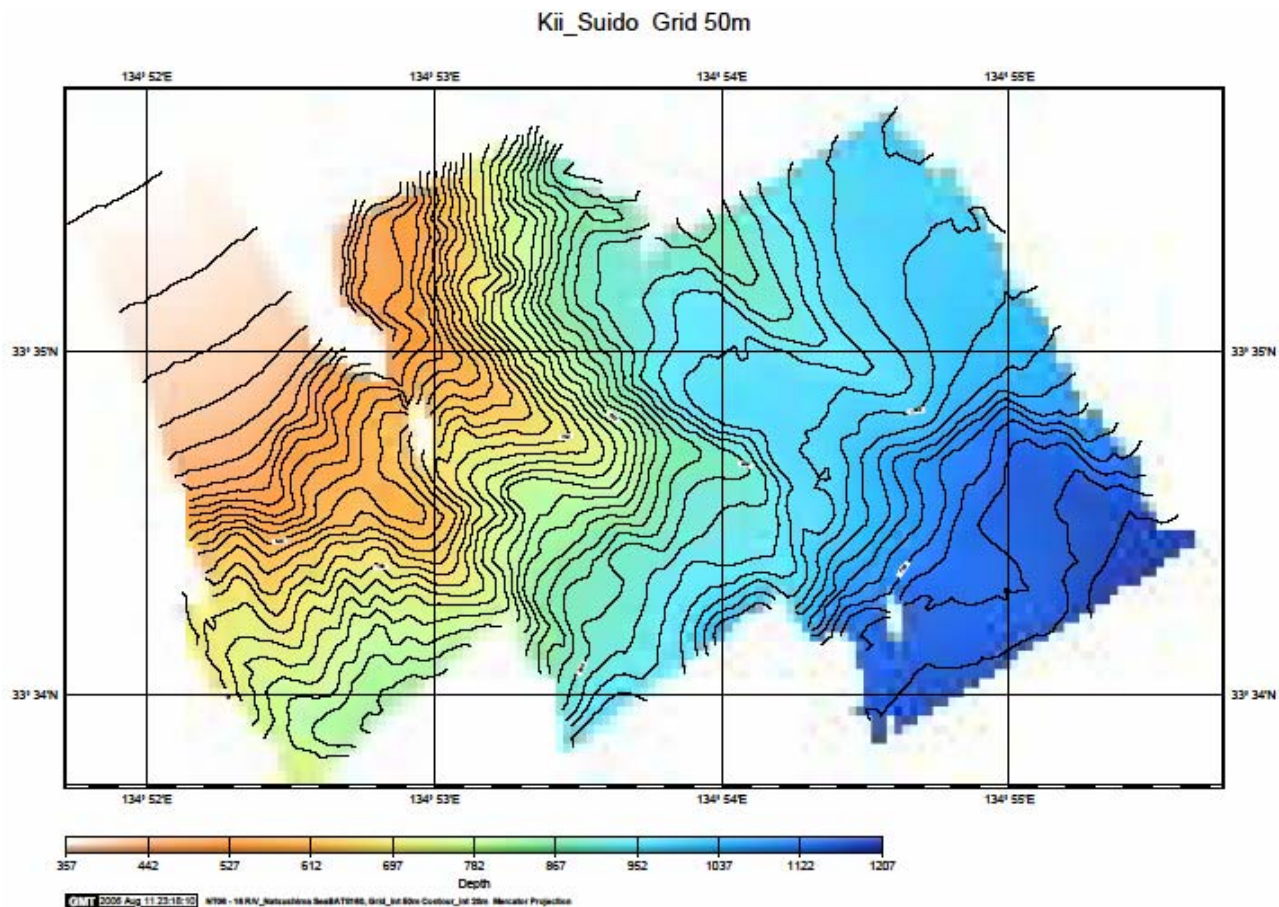


図 1：本航海で作成された研究海域の詳細地形図。

この結果従来の海底地形図では明らかになっていない、小規模の谷地形が $33^{\circ} 35' N$ $134^{\circ} 54' E$ 周辺に存在することが明らかになった。そこでこの谷地形を中心として、ハイパードルフィンによる調査を実施することとした。

2) PCB汚染源の正確な位置とその汚染の原因となった物質の特定

上記の海域において、汚染源を特定するためハイパードルフィンによる潜行調査を実施し、TVカメラによる海底の観察を行った。2ダイブ (Dive 592, 593) を実施した (図 2、3)。

これらのダイブから、明確な単体の汚染源 (例えば、高圧トランス) を発見することはできなかった。一方、いくつかの汚染源の候補が明らかになった。

ひとつは、かなり此の海域では広範囲に渡って土砂の投棄が行われているらしいことが明らかになった。なぜならば明らかに異地性と考えられる土砂の塊が散乱している現状が観察されたのである (図 4)。投棄された土砂の由来は明らかではないが、此の海域は環境省の定める海洋投棄を認めている海域ではないので、不法に投棄されている。この異地性の堆積物は直接に採取することができたので、今後詳しい分析を行う予定である。もしこの土砂に高濃度の PCB が含まれていれば、この不法に投棄された土砂が汚染源であると特定されたことになるだろう。港湾の浚渫汚泥など、高濃度の PCB が含まれる土砂は大量に発生しており、

この土砂にも P C B が存在する可能性は否定できない。

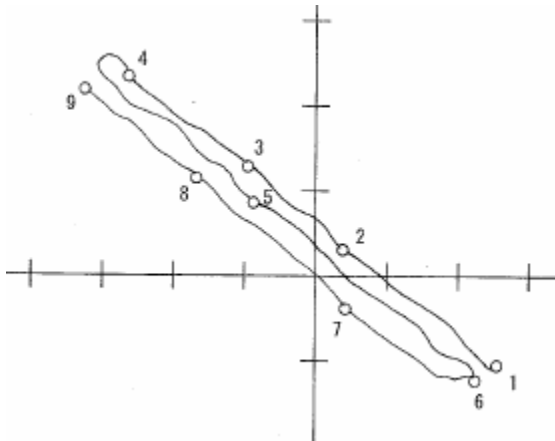


図 2. Dive592 の潜航記録 中心点は $33^{\circ} 35' \text{ N}$ $134^{\circ} 54' \text{ E}$

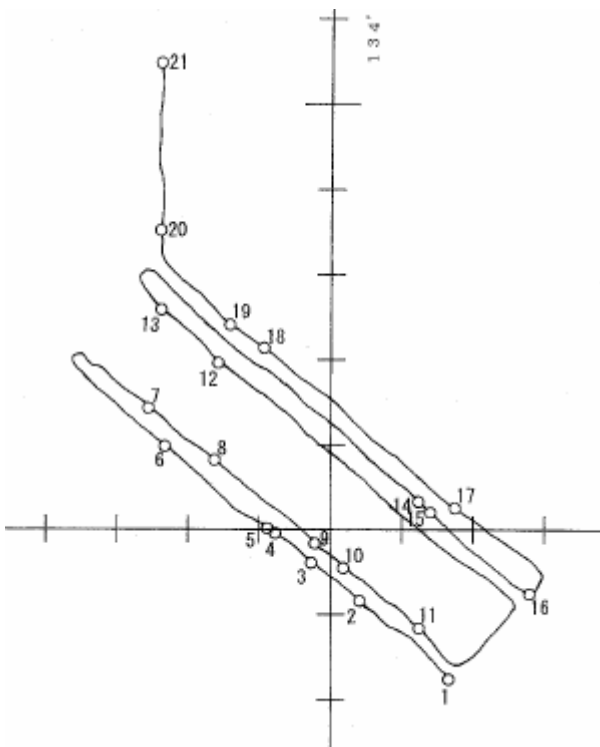


図 3. Dive593 の潜航記録 中心点は $33^{\circ} 35' \text{ N}$ $134^{\circ} 54' \text{ E}$

もう一つの汚染源の候補として、タール様物質のおおきな塊が複数確認された(図 5)。このタール塊の起源についてはいくつかの可能性が考えられる。廃油ボールなどが漂流してきて本海域で沈降した、人為的に投棄された、等である。形状が扁平で海底に拡がって存在していたため、柔らかいタール様物質が海洋表層から沈降してきて海底で拡がったと考えられる。したがって人為的に本海域で表層から投棄された可能性が極めて高い。P C B が脂溶性であることを考慮すると、このタールの塊も汚染源である可能性は十分にあるといえるだろう。

3) P C Bおよびメイオベントス分析用の堆積物試料の採集

上記T Vカメラによる観察と同時に、堆積物中のP C B汚染によるメイオベントス群集への影響を評価する事を目的として、海底堆積物の採集をハイパードルフィンのマニピレータを用いコアサンプルを採集した。試料は、過去のハイパードルフィンによる調査において使用実績のある嶋永元裕博士が開発したコアサンプラーを用いて採取した。各潜航とも1 5本のコアを準備し、3地点から四本のコアセットを採集すると共に、3本の予備コアについては必要に応じて、追加のサンプルを採取した。

四本のセットとなっている試料については、1本をP C B及び環境要因分析用とし、残り3本をメイオベントス分析用とした。得られた堆積物試料は、各潜行調査終了後、直ちに船上において海底面から5cm までを1cm ごとの層別にスライスし、環境およびP C B分析用と生物解析用にそれぞれ保存あるいは固定処理を行った。今後これらの試料を分析することにより、1) で述べた汚染源である可能性のある、異地性の堆積物とタール塊が実際に汚染源であるかどうか、またこれらのものが周辺のメイオベントス群集に影響を及ぼしているかどうかを検証されるだろう。

またDive593においては、サンプルボックスを搭載した。これを活用して、ホッスガイの完全標本と、潜航中の映像では分類群が特定できなかった生物試料を採集した。この未知の生物試料については、船上での詳細な観察の結果、海綿動物であることが明らかになった。

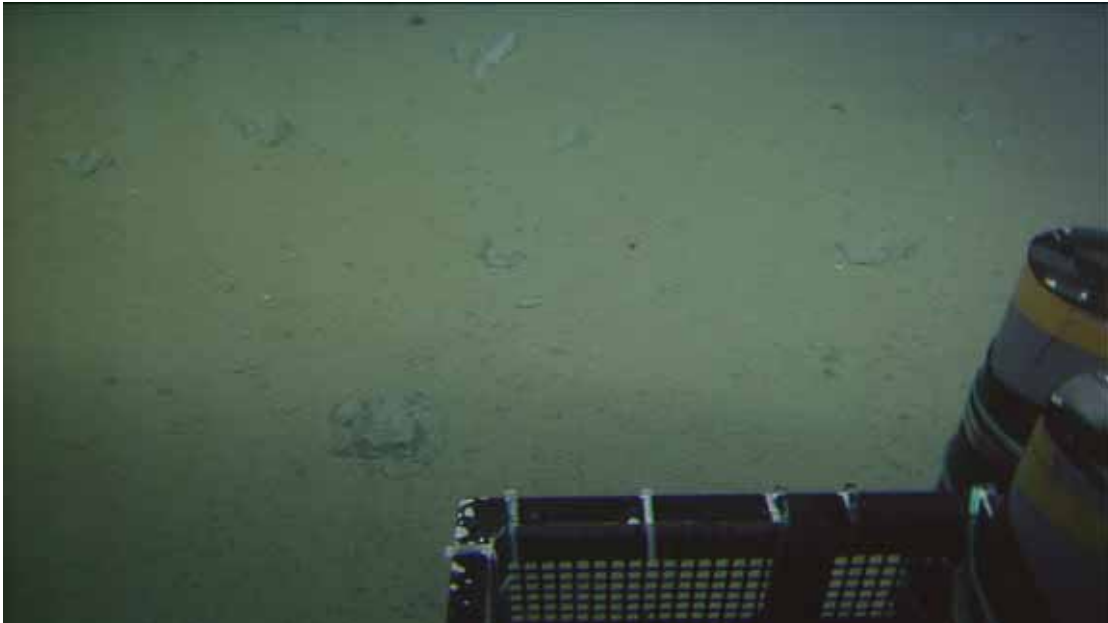


図4 Dive592で観察された、明らかに異地性の堆積物の塊の散乱状況



図5 Dive593で確認された、海底に拡がるタールの塊

4. 潜航調査概要

4. 1. Dive 592

日時	航海/調査内容	天候/波浪/風向風力
2006/8/12	正午位置;33-35N,134-54E 時間帯;UTC+9h(JST)	bc/2/NNW-3
12:14	HPD 吊り上げ	
12:17	着水	
12:29	潜航開始	
13:23	着底 D=969m	
18:15	離底 D=904m	
18:41	浮上	
18:53	HPD 揚収完了	

潜航年月日：平成18年8月12日

海域：紀伊海底谷

深度：969-904m

潜航経過：

13:25 着底

13:45 海底に異地性の堆積物の散乱を発見（地点2 図6）

13:46 ビーグルを着底させ柱状採泥 1本（図7）



図6 地点2で発見した異地性の堆積物

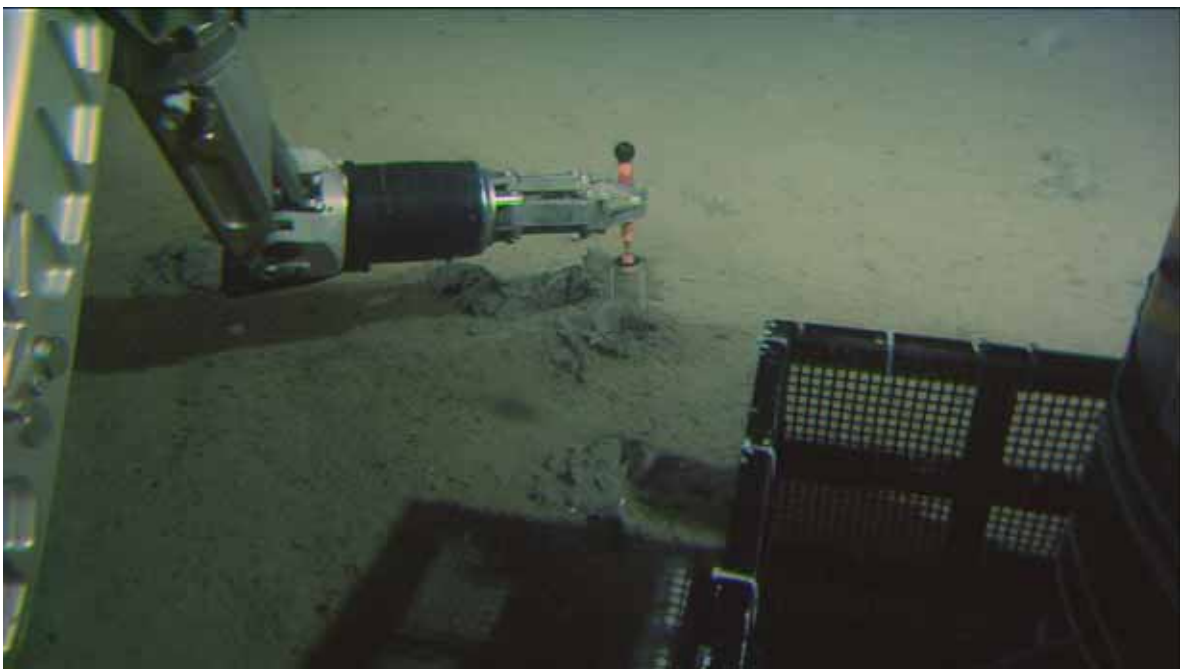


図7 地点2で行った採泥の状況

- 14:03 黒色の異物を発見 採集のため着底 (地点3 図8)
14:08 マニピレータを用いて、異物をつかんで採取 (図9、10)
14:15 採泥管で採取を試みたが、硬すぎて断念



図8 地点3で発見された黒色の異物

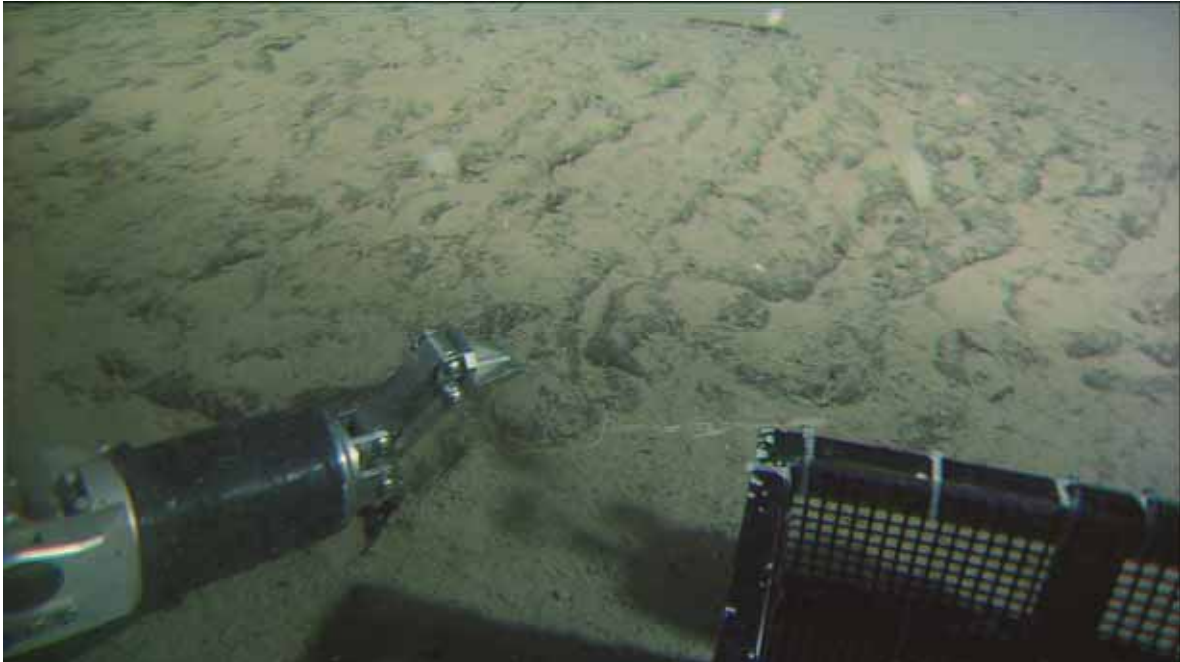


図9 地点3においてマニピレータを用いて、異物をつかんで採取した



図10 採集物はタールを含んだ物質のように思われた



図 1 1 地点 4 にて視認されたマウンド

- 15:15 マウンドを視認し着底 (図 1 1)
- 15:30 周辺にて、4本の堆積物を採泥
- 16:01 ロープによって縛ってあるゴミを視認 (図 1 2)
- 16:04 ゴミに生息する生物を採取
- 16:37 谷地形の軸付近(地点 6) に到着したため、着底して採泥4本
- 17:13 再び異地性の堆積物を発見したため着底し採泥5本(地点 7)
- 17:57 カイロウドウケツ(海綿動物)を発見し、撮影のため着底(地点 8
図 1 3)
- 18:15 浮上開始
- 18:53 揚収



図 1 2 地点 5 において発見されたゴミ

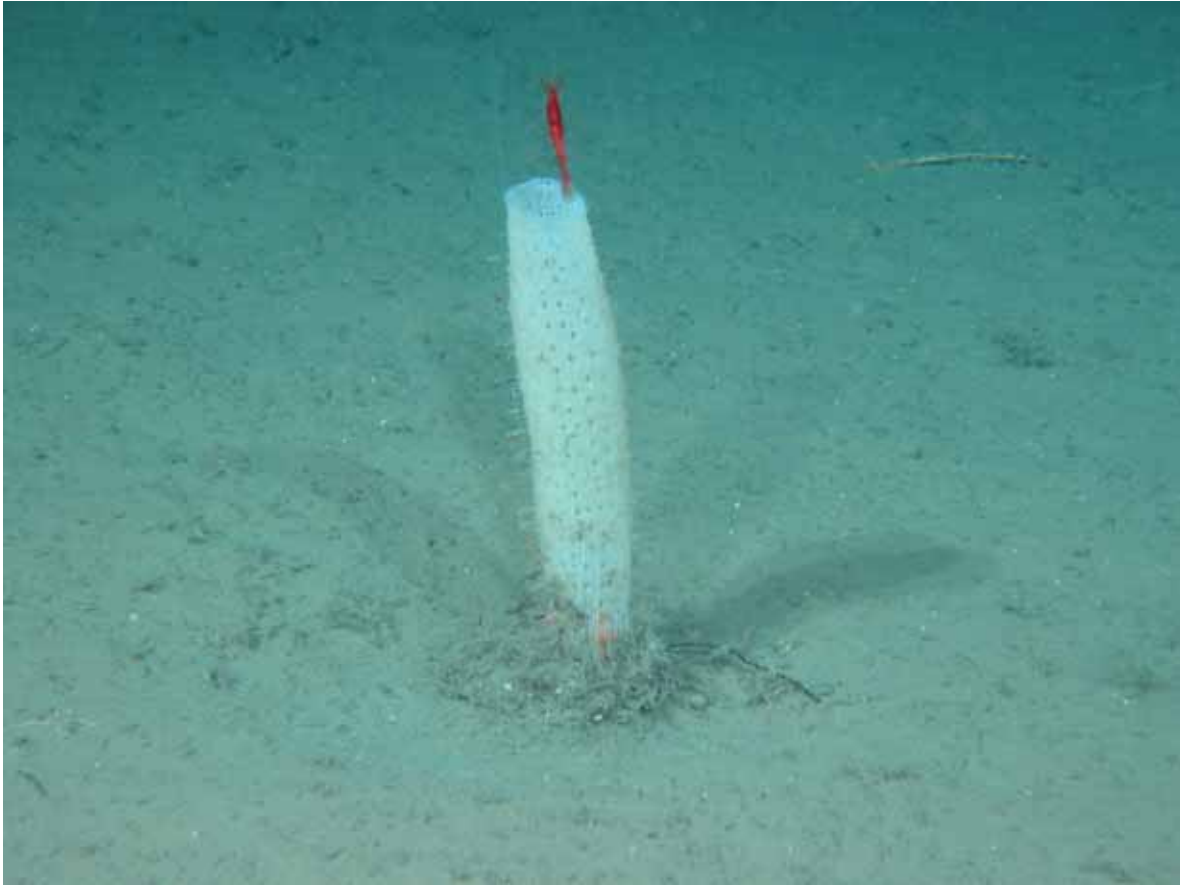


図13 地点8にて観察されたカイロウドウケツ(海綿動物)

採集サンプル
柱状堆積物 15本

4. 2. Dive 593

日時	航海/調査内容	天候/波浪/風向風力
2006/8/13	正午位置;33-35N,134-54E 時間帯; UTC+9h(JST)	bc/1/ESE-2
7:55	HPD 吊り上げ	
7:59	着水	
8:10	潜航開始	
8:52	着底 D=971m	
16:08	離底 D=904m	
16:40	浮上	
16:54	HPD 揚収完了	
17:00	JAMSTEC へ向け発航	

潜航年月日：平成18年8月13日

海域：紀伊海底谷

深度：971-904m

潜航経過：

08:10 潜航開始

08:52 着底

09:30 カンのようなものを発見し、周辺で採泥1本(地点3 図14)

09:47 D592の時と類似のタール様のものを発見(地点5 図15)

09:50 周辺で採泥4本を実施

10:18 ゴミのわきに生息するカイロウドウケツを観察(地点6)

10:47 カイロウドウケツ 2個体を観察 撮影(地点7)

11:02 カイロウドウケツ 観察(地点8)

11:19 何らかの人工物あり(地点9 図16)

11:25 海綿の1種 観察(地点10)



図14 地点3にて缶を発見し、周辺で採泥を実施



図15 D592の時と類似のタール様のものを発見(地点5)



図16 地点9で見つかった何らかの人工物 詳細はわからなかった



図17 地点11で発見された漁具 ユメナマコがそばに生息していた



図18 地点12で観察されたカイロウドウケツ

- 11:35 人工物 観察の結果、漁具と判明（地点11 図17）
- 12:24 カイロウドウケツ再度観察（地点12 図18）
- 12:33 奇異なマウンドを発見し、採泥を試みたが、硬くて断念（地点13）
- 13:23 人工物と思われるものを観察したが、木片と判明（地点14）
- 13:36 マウンドらしきものあり 採集を試みるが断念 緑色の生物を
採集（地点15 図19） 船上の観察の結果、海綿動物と判明

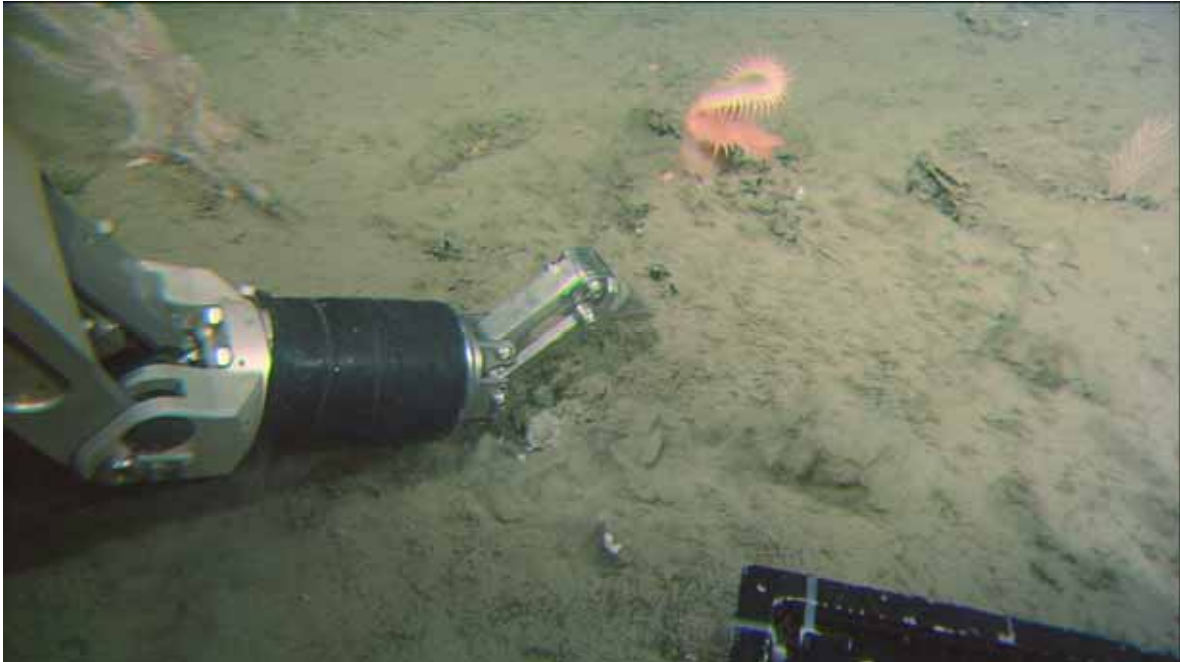


図19 地点15で発見されたマウンドらしきもの。 採集を試みたがうまく行かず断念した



図20 地点17で見られた 集合したウニ類の1種の個体群

13:54 谷地形の軸に到着したため、着底して採泥5本(地点16)
14:20 ウニの群落を観察(地点17 図20)
14:46 人工物周辺に集まる多数の生物を観察(地点18 図21)
14:54 生物群集観察(地点19)
16:00 採泥作業(5本 地点20)
16:08 離底
16:54 揚収



図21 地点18で発見された人工物周辺には、多数の生物が集合している様子を観察することができた

採集サンプル
柱状堆積物 15本

5. 今後の研究予定

本航海では、原則として1地点4-5本の柱状採泥を行った。採集した堆積物は、船上において、3本をPCB及び環境要因分析用とし、残り1-2本をメイオベントス分析用とした。得られた堆積物試料は、各潜行調査終了後、直ちに船上において海底面から5cmまでを1cmごとの層別にスライスし、環境およびPCB分析用と生物解析用にそれぞれ保存あるいは固定処理を行った。

また、#592において採取したタール状の物質についても、別途PCB分析用試料として持ち帰った。

PCB分析は乗船研究者の一人である赤松 太氏（明治コンサルタント株式会社）に分析を依頼する予定である。また、メイオベントスについては、菊池教授をはじめとする横浜国立大学の研究グループが分析を担当する。

現在分析作業の途中であり、本レポートにおいて報告可能なデータはまだない。

6. 謝辞

本航海においては、HPD運行チーム各位の協力の下、無事所期の目的を達成することができた。特に#592直前に油圧システムのトラブルがあったにもかかわらず、当日中に修理を完了しなんとか潜航できたことが、本レグの成功につながった。ここに、深く感謝いたします。

また、本航海で使用する柱状採泥器の借用を快諾くださった、熊本大学臨海実験所 嶋永元裕助教授にも、感謝いたします。

7. 乗船者名簿（研究者、HPD運航チーム、乗船員）

白山 義久；Yoshihisa Sirayama

首席、教授

京都大学 フィールド科学教育センター

菊池 知彦；Tomohiko Kikuchi

教授

横浜国立大学 環境情報研究院

下出 信次；Nobutsugu Shimode

COE客員助教授

横浜国立大学 環境情報研究院

橋本 隆司；Ryuji Hashimoto
博士課程二年
横浜国立大学 環境情報学府

赤松 太；Futoshi Akamatsu
技術士補
明治コンサルタント株式会社 東京支社業務部技術課

小寺 透；Tohru Koderu
観測技術員
日本海洋事業株式会社 海洋科学部

井戸 美帆；Miho Ido
観測技術員
日本海洋事業株式会社 海洋科学部

無人探査機「ハイパードルフィン」運航チーム；ROV HYPER-DOLPHIN Operation Team
運航長（Chief ROV Operator） 千葉 和宏（Kazuhiro CHIBA）
潜技士（ROV Operator） 植木 光弘（Mitsuhiro UEKI）
潜技士（ROV Operator） 近藤 友栄（Tomoe KONDO）
潜技士（ROV Operator） 石塚 哲也（Tetsuya ISHIZUKA）
潜技士（ROV Operator） 菊谷 茂（Shigeru KIKUYA）
潜技士（ROV Operator） 竹ノ内 純（Atsushi TAKENOUCHI）
潜技士（ROV Operator） 榊原 祐太（Yudai SAKAKIBARA）

海洋調査船「なつしま」乗組員；R/V NATSUSHIMA Crew
船長（Captain） 請蔵 栄孝（Eiko UKEKURA）
一等航海士（Chief Officer） 吉田 力太（Rikita YOSHIDA）

二等航海士 (2nd Officer) 加藤 宏幸 (Hiroyuki KATO)
三等航海士 (3rd Officer) 古川 優貴 (Yuki FURUKAWA)
機関長 (Chief Engineer) 地頭蘭 達男 (Tatsuo JIDOZONO)
一等機関士 (1st Engineer) 船江 幸司 (Koji HUNAE)
二等機関士 (2nd Engineer) 小谷 誠 (Makoto KOTANI)
三等機関士 (3rd Engineer) 森 雄司 (Yuji MORI)
電子長 (Chief Electronic Operator) 高橋 正始 (Masamoto TAKAHASHI)
二等電子士 (2nd Electronic Operator) 伊藤 英洋 (Hidehiro ITO)
三等電子士 (3rd Electronic Operator) 竹内 悠介 (Yusuke TAKEUCHI)
甲板長 (Boat Swain) 尾田 芳包 (Yoshikane ODA)
甲板手 (Able Seamen) 久保田 隆夫 (Takao KUBOTA)
甲板手 (Able Seamen) 渡口 忠彦 (Tadahiko TOKUCHI)
甲板手 (Able Seamen) 庄子 欣也 (Kinya SHOJI)
甲板手 (Able Seamen) 地本 強 (Tsuyoshi CHIMOTO)
甲板手 (Able Seamen) 鹿摩 敬二 (Keiji SHIKAMA)
甲板員 (Sailor) 奥山 俊樹 (Toshiki OKUYAMA)
操機長 (No.1 Oiler) 小林 誠 (Makoto KOBAYASHI)
機関手 (Oiler) 福原 猛 (Takeshi FUKUHARA)
機関手 (Oiler) 丸田 良次 (Ryoji MARUTA)
機関手 (Oiler) 船渡 啓太 (Keita FUNAWATARI)
機関員 (Assistant Oiler) 三砂 聡太 (Sota MISAGO)
司厨長 (Chief Steward) 高島 香 (Kaoru TAKASHIMA)
司厨手 (Steward) 佐々木 末人 (Sueto SASAKI)
司厨手 (Steward) 鎌田 英俊 (Hidetoshi KAMATA)
司厨手 (Steward) 立木 幸雄 (Yukio TACHIKI)
司厨手 (Steward) 畠山 太志 (Futoishi HATAKEYAMA)
研修船員 (Training Seaman) 楠本 雄哉 (Yuya KUSUMOTO)